

Etlik Piliç ve Hindilerde Solgun Kanatlı Eti Sendromu

Meltem Serdaroğlu*, Burcu Öztürk

Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir

*e-posta: meltem.serdaroglu@ege.edu.tr; Tel: +90 (232) 388 23 95; Fax: +90 (232) 342 75 92

Özet

Kanatlı hayvan etlerinde görülen kalite problemlerinin başında düşük su tutma kapasiteli, yumuşak dokulu ve açık renkli olarak karakterize edilen “solgun kanatlı eti sendromu” gelmektedir. Bu problem, “PSE” (Pale, Soft, Exudative-Solgun, Yumuşak, Sulu Görünüşlü) terimi ile ilk olarak sadece domuz eti için kullanılan bir tanımlamaydı. Daha sonraları, kanatlı işleme endüstrisinde domuz etindeki solgun, yumuşak, sulu görünüşlü et koşullarına dikkat çekici şekilde benzerlik gösteren et kalite problemleri bildirilmiş, ancak bu problem tamamen domuz etindekiyle aynı özellikte olmadığı için kanatlı etinde “PSE” terimi yerine bazı alternatif tanımlamalar önerilmiştir. Kanatlı endüstrisinde giderek büyüyen bir sorun haline gelen bu problem, ekonomik öneminden dolayı endüstrinin dikkatini çekmeye başlamıştır. Kanatlı etinde genetik seleksiyon ve özellikle çevresel şartlar, kesim sonrası hızlanmış glikolize sebep olmakta ve bu durumda laktik asit üretimi artarak pH değeri azalmaktadır. Azalan pH değeri ve yüksek kas sıcaklığının ortak etkisi, protein denatürasyonunu başlatmakta ve solgun kanatlı eti sendromu koşulları oluşmaktadır. Bu sendromun oluşum sebebinin genetik, çevresel veya genetik ve çevresel faktörlerin bileşimi olduğu düşünülmektedir. Ancak, literatür verilerinde problemin başta sıcaklık olmak üzere özellikle çevresel faktörlerden kaynaklandığı belirtilmekte, genetik faktörlerin etkilerinin henüz tam olarak ispatlanamadığı vurgulanmaktadır. Domuz etinde soluk, yumuşak ve sulu görünüşlü et özelliği gösteren etler üretici ve tüketiciler tarafından kolaylıkla ayırt edilebilmesine rağmen, kanatlı etinde solgun etin ayrımı, renkteki farkın az olmasından dolayı daha zordur. Kanatlı etlerinde solgun, normal veya koyu renkli et şeklinde kalite sınıflandırması yapılabilmesi için pH, L* değeri veya su tutma kapasitesinde sınır değerleri tespit edilmelidir. Bu derlemede kanatlı hayvanlarda solgun kanatlı eti sendromunun oluşum mekanizması, oluşumunu etkileyen faktörler ve tanımlanma yolları irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler: PSE, solgun, yumuşak, sulu görünüşlü, kanatlı

Pale Poultry Muscle Syndrome in Broilers and Turkeys

Abstract

Pale poultry muscle syndrome, which is characterised by low water holding capacity, soft texture and light colour, is one of the most important quality issues of poultry meat. This problem was first described by the term “PSE” (Pale, Soft, Exudative) in pork. After that, the poultry processing industry noted meat quality problems strikingly similar to that of PSE pork. However, as the problem is not entirely parallel with that of poultry, some alternative definitions are suggested for describing the syndrome in poultry. Pale poultry muscle syndrome has been a growing problem in the poultry industry and has started to gain large scale interest due to its economic significance. Genetic selection and especially environmental conditions cause rapid post-mortem glycolysis in poultry that result in increased lactic acid production and decreased pH. Decreased pH combined with high muscle temperature causes protein denaturation leading the occurrence of pale poultry muscle. The reasons of pale poultry muscle seem to be genetic, environmental, or a combination of both. However, the literature data points out that the problem is derived from environmental factors, particularly temperature and the effects of genetic factors has not been fully proved. Although PSE pork is readily identifiable both by processors and consumers based on inferior colour, identification of pale poultry is somewhat problematic because of the more subtle differences in colour between normal and pale poultry muscles compared with pork. Establishing a cut-off point at pH, L* value or water holding capacity may be used to categorise poultry meat in terms of quality into PSE, normal and DFD (dark, firm, dry). Within this review, the occurrence mechanism of pale poultry muscle syndrome, the factors effecting the formation of pale poultry muscle syndrome and the identification procedure of pale poultry muscle syndrome in poultry are mentioned.

Key words: PSE, pale, soft, exudative, poultry

Giriş

Beyaz et; az yağlı, protein değeri yüksek, vitamin ve mineraller açısından zengin, sağlıklı bir gıdadır. Kırmızı ete oranla ekonomik olması nedeniyle tüketimi giderek artmaktadır. Ülkemiz beyaz et sektörü son yıllarda çok hızlı bir gelişme göstererek yurt içi talebi karşılamış ve dış piyasalara yönelmiştir (Kalanlar, 2004). Üretim miktarı kırmızı etten daha fazla olan kanatlı eti sektörü, ülkenin bir numaralı hayvansal protein kaynağı durumuna erişmiştir. Kanatlı sektörü, 1990 yılında 217 bin ton üretim seviyesinde iken, 2000 yılında 752 bin ton, 2006 yılında 1.032.000 ton üretim düzeyine ulaşmıştır. 2006 yılı kanatlı eti üretiminin 946 bin tonu piliç eti, 46 bin tonu hindi eti, 40 bin tonu çıkma tavuk ve diğer kanatlı etleridir (Anonim, 2008).

Kanatlı eti tüketimi tüm dünyada artışını sürdürmesine rağmen, bazı kalite problemleri endüstri için sorun teşkil etmektedir. Bu problemlerin başında düşük su tutma kapasiteli, yumuşak tekstürlü ve açık renkli olarak karakterize edilen “solgun kanatlı eti sendromu” gelmektedir (Barbut ve ark., 2005). Bu problem, solgun, yumuşak ve sulu görünümlü anlamına gelen “PSE (Pale, Soft, Exudative)” terimi ile önceleri sadece domuz eti için bir tanımlayıcı olarak kullanılmaktaydı. Daha sonraları, kanatlı işleme endüstrisinde domuz etindeki solgun, yumuşak ve sulu görünümlü et koşullarına dikkat çekici şekilde benzerlik gösteren et kalite problemleri bildirilmiştir (Strasburg ve Chiang, 2009). Ancak bu problem tamamen domuz etindekiyle aynı özellikte olmadığı için, Smith ve Northcutt (2009) tarafından bu terimin kanatlı etine uygulanması tavsiye edilmemiş, bunun yerine bazı alternatif tanımlamalar önerilmiştir. Bu tanımlamaların bazıları; “solgun etlik piliç kası”, “solgun kanatlı eti sendromu”, “solgun kas sendromu”, “solgun kas kusuru” dur. Araştırmacılar genel bir tanımlama için problemin “solgun kanatlı eti sendromu” şeklinde adlandırılmasını tavsiye etmiştir. Barbut (2009), kanatlı etinde solgun kanatlı eti sendromuna benzer bir durumun bulunduğu fikrinden yaklaşık 40 yıl önce bahsedildiğini belirtmiş, ancak bu problemin endüstriye olan etkileriyle yalnızca son on yıldır ilgilenildiğini vurgulamıştır. Owens ve ark. (2000) tarafından belirtildiğine göre, tüketicilerin hindi etine olan taleplerinin artması ile bütün hindi eti satışı yerine işlenmiş-piştirilmiş ürünlerin satışı artış göstermiş ve bu durumda solgun kanatlı eti sendromu daha belirgin bir şekilde gözlenmeye başlamıştır. Owens ve ark. (2009), etlik piliçlerde ve hindilerde problemin ticari olarak görülme oranının yaklaşık %5’ten %40’a kadar

değiştiğini belirtmiştir. Benzer olarak, McCurdy ve ark. (1996), hindilerde solgun kanatlı eti sendromunun oluşum sıklığının önemli ölçüde olduğunu ve bu oranın %5 ile %30 arasında değiştiğini belirtmiştir. Ülkemizde ise henüz bu konuda kesin veriler bulunmamaktadır.

Solgun kanatlı eti, pişirme süresince pişme veriminde azalma, bağlanma gücünün düşmesi ve kuru-yumuşak bir tekstür oluşumuna sebep olmaktadır. Alvarado ve Sams (2002), solgun kanatlı eti kullanılarak işlenmiş ürünlerde pişirme esnasında üründen ayrılan aşırı miktarda suyun paket içinde biriktiğini belirtmiştir. Bu durum, tüketici ve üreticiler için arzu edilmemektedir. Bu tip kusurlu ürünlerde yeniden ambalajlanmaya ihtiyaç duyulmakta ve bu durumda ambalaj materyali ve işgücünde maliyet artmaktadır. Ürünlerde düşük su tutmanın yanı sıra düşük kohezyon özelliği, hem görüntü ve kaliteyi olumsuz yönde etkilemesi açısından, hem de verim kaybına sebep olduğundan ürünü kabul edilemez hale getirmektedir.

Solgun Kanatlı Eti Sendromunun Oluşum Mekanizması

Solgun kanatlı eti oluşumu, kas içinde ölüm sertliği gelişimi boyunca ortaya çıkan biyokimyasal değişiklikler ile ilişkilidir (Alvarado ve Sams, 2002). Kanatlı etinde genetik seleksiyon ve özellikle çevresel şartlar, kesim sonrası hızlanmış glikolize sebep olmakta ve bu durum laktik asit üretiminde artma ve pH değerinde azalmayla sonuçlanmaktadır. Azalan pH değeriyle yüksek kas sıcaklığının ortak etkisi, protein denatürasyonunu başlatmaktadır (Schilling ve ark., 2005). Proteinler kas rengi ve etin pişirme sırasında suyu tutma yeteneği ve aynı zamanda pişirilen et proteinlerinden yapılan jellerin sıklığından sorumludur (Owens ve ark., 2009). Myosin denatüre olduğunda myosin molekülünün baş kısımlarının uzunluğu azalır ve myosin ile aktin kas kasılması sırasında birleştiklerinde, daha kısa haldeki myosin başları filament boşluklarının daralmasına neden olarak hücre dışı boşluğa suyun itilmesine neden olur ve bu durumda su tutma kapasitesi azalır. Bu olay, solgun kanatlı eti sendromu oluşumunu başlatmaktadır. Çiğ ürün, solgun renkli olup düşük su tutma kapasitesine sahiptir ve ürüne işlendiğinde dokusal parçalanma göstermektedir (Schilling ve ark., 2004). Bu nedenle, yoğun protein denatürasyonu sebebiyle oluşan protein fonksiyonelliğinin kaybolması, solgun kanatlı eti özelliklerinin oluşmasında birincil faktör olarak değerlendirilmektedir (McKee ve Sams, 1997).

Solgun Kanatlı Eti Sendromu Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Solgun kanatlı eti sendromunun oluşum nedeninin genetik, çevresel veya genetik ve çevresel faktörlerin bileşimi olduğu düşünülmektedir. Domuz etinde rıyanodin reseptöründe genetik bir mutasyon tanımlanmış ve bu mutasyonun strese duyarlı hayvanlarla ilişkili olduğu, bu hayvanların etlerinde de solgun, yumuşak, sulu görünüşlü et gelişimine eğilim olduğu bildirilmiştir (Owens ve ark., 2009). Genetik mutasyon domuz etinde iyi bir şekilde anlaşılmasına rağmen, Owens ve ark. (2009)'a göre, hindi etinde bugüne kadar solgun kanatlı eti sendromunun gelişimiyle ilgili genetik bir mutasyonu destekleyecek veya aksini ispat edebilecek bir kanıt bulunmamaktadır. Hindi etinde mutasyonlar tanımlanmasına rağmen, bu mutasyonlar domuz etindekiyle (benzer aminoasit diziliminde olsa da) benzer değildir. Bu nedenle, hindi etinde defektif rıyanodin reseptörünün fonksiyonu, henüz domuz etindeki gibi tam olarak anlaşılammıştır ve rıyanodin reseptöründeki bu mutasyonlarla kanatlı hayvanların stres toleransı arasındaki ilişki bilinmemektedir. Diğer yandan, Lesiów ve Kijowski (2003)'ye göre, kanatlı göğüs kaslarında sarkoplazmik retikulumdan Ca^{+2} salınımını kontrol eden kalsiyum kanalı proteinlerindeki (α - ve β - rıyanodin reseptörleri, RYR) mutasyondan dolayı stres sendromu oluşmaktadır. Kalsiyum iyon miktarındaki dalgalanma, metabolizmayı hızlandırarak vücut sıcaklığını yükseltmektedir. Buna ilave olarak, bu proteinlerdeki genetik mutasyon sebebiyle hayvanlar haloten gibi anesteziğe duyarlı hale gelmektedir. Haloten testine duyarlı hindi kaslarında, halotene toleranslı olanlara göre solgun kanatlı eti sendromu oranının daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Son yıllarda, hindi ve tavuklarda yoğun genetik seleksiyon, hızlı büyümeye neden olmaktadır. Modern kanatlı üretimine ek olarak katkı sağlayan faktörler, daha iyi bir yemleme etkinliği ve üretim verimliliğidir. Son 20-30 yıl boyunca, etlik piliç ve hindilerde vücut ağırlığı neredeyse iki katına çıkmıştır. Ancak kanatlılarda hızlı büyüme ve vücut ağırlığının artışı, hayvanların ısıya daha duyarlı olmalarıyla sonuçlanmıştır. Bu durumda metabolik ısı üretimi, vücut sıcaklıklarının yükselmesi ve ölüm oranlarında artış gözlenmektedir. Solomon ve ark. (1998) bu durumun biyofiziksel temelini şu şekilde açıklamaktadır: Hızlı büyüme, hızlı kasılan fibrillerin sayısının artmasına ve yavaş kasılan oksidatif kasların sayısının ise azalmasına sebep olmaktadır. Hızlı kasılan fibriller daha düşük bir

kapiller yoğunlukta olduğundan, yeterli miktarda kan ve enerji üretimi için substrat sağlayamamakta ve laktat gibi ürünlerin uzaklaştırılması da daha güç olmaktadır. Bu nedenle, özellikle stres koşullarında asidosiz riski artmaktadır. Ek olarak Mahon (1999), hindilerde artan büyüme hızıyla kas anomalilerinin görülme sıklığının arttığını belirtmektedir. Sandercock ve ark. (2001, 2006), kanatlı hayvanlarda hızlı büyümenin ısı düzenlenme kapasitesinde azalmaya sebep olduğu ve bu nedenle kesim öncesi süreç boyunca hayvanların ısı stresine daha duyarlı hale geldikleri sonucuna varmıştır. Bu durumda kas hasarı, asit-baz zararları ve et kalitesinde düşüş gözlenmektedir (Petracci ve ark., 2009). Ayrıca, özellikle hindilerde görülen hızlı kas gelişimi, fibrillerde zayıflama ve bağ doku bütünlüğünde kayıplara sebep olmaktadır. Bireysel kas lifleriyle bağlantılı olan bağ doku (endomisyum), hızlı kas gelişimine dayanmamakta ve sonuç olarak daha az gelişerek olgunlaşmamaktadır (Lesiów ve Kijowski, 2003).

Tavuk ve hindilerde bulunan göğüs kasları tamamen Tip-2B liflerden oluşmaktadır. Bu lifler glikolitik olduğundan enerji üretimi glikoliz yoluyla anaerobik olarak gerçekleşir. Göğüs kası içerisinde fazla miktarda glikojen deposu yer aldığından, laktik asit oluşumu ve dolayısıyla pH'da hızlı bir düşme ve/veya ölüm sonrası düşük başlangıç pH değeri eğilimi bulunmaktadır. Bu nedenle göğüs kasının metabolizması, uygun olmayan kesim koşullarında solgun kanatlı eti sendromu oluşumunu etkilemektedir (Barbut ve ark., 2008).

Solgun kanatlı eti sendromu aynı zamanda kesim öncesi ve kesim sonrası stres etmenleri (sıcak stresi, kesimden önceki uygulamalar gibi) ve karkas soğutma rejimleriyle de ilişkilidir (Owens ve ark., 2009). Alvarado ve Sams (2002)'a göre, hızlı büyüme, çevresel sıcaklıklar, taşıma, kesimden önceki uygulamalar, uyuşturma-bayıltma teknikleri ve soğutma sıcaklıkları gibi birçok faktör solgun kanatlı eti sendromu ile bağlantılıdır. Yine, Woelfel ve ark. (2002), kanatlı hayvanların domuz etindekiyle aynı tip kesim öncesi ve sonrası stres etmenlerine duyarlı olabileceğini belirtmiş ve bu stres etmenlerinin çevresel sıcaklıklar, kesim öncesi uygulamalar, bayıltma teknikleri ve soğutma rejimlerini içerdiğini ve bu şartların bazı karkaslarda hızlanmış ölüm sertliği gelişimine sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Sıcak stresi, et kalitesini etkileyen en önemli çevresel etmenlerden biridir (Thomas ve ark., 1966; Howe ve ark., 1968; Abarle ve ark., 1969; Wood ve Richards, 1975; Northcutt ve ark., 1994). Hayvanlarda kesim öncesinde kanat çırpma, çırpınma, strese girme ve buna

bağlı olarak metabolik hızın artması ile kas içi sıcaklık değerleri artmakta, aynı zamanda özellikle hindilerde göğüs etinin büyük olması sebebiyle kesim sonrası soğuma işlemi güçleşmektedir (Barbut ve ark., 2008). Kesim öncesi sıcak stresine yol açan uygulamalardan kaynaklanan et kalite problemleri üzerine odaklanan birçok çalışma vardır. Sayre ve ark. (1963), kesimden önce ısı stresi maruz bırakılan (20-60 dakika boyunca 42°C-45°C) strese duyarlı domuzlarda solgun kanatlı eti özelliklerinin geliştiğini bildirmiştir. Olivo ve ark. (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, kesimden önce 60 dakika boyunca 40°C sıcaklığa maruz bırakılan ve ardından laboratuvar şartlarında kesilen tavuklarda ölüm sertliğinin tamamlanması, strese maruz bırakılmayanlara göre iki kat daha hızlı gerçekleşmiştir. Altan ve ark. (2001), sıcak stresinin etlik piliç genotiplerinde (R ve C) et rengi ve pH üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, C genotipinde sıcak stresinin L* değerini yükselttiğini ve pH değerini düşürdüğünü ve bu durumun sıcak stresinin solgun kanatlı eti sendromuna neden olduğu biçiminde yorumlanabileceğini belirtmiştir. Benzer olarak Northcutt ve ark. (1994), sıcaklığa maruz bırakılan (1 saat boyunca 40°C'den 41°C'ye) ve dinlendirilen tavuklarda solgun kanatlı eti özelliklerinin ortaya çıktığını belirtmiştir. Yine, McKee ve Sams (1997), ısı stresine maruz bırakılan hindilerde strese maruz bırakılmayanlara göre ölüm sonrası 15 dakikaya kadar daha hızlı bir pH düşüşü, daha açık bir renk ve artan damlama ve pişirme kayıpları gözlemiştir. Ancak Northcutt (1994), hindilerle ilgili yaptığı çalışmada 1 saat boyunca 30°C'de tutulan hindilerde, kesim sonrası daha düşük başlangıç pH değerleri ölçmüştü, fakat L* değerleri ve su tutma kapasitesini kontrol örneklerinden farklı bulmamıştır. Ek olarak, Froning ve ark. (1978) kesim öncesi ani sıcak strese maruz kalan hindilerde solgun kanatlı eti özelliklerine rastlamamıştır. Tüm bunlara ek olarak, kanatlı hayvanlarda sıcak stresinin mevsimsel olarak da değiştiği bildirilmiştir. Nitekim sanayi verilerine göre yaz ayları başlangıcında uzayan yüksek sıcaklıklar, solgun kanatlı eti sendromu oluşumunu arttırmaktadır. Solgun kanatlı eti sendromu, yazın son aylarında hayvanların sıcak iklime alışmaları ve vücut hacminin küçülmesiyle azalma göstermektedir (McKee ve Sams, 1997). Bianchi ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, yaz ayları boyunca kesilen hindilerde, kış aylarında kesilenlere göre ölümden 15 dakika ve 24 saat sonra daha düşük pH değerleri saptanmıştır. Bu durum, yılın farklı zamanlarında işlenen hindilerde vücut içi su dağılımı ve protein-su

etkileşimleri arasında önemli farklılıklar olduğunu kanıtlar.

Kesim sonrası sıcaklık, ölüm sertliği gelişimini ve genel et kalitesini etkileyen önemli bir işleme faktörü olarak belirlenmiştir. De Fremery ve Pool (1960), etlik piliçlerin işlenmesi esnasında çevresel sıcaklığın yükseltilmesi durumunda (37°C'den 41°C'ye) metabolizmanın hızlandığını, ölüm sertliğinin erken başladığını ve daha düşük bir başlangıç pH değerinin ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Alvarado ve Sams (2002)'a göre, sıcaklık hindilerde solgun kanatlı eti sendromunun gelişiminde daha büyük bir rol oynamaktadır, çünkü piliçlere göre daha büyük bir vücut hacmine sahip olmaları, daha yavaş bir soğumaya neden olmaktadır. Daha büyük boyuttaki hindi karkasları, daldırma uygulanan soğutma sistemlerinde kas içi sıcaklığının düşmesi için daha fazla süreye ihtiyaç duyduğundan, yükselen sıcaklıklarda ölüm sertliği süresi artmaktadır (Rathgeber ve ark., 1999). Hindilerle yapılan çalışmalar, 30°C'den 37°C'ye kadar olan ölüm sonrası sıcaklıkların, ölüm sonrası metabolizmayı hızlandırdığını göstermiştir. McKee ve Sams (1998), 40°C'ye kadar yükselen sıcaklıklarda tutulan hindi karkaslarında ölüm sonrası glikolizin hızlandığı ve et renginin daha açık olduğu sonucuna varmışlardır. Aynı zamanda bu ette damlama kaybı ve pişirme kaybı, 0°C'de soğutulan karkaslara göre daha yüksek olmuştur. Benzer bir çalışma, Molette ve ark. (2003) tarafından gerçekleştirilmiş, farklı sıcaklık değerlerinde (4, 20, 40 °C) tutulan hindi *Pectoralis major* kaslarında pH düşüşü aynı oranda olmasına rağmen, 40°C'de tutulan kaslarda L* değerleri ve damlama kaybı daha yüksek bulunmuş ve böylece yüksek sıcaklıkta muamele edilen kasların solgun kanatlı eti özelliklerine yakın olduğu ispatlanmıştır.

Sıcaklık solgun kanatlı eti gelişiminde bu derece önemli bir rol oynadığından, karkaslarda soğutma tekniği gibi kesim sonrası faktörler önem teşkil etmektedir. Alvarado ve Sams (2002), yavaş soğutulmuş hindi karkaslarında renk, su tutma kapasitesi, tekstür ve ürün bütünlüğünün olumsuz yönde etkilendiğini belirtmiştir. Araştırmacılar, zayıf et kalitesini (özellikle solgun kanatlı eti özelliklerini) önlemek için hindi karkaslarının hızlı bir şekilde soğutulması gerektiğini, böylece göğüs kası sıcaklığının 60 dakika içinde 25°C veya daha altına ulaştığını vurgulamıştır. Rathgeber ve ark. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, soğutma işlemi geciktirilerek bu durumun hindi göğüs eti kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada her karkasın bir

yarısı ölümden 20 dakika sonra daldırma yöntemiyle soğutulmuş, diğer yarısı ise vücut sıcaklığında 110 dakika tutulduktan sonra soğutulmuş, sonuç olarak geciktirilmiş soğutma işlemi, ette su tutma ve stabil pişmiş jel oluşturma yeteneğinde azalmaya sebep olmuştur. Araştırmacılar, et kalitesini geliştirmek için işleme hattındaki duraksamaların minimize edilmesi ve karkas soğutma oranının maksimum düzeyde tutulması gerektiğini vurgulamıştır. Ek olarak, soğutma yöntemi olarak yaklaşık 3°C'de 57 g/kg ve 113 g/kg kuru karbondioksit kullanılan bir çalışmada (Wynveen ve ark., 1999), CO₂ uygulaması yapılan gruplarda kontrol grubuna kıyasla daha fazla damlama kaybı gözlenmiş, bu nedenle kuru CO₂ uygulamasının işlenmiş hindi ürünlerinde solgun kanatlı eti ile ilgili kusurlara benzer problemlere yol açan bir faktör olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmadan yola çıkılarak, karkas soğutma yönteminin de solgun kanatlı eti özelliklerinin gelişiminde önemli olduğu sonucuna varılabilir.

Solgun Kanatlı Eti Sendromunun Tanımlanması

Kanatlı hayvanlarda solgun, normal ve koyu renkli et şeklinde kalite sınıflandırması yapılabilmesi için pH, L* değeri veya su tutma kapasitesinde normal etle kıyaslama yapılarak sınır değerleri tespit edilmelidir (Lesiów ve Kijowski, 2003). Solgun kanatlı etleri için göğüs kaslarında belirlenmiş olan pH ve L* değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kanatlı göğüs kaslarında solgun kanatlı eti sendromunun tanımlanması için sınır pH ve L* değerleri (Lesiów ve Kijowski, 2003)

Göğüs kası	Zaman (ölüm sonrası)	pH	L*
Genç hindi	24 saat		>50/51
Genç hindi	24 saat		>53
Genç hindi	20 dakika		49
Olgun hindi	24 saat	≤5.8	≥52
Hindi	24 saat		54.7
Tavuk	24 saat		>49
Tavuk		5.9	>51
Tavuk	15 dakika	<5.7	
Tavuk	24 saat		>57
Tavuk	24 saat		>53/54

Solgun kanatlı eti sendromunun tanımlanması amacıyla bir sınıflandırma sisteminin belirlenmesi, kanatlı eti endüstrisinde ekonomik bakımdan önemlidir. Bu amaçla, her işletmenin üründen beklentisine ve ihtiyacına dayanarak solgun kanatlı eti sınıflandırmasında kendi sınır değerlerini tespit etmesi önerilmektedir. Belirlenecek olan sınır değeri; enjeksiyon oranı, tuz konsantrasyonu, fosfat kullanımı ve tamburlama süresi gibi çeşitli faktörlerle ilişki içinde olduğundan önemlidir. Ayrıca, sınır değeri üründe istenen su tutma kapasitesine veya mevsime bağlı olarak da değişebilir. Örneğin, üründe en az %23'lük bir su tutma kapasitesi değeri isteniyorsa, L* sınır değeri 51.3 olarak seçilebilirken, su tutma kapasitesinde %17 oranı elde edilmeye çalışılıyorsa L* değeri sınırı L*≥52.0 olmalıdır. Yine, %17'lik su tutma kapasitesi değeri için L* sınırı kış aylarında 51.2 iken, yaz aylarında bu değer 52.9'a çıkmaktadır (Barbut, 1998).

Kanatlı hayvanlarda solgun kanatlı eti sendromunun özellikle pH ve renk (L* değeri) arasındaki ilişki kullanılarak tanımlanması amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Petracci ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, tavuk göğüs etleri görsel olarak ayrılarak toplanmış ve daha sonra renk ölçümü yapılarak gruplar normalden koyu (L*<50), normal (50<L*<56) veya normalden açık (L*>56) olarak ayrılmıştır. L* değeri sınırları ise, pH ve su tutma kapasitesi ölçümlerine paralel olarak belirlenmiştir. Koyu renkli et (L*<50), daha yüksek pH ve pişirme verimi verirken, solgun renkli et (L*>56) düşük kas pH'sı ve düşük su tutma kapasitesi ile tanımlanmıştır. Nitekim daha öncesinde de Hoof (1979) tarafından kanatlı etinde solgun renk görünümünün düşük pH ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Benzer olarak bir başka çalışmada da (Wilkins ve ark., 2000) tavuk etinde ölümden 24 saat sonra ölçülen pH ve L* değerleri arasında yakın bir ilişki saptanmıştır. Van Laack ve ark. (2000), solgun kanatlı eti özelliklerini inceledikleri çalışmada, solgun renkli göğüs etinde düşük pH (5.7), yüksek L* değeri (60.0) ve yüksek damlama kaybı (%1.34) tespit etmiştir. Tavuk göğüs etinde yapılan bir başka çalışmada (Woelfel ve ark., 2002), kullanılan 3554 filetonun yaklaşık %47'si solgun renkli olarak belirlenmiş ve bu grup önemli ölçüde düşük pH, yüksek L* değerleri (ortalama >54) ve yüksek damlama ve pişirme kayıpları göstermiştir. Pietrzak ve ark. (1997) hindi göğüs kaslarında solgun kanatlı eti sendromu oluşumunu inceledikleri çalışmalarında, ölümden 20 dakika sonra ölçülen pH değerlerine göre yavaş ve hızlı glikoliz ile karakterize ettikleri kaslarda, solgun görünümlü grupta normal gruba göre düşük kas ATP'si ve yüksek laktat seviyeleri tespit

etmişlerdir. Solgun görünüşlü grubun normalden daha açık renkli, düşük su tutma kapasitesi ve pişirme verimine sahip olduğu ve ayrıca miyofibril örneklerinde miyosinin daha az çözünebildiği sonuçlarına da ulaşılmıştır. Fraqueza ve ark. (2006) tarafından hindi göğüs etinde yapılan renk ve pH ölçümlerinde, koyu renkli grupta $L^* \leq 44$ ve $pH_{24} \geq 5.8$, soluk görünüşlü ette ise $L^* \geq 50$ ve $pH_{24} < 5.8$ olarak belirlenmiş, bu sonuç temel alınarak, analiz edilen 977 adet hindi popülasyonunda karkasların %8.1'inin solgun kanatlı eti sendromu özelliklerini gösterdiği tespit edilmiştir. Araştırmacılara göre, hindi eti kalitesinin sınıflandırılmasında pH_{24} ve L^* değerlerinin kriter olarak kullanılması yararlı olabilir. Hindi göğüs kaslarında yapılan bir başka çalışmada (El Rammouz ve ark., 2004), ticari bir hindi türünden tesadüfi olarak 500 adet seçilerek, bu grup içinden kesimden sonraki 24. saatte başlangıç pH değeri 6.1'in altında olan 64 hindilik bir alt grup oluşturulmuştur. Başlangıç pH değeri; L^* değeri, damlama kaybı, çözünme kaybı, kütleme ve pişirme verimi ile önemli ölçüde korelasyon göstermiştir. Bu nedenle araştırmacılar, kanatlı eti kalite kontrol kapasitesinin geliştirilmesinde başlangıç pH değerinin (pH_u) önemli bir kriter olduğunu vurgulamıştır. Barbut (1993) tarafından hindi göğüs etlerinde solgun kanatlı eti sendromu oluşumunu belirlemek amacıyla hızlı bir renk ölçüm sistemi kullanılmış, göğüs eti gruplarının %18-34'ünde L^* değeri 50'den, %6-17'sinde L^* değeri 51'den büyük olarak bulunmuş ve pH ve L^* değerleri önemli ölçüde negatif korelasyon göstermiştir. Barbut (1997) tarafından yapılan başka bir çalışmada, 7 farklı ticari hindi türünde solgun kanatlı eti oluşumunu değerlendirmek amacıyla renk dağılımı ölçülmüştür. İşleme hattında ölümden 24 saat sonra yapılan ölçümlerde, ortalama 48.9 olmak üzere, en düşük ve en yüksek L^* değerleri sırasıyla 37.7 ve 58.5 olarak belirlenmiştir. pH değeri 5.68-6.64 (ortalama 5.96), su tutma kapasitesi ise %7-%102 (ortalama %41) arasında değişmiştir. $L^* \geq 52$ olarak belirlenen örnekler, düşük su tutma kapasitesi göstermiş, renk ve su tutma kapasitesi arasındaki korelasyonlar solgun kanatlı eti sendromunun tanımlanmasında hızlı bir renk ölçümünün önemini göstermiştir. Owens ve ark. (2000), hindi göğüs etlerinde kemik ayrılma işlemi esnasında (ölümden 1.5 saat sonra) ve ölümden 24 saat sonra yaptıkları analizlerde, solgun renkli filetolarda kayda değer miktarda düşük pH, yüksek L^* değeri ve düşük su tutma kapasitesi tespit etmiştir. Çalışmada aynı zamanda, solgun kanatlı eti sendromunun ticari boyutta görülme sıklığının belirlenmesi amacıyla işleme hattından alınan

2995 adet hindi göğsünde L^* değerleri ölçülmüş ve hindi göğüslerinde yaklaşık %40 oranında solgun renkli ($L^* > 53$) et tespit edilmiştir. Araştırmacılara göre, bu sonuçlar ticari olarak işlenen hindi göğüs etinde solgun kanatlı eti sendromunun önemli bir payı olduğunu göstermektedir ve bu çalışmada olduğu gibi, L^* değeri ölçümü hindi eti seçiminde kullanılıp, böylece solgun kanatlı etleri özel formülasyonlarda değerlendirilebilir.

Sonuç

Kanatlı eti sektöründe solgun kanatlı eti sendromu ve bu sendromun endüstriye olan etkileri konusunda özellikle son on yıldır ilgilenilmektedir. Sektörde ciddi bir sorun teşkil eden solgun kanatlı eti sendromu, üretim kayıpları neticesinde gerek kalite bazlı, gerekse maliyet boyutunda önemli dezavantajları beraberinde getirmektedir. Bu nedenle solgun kanatlı eti sendromu, hem üreticiler hem de tüketiciler açısından arzu edilmeyen özelliklerde ürünlerin oluşumuna neden olmaktadır. Solgun kanatlı etleri, düşük fonksiyonel özelliklere sahip olduğundan, ürüne işlendiğinde solgun renk, düşük pişirme verimi, doku kırılması, ufalanma, parçalanma, düşük dilimlenebilirlik özelliği gibi çeşitli kalite problemleri ortaya çıkmaktadır. Solgun kanatlı eti sendromuna başta çevresel faktörler olmak üzere, genetik ve çevresel faktörler veya her ikisinin birleşimi sebep olabildiğinden, yalnızca tek bir faktörün değil, birden fazla etmenin solgun kanatlı eti sendromu oluşumunu teşvik ettiği açıktır. Bu durum da, solgun kanatlı eti sendromunun oluşum riskinin göz ardı edilemeyecek boyutta olduğunu göstermektedir. Ancak, bu noktada özellikle solgun kanatlı eti sendromunun genetik boyutu hakkında yeterli miktarda veri bulunmadığı unutulmamalıdır. Domuz etinde riyanodin reseptör geninde oluşan mutasyon ve bu mutasyonun strese duyarlılık ile ilişkide olduğu ispatlanmış, buna karşın kanatlı hayvanlarda mutasyonlar tespit edilmiş olsa da bu mutasyonların solgun kanatlı eti sendromuna doğrudan sebebiyet verdiği kanıtlanmamıştır.

Kanatlı etlerinde kaliteyi etkileyen birçok faktör bulunmaktadır, örneğin kasın yapısı ve kesim anındaki kas metabolizması; görünüm, sertlik, doku ve su tutma kapasitesi üzerinde etkilidir. Çevresel etmenler de et kalitesi üzerinde büyük rol oynadığından, bu noktada çevresel etmenler ve genotip arasındaki etkileşimi anlamaya çalışmak önemlidir. Ölüm sonrası kas metabolizmasının iyi anlaşılması, solgun kanatlı eti sendromu oluşumunu en aza indirmek için gerekli işleme prosedürlerini modifiye etmeye yardımcı olacaktır. Solgun kanatlı eti sendromunun oluşum

sebepleri ve potansiyel çözüm önerileri için çok disiplinli bir yaklaşım tarzı geliştirilmeli, hayvanlarda büyüme periyodu, kesim öncesi ve sonrası şartlar dikkatli bir şekilde incelenmelidir.

Kaynaklar

- Abarle, E.D., Thomas, N.W., Howe, J.M. and Arroyo, P.T. 1969. Environmental influence on high energy phosphate metabolites in porcine muscles. *Journal of Food Science* 34: 600-603.
- Altan, A., Bayraktar, H., Önenç, A. 2001. Etlik piliçlerde sıcak stresinin et rengi ve pH'ı üzerine etkileri. *Hayvansal Üretim Dergisi* 42(2): 1-8.
- Alvarado, C.Z. and Sams, A.R. 2002. The role of carcass chilling rate in the development of pale, exudative turkey pectoralis. *Poultry Science* 81(9): 1365-1370.
- Anonymous, 2008. Canlı Kümes Hayvanları ve Eti Sektör Raporu. DTM İhracat Genel Müdürlüğü ve İstanbul İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği.
- Barbut, S. 1993. Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. *Food Research International* 26(1): 39-43.
- Barbut, S. 1997. Occurrence of pale soft exudative meat in mature turkey hens. *British Poultry Science* 38(1): 74-77.
- Barbut, S. 1998. Estimating the magnitude of the PSE problem in poultry. *Journal of Muscle Foods* 9(1): 35-49.
- Barbut, S. 2009. Pale, soft, and exudative poultry meat-reviewing ways to manage at the processing plant. *Poultry Science* 88(7): 1506-1512.
- Barbut, S., Sosnicki, A.A., Lonergan, S.M., Knapp, T., Ciobanu, D.C., Gatcliffe, L.J., Huff-Lonergan, E. and Wilson, E.W. 2008. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science* 79(1): 46-63.
- Barbut, S., Zhang, L. and Marcone, M. 2005. Effects of pale, normal and dark chicken breast meat on microstructure, extractable proteins, and cooking of marinated fillets. *Poultry Science* 84(5): 797-802.
- Bianchi, M., Capozzi, F., Cremonini, M.A., Laghi, L., Petracci, M., Placucci, G. and Cavani, C. 2004. Influence of the season on the relationships between NMR transverse relaxation data and water-holding capacity of turkey breast meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84(12): 1535-1540.
- El Rammouz, R., Babile, R. and Fernandez, X. 2004. Effect of ultimate pH on the physicochemical and biochemical characteristics of turkey breast muscle showing normal rate of postmortem pH fall. *Poultry Science* 83(10): 1750-1757.
- de Fremery, D. and Pool, M.F. 1960. Biochemistry of chicken muscle as related to rigor-mortis and tenderization. *Food Res.* 25: 73-87.
- Fraqueza, M.J., Cardoso, A.S., Ferreira, M.C. and Barreto, A.S. 2006. Incidence of pectoralis major turkey muscles with light and dark color in a Portuguese slaughterhouse. *Poultry Science* 85(11): 1992-2000.
- Froning, G.W., Babji, A.S. and Mather, F.B. 1978. The effect of preslaughter temperature, stress struggle anesthetization on color and textural characteristics of turkey muscle. *Poultry Science* 57: 630-633.
- Howe, J.M., Thomas, N.W., Addis, P.B. and Judge, M.D. 1968. Temperature acclimation and its effects on porcine muscle properties in two humidity environments. *Journal of Food Science* 33: 235-238.
- Kalanlar, Ş. 2004. Kanatlı sektörü. *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü* 7(4): 1-4.
- Lesiów, T. and Kijowski, J. 2003. Impact of PSE and DFD meat on poultry processing- a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 12/53(2): 3-8.
- Mahon, M. 1999. Muscle abnormalities: Morphological aspects. Ed. Richardson, R.I. and Mead, G.C. CABI Publishing, New York, NY, 25: 19-64.
- McCurdy, R.D., Barbut, S. and Quinton, M. 1996. Seasonal effect on pale soft exudative (PSE) occurrence in young turkey breast meat. *Food Research International* 29(3-4): 363-366.
- McKee, S.R. and Sams, A.R. 1997. The effect of seasonal heat stress on rigor development and the incidence of pale, exudative turkey meat. *Poultry Science* 76(11): 1616-1620.
- McKee, S.R. and Sams, A.R. 1998. Rigor mortis development at elevated temperatures induces pale exudative turkey meat characteristics. *Poultry Science* 77(1): 169-174.
- Molette, C., Rémignon, H. and Babilé, R. 2003. Maintaining muscles at a high post-mortem temperature induces PSE-like meat in turkey. *Meat Science* 63: 525-532.
- Northcutt, J.K. 1994. Influence of antemortem treatment on postmortem muscle properties of poultry meat. Ph.D. dissertation, North Carolina State University, Raleigh NC.
- Northcutt, J.K., Foegeding, E.A. and Edens, F.W. 1994. Water-holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. *Poultry Science* 73: 308-316.
- Olivo, R., Soares, A.L., Ida, E.I. and Shimokomaki, M. 2001. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. *Journal of Food Biochemistry* 25(4): 271-283.

- Owens, C.M., Alvarado, C.Z. and Sams, A.R. 2009. Research developments in pale, soft, and exudative turkey meat in North America. *Poultry Science* 88(7): 1513-1517.
- Owens, C.M., Hirschler, E.M., McKee, S.R., Martinez-Dawson, R. and Sams, A.R. 2000. The characterization and incidence of pale, soft, exudative turkey meat in a commercial plant. *Poultry Science* 79(4): 553-558.
- Petracci, M., Bianchi, M., Betti, M. and Cavani, C. 2004. Color variation and characterization of broiler breast meat during processing in Italy. *Poultry Science* 83: 2086-2092.
- Petracci, M., Bianchi, M. and Cavani, C. 2009. The European perspective on pale, soft, exudative conditions in poultry. *Poultry Science* 88(7): 1518-1523.
- Pietrzak, M., Greaser, M.L. and Sosnicki, A.A. 1997. Effect of rapid rigor mortis processes on protein functionality in pectoralis major muscle of domestic turkeys. *Journal of Animal Science* 75(8): 2106-2116.
- Rathgeber, B.M., Boles, J.A. and Shand, P.J. 1999. Rapid postmortem pH decline and delayed chilling reduce quality of turkey breast meat. *Poultry Science* 78(3): 477-484.
- SandercocK, D.A., Hunter, R.R., Mitchell, M.A. and Hocking, P.M. 2006. Thermoregulatory capacity and muscle membrane integrity are compromised in broilers compared with layers at the same age or body weight. *British Poultry Science* 47: 322-329.
- SandercocK, D.A., Hunter, R.R., Nute, G.R., Mitchell, M.A. and Hocking, P.M. 2001. Acute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal muscle membrane integrity in broiler chickens at two ages: Implications for meat quality. *Poultry Science* 80: 418-425.
- Sayre, R.N., Briskey, E.J. and Hoekstra, W.G. 1963. Alteration of postmortem changes in porcine muscle by preslaughter heat treatment and diet modification. *Journal of Food Science* 28: 292-297.
- Schilling, M.W., Daigle, S.P., Alvarado, C.Z., Marriott, N.G. and Wang, H. 2005. Effects of collagen addition on the functionality of PSE-like and normal broiler breast meat in a chunked and formed deli roll. *Journal of Muscle Foods* 16: 46-53.
- Schilling, M.W., Daigle, S.P., Alvarado, C.Z., Wang, H. and Marriott, N.G. 2004. Pale and normal turkey breast enhancement through the utilization of turkey collagen in a chunked and formed turkey breast roll. *Journal of Applied Poultry Research* 13: 406-411.
- Smith, D.P. and Northcutt, J.K., 2009. PSE Syndrome in Poultry Symposium: Pale poultry muscle syndrome. *Poultry Science* 88: 1493-1496.
- Solomon, M.B., Van Laack, R.L.J.M. and Eastridge, J.S. 1998. Biophysical basis of pale, soft, exudative (PSE) pork and poultry muscle: a review. *Journal of Muscle Foods* 9(1): 1-11.
- Strasburg, G.M. and Chiang, W. 2009. Pale, soft, exudative turkey- The role of ryanodine receptor variation in meat quality. *Poultry Science* 88(7): 1497-1505.
- Thomas, N.W., Addis, P.B., Hohnson, H.R., Howard, R.D. and Judge, M.D. 1966. Effects of environmental temperature and humidity during growth on muscle properties of two porcine breeds. *Journal of Food Science* 31: 309-312.
- Van Hoof, J. 1979. Influence of ante- and peri-mortem factors on biochemical and physical characteristics of turkey breast muscle. *Veterinary Quarterly* 1: 29-36.
- Van Laack, R.L.J.M., Liu, C.H. and Smith, M.O. and Loveday, H.D. 2000. Characteristics of pale, soft and exudative broiler breast meat. *Poultry Science* 79(7): 1057-1061.
- Wilkins, L.J., Brown, S.N., Phillips, A.J. and Warris, P.D. 2000. Variation in the colour of broiler breast fillets in the UK. *British Poultry Science* 4: 308-312.
- Woelfel, R.L., Owens, C.M., Hirschler, E.M., Martinez-Dawson, R. and Sams, A.R. 2002. The characterization and incidence of pale, soft and exudative broiler meat in a commercial processing plant. *Poultry Science* 81(4): 579-584.
- Wynveen, E.J., Bowker, B.C., Grant, A.L., Demos, P.B. and Gerrard, D.E. 1999. Effects of muscle pH and chilling on development of PSE-like turkey breast meat. *British Poultry Science* 40(2): 253-256.
- Wood, D.G. and Richards, J.F. 1975. Effect of some ante-mortem stressors on post-mortem aspects of chicken broiler pectoralis muscle. *Poultry Science* 54: 528-531.