

Etlerin Soğukla Muhafazası ve «Cold Shortening» Şekillenmesi

Doç. Dr. Yalçın YILDIRIM*

ÖZET

Etlerin soğuk havayla muhafazasındaki gaye, oluşan mikrobiyel ve kimyasal reaksiyonları yavaşlatmak veya tamamen durdurmaktır. Böylece etler, hem uzun zaman saklanmakta ve hemde kalitelerinden hiçbir şey kaybetmemektedirler. Bundan dolayı son yıllarda, soğuk hava üreten makinalar üzerinde çalışmalar artmış ve etlerin soğutulmasında veya dondurulmasında yüksek verim gücüne sahip cihazlar kullanılmaya başlanmıştır. Bu makinaların et endüstrisinde kullanılması, bazı sakıncaları da beraberinde getirmiştir. Özellikle büyük oranda et ihraç eden ülkelerde problem olan "Cold Shortening" olayı henüz kesim sıcaklığında olan etlerin Rigor mortis şekillenmeden + 10°C veya daha altında bir ısıda soğutulmalarında görülmekte ve etlerin sert bir kıvam alarak, kalitelerinin olumsuz yönde etkilenmesinde neden olmaktadır.

ZUSAMMENFASSUNG

Kaeltekonservierung des Fleisches und Eintritt von "Cold Shortening"

Die Anwendung von Temperaturen des Kühlbereiches und des Gefrierbereiches auf Fleisch erfolgt zu dem Zweck, den Ablauf mikrobieller und chemischer Reaktionen zu verlangsamen oder vollstaendig zum Stillstand zu bringen. Von tag zu Tag kommt der Kaeltekonservierung von Fleisch eine staendig wachsende Bedeutung, zu, da die durch Kaelte konservierten Schlacht und Verarbeitungsprodukte hinsichtlich Konsistenz, Geschmack und Aussehen dem Frischezustand weitgehend entsprechen.

Die Auskühlung mit Hilfe von kalter luft wurde in den letzten Jahrzehnten zu grosser Leistungfaehigkeit entwickelt. Die Wirkung der Hochleistungs-Kaeltenanlagen auch nachteilig auf die Verzehrsqualitaet des Fleisches bemerkbar. Wird Schalchtfisches Fleisch vor Eintritt der Muskelstarre auf Temperaturen von + 10°C oder tiefer herabgekühlt, tritt durch besondere biochemische Vorgaenge eine starke Kontraktion der Muskelfasern auf (Cold Shortening).

* Y. YILDIRIM: Bursa Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Besin Kontrolü ve Teknolojisi Bölümü Başkanı

GİRİŞ

Et ve ürünlerinin kalitesini uzun süre aynı seviyede tutmak için en iyi konserveleme usulü, soğuk hava ile olanıdır. Besinlerimizin soğukla konserve edilmeleri, çok eski bir yöntemdir. Önceleri, soğukta muhafaza için kar kullanılırdı. Yüksek dağlardan getirilen kar, çukurlara gömülerek saklanır ve kullanılmadan önce, erime noktasını düşürmek için üzerlerine tuz serpilirdi. Bu tür soğutma uygulaması 1800 yıllarında Boston'da ilk buz fabrikasının kurulmasına kadar devam etmiştir. 1850 yıllarında, soğuk hava üreten makinaların yapılması ve 1875 yılında da Carl Von Linde tarafından, ilk defa uygulama alanında kullanılmasıyla besinlerin saklanması sahasında yeni bir çağır açılmıştır. Etlerin muhafazası için ilk soğuk depo 1878 yılında Chikago'da kurulmuş ve uzak ülkelerden et taşıma işlemine 1880 yıllarında başlanmıştır. Daha sonraları, etlerin soğukta konserve edilmeleri, soğuk hava üreten makinaların gelişimine paralel olarak değişiklikler göstermiş ve bugünkü halini almıştır⁸.

Günümüzde etler, modern aletlerle ve son teknolojik yöntemlerle soğutulup veya dondurulmalarına rağmen, özellikle uzak mesafelerden büyük miktarlarda et ihracatı yapan bazı ülkeler (Avusturalya, Yeni Zellanda, Arjantin v.s.) zaman zaman zorluklarla karşılaşmakta ve araştırmalarını yoğunlaştırarak etleri yeni yöntemlerle soğutmaya veya dondurmaya çalışmaktadır⁴. Son zamanlarda ülkemizin et ihracatında da büyük artışlar görülmesi ve alıcı ülkelerin daima yüksek kalitede, standart et talep etmeleri, etlerin soğukla muhafazada kullanılan yöntemlerin ülkemizde de gözden geçirilmesini gerektirmektedir.

SOĞUKLA MUHAFAZANIN İLKELERİ

Bütün konserveleme yöntemlerinde olduğu gibi, etlerin soğukla muhafazasında da gözönünde tutulan en önemli ilke, ortamda bulunan mikroorganizmaların çoğalma faaliyetlerinin durdurulması ve oluşan fiziksel, kimyasal veya biyokimyasal olayların mümkün olduğu kadar kısıtlanmasıdır. Ancak bu şekilde, etlerin bozulması önlenerek kalite en yüksek oranda aynı seviyede tutulabilmektedir. Bu cümleden, soğukta etlerin kalitesinin düzeltilmesi anlaşılmamalıdır. Soğukla kalite düzeltilmez, ancak bozulmadan uzun süre saklanır. Örneğin, etlerin kalitesine önemli derecede etki eden yem faktörünün neden olduğu kalite bozukluğu, soğutulma yöntemleriyle düzeltilmez^{8, 12}.

Besin maddelerimiz soğukla karşı karşıya bırakıldıklarında, içerdikleri ısıyı ve buharlaşma yoluyla da suyu dışarı verirler. Hava sirkülasyonu ile soğutmada veya dondurmada ısının taşınması, soğutulmuş hava ile soğutulan madde arasında birinden diğerine temas suretiyle geçmesi sağlanmaktadır (konveksiyon). Bu durum formüle edilebildiği gibi, deponun soğuk hava gereksinimi de yine bir takım formüllerle hesaplanabilmektedir. Ancak, soğuk depolarda soğutulan etlerin ortama verdiği ısı yanında diğer bazı faktörlerin de beraber hesaplanması gerekmektedir. Örneğin, havalandırma motorlarının ısı, kapıların açılıp kapanması sırasında dışarıya kaçan soğuk hava, oda duvarlarından kaçan ısı, çalışan işçiler, aydınlatma ve paketleme materyallerinin neden oldukları soğuk hava kaybı gibi^{7, 8}.

Etlerin soğuk hava ile muamele edilmelerinde ortaya çıkan fire, et yüzeyinden suyun buharlaşması neticesinde oluşmaktadır. Sıvı kaybının olması için et yüzeyi ile oda havası arasında basınç farkının bulunması gerekir. Bu basınç nedeniyle etten,

oda havasına doğru devamlı su geçişi vardır. Soğutulan veya dondurulan etten suyun buharlaşması, etin yapısına, yüzeyinin büyüklüğüne, depodaki hava sirkülasyonuna, depolama ısısına ve süresine bağlı olarak değişmekte olup, bu miktarlar hesapla bulunduktan sonra soğutma koşullarının duruma göre ayarlanması gerekmektedir^{7.8.12}.

SOĞUTMADA KULLANILAN MADDELER ve SOĞUK DEPO ÇEŞİTLERİ

Soğuk hava elde edilmesinde bugün yalnız kompresörler kullanılmaktadır. Bu aletlerde en çok kullanılan soğutucu madde ise amonyaaktır. Amonyakın toksik etkisi olması ve soğuk hava deposuna sızabildiğinde ette olumsuz etkiler yapabilmesine³ rağmen, çok kullanılmasının nedenini daha çok fiziksel özelliklerine ve ucuz olmasına bağlamak gerekir. Toksik etkisi olmayan soğutucu maddeler vardır. Bunlardan en çok kullanılanı Flor-Klor derivatı (F_2Cl_2) ve sıvı azot gazıdır. Bu maddeler, küçük soğuk hava depoları için tercih edilmekte, büyük mezbahalarda ise nadiren kullanılmaktadır. Özellikle $\pm 0^\circ C$ $-40^\circ C$ ler arasında yapılan dondurma işlemleri için aranan gazlardır.

Kısa zaman öncesine kadar, mezbahalarda soğutucu madde taşıyıcısı olarak en çok tuzlu su kullanılırdı. Ancak, son yıllarda soğutucu madde buharlaştırılıp ve borular içerisinde doğrudan soğutma odasına verilmeye başlanmıştır. Sonraları, soğutucu maddenin dağılımını belli ve eşit düzeyde tutmak için soğutma tesislerine pompa ilave edilmeye başlanmıştır. Bu tür soğutucularda birbirine bağlı sirkülasyon vardır. Böylece, soğuk depolarda soğutucu madde pompa yardımıyla bütün depolara eşit olarak dağılabilmektedir^{8.12}.

ETLERİN SOĞUTULMALARI ESNASINDA OLUŞAN DEĞİŞİKLİKLER

Besin maddeleri, soğuk hava ile karşı karşıya bırakıldıklarında bünyelerinde oluşan değişiklikler, içerdikleri su miktarı ile yakından ilişkilidir. Soğutulan ette oluşan başlıca fiziksel olaylar şunlardır⁴:

- Suyun buharlaşması,
- Suyun buz kristalleri haline geçmesi,
- Rekrystalizasyon olayı.

Hayvansal orijinli besin maddelerinde su, intra veya extrasellüler olarak bulunur. Azalan ısıda, su molekülleri dipol karakterlerinden dolayı daha kompleks hale geçerler (Polyhidrol). Diğer bir deyişle su, iyon veya hidrofil kolloid parçacıkları etrafında hidrat kılıfı oluştururlar. Hidrat kılıfı içerisindeki bağlayıcı etkenlerin gücünde, dıştan içe doğru artış görülür. Doğrudan taşıyıcı moleküllere yerleşmiş olan su dipolleri, buradaki yüksek bağlayıcı etkenler nedeniyle buldukları yere sıkı sıkıya bağlandıklarından bunlara "bağlı su" adı verilir. Bağlı suyun az oranda basıncı ve çok az çözücü özelliği vardır. Isının düşüşüne paralel olarak etteki serbest su, immobilize olur ve bağlı suyun oranını artırır. Neticede çok iyi bir çözücü olan serbest su oranı azalarak, ette görülen kimyasal ve biyokimyasal olayların oluşmasını zorlaştırır^{1.2.5.6}.

Soğuk depolama süresince ette var olan sudan dolayı görülen yapısal değişiklikler, oluşan yüksek konsantrasyon değişikliğinden kaynaklanmaktadır. Buharlaşma yolu ile su kaybı, et yüzeyindeki çözeltinin konsantrasyonuna bağlı olarak yani yüzeydeki irreversibl denaturasyon, kıvrılmalar ve kurumaların oranına bağlı olarak yükselir. Etlер donduruldukları sırada görülen değişiklikler genellikle fiziksel yapıda şekillenmektedir. Az bir ısıda dondurulan etlerde donma hızı yavaş olduğundan, önce oldukça düşük konsantrasyonda olan hücreler arası doku sıvısı buz kristalleri haline geçer ve hücrenin etrafını çevirir. Hücre içerisinde bulunan ve daha yüksek konsantrasyona sahip olan sıvının donma derecesi et donmaya başladığı andaki sıcaklıktan daha düşüktür. Soğutulmuş fakat henüz donmamış hücre içindeki sıvının, yüksek buhar basıncı vardır. Buna karşılık, hücrenin çevresinde bulunan buz kılıfının basıncı daha düşüktür. Dolayısıyla bu iki madde arasında daima bir su buharı diffüzyonu söz konusudur^{4, 7, 8, 10, 12}.

Dondurma hızı az olan bir donmada, büyük kristaller halinde buz oluşumu her zaman sözkonusudur. Bu şekildeki donma olayı, hücre içi ve dışı basıncı eşit oluncaya veya hücre içi sıvısı tamamen donuncaya kadar devam eder. Yavaş donmalarda hücre zarı kıvrıntılı bir durum almakta ve hücre sıvısı konsantrasyonunun yükselmesiyle de bir takım kimyasal olayların oluşması kolaylaşmaktadır. Ayrıca, hücre aralarında oluşan büyük buz kristalleri, hücre zarını zedelemesi veya deforme etmesi her zaman beklenen bir olaydır. Büyük donma hızıyla dondurulan etlerin hücrelerinde yavaş dondurulmuş etlerde görülen bu mahzurlar, çok büyük oranlarda ortadan kalkmaktadır. Modern dondurma yapan işletmelerde uygulanan donma ısı dereceleri, hücre zarında oluşan zedelenmeleri en az seviyede tutacak ve küçük buz kristalleri oluşturacak şekildedir¹⁰.

Dondurulan etlerin kaliteleri gözönünde tutularak, uygulanacak donma hızının önceden bilinmesi gerekir. Büyük donma hızı ile dondurulan etlerde her ne kadar iyi kaliteli et elde ediliyorsa da, bazı sakıncaları da beraberinde getirmektedir. Örneğin, böyle etlerde etin yüzeyi hemen donmasına karşılık iç kısımları donmamakta ve dolayısıyla iç buhar basıncı artması neticesinde patlamalar oluşabilmektedir. Etlерin dondurulmasında veya depolanmaları sırasında uygulanacak ısı miktarları, et kalitesini ve sarfolunan enerji miktarını etkileyeceğinden önceden saptanması gerekir⁴.

Etlерin Donma Hızı Miktarları

Dondurma Yöntemi	Donma Hızı (cm/saat)
Çok yavaş dondurma	< 0,2
yavaş dondurma	0,2 . . . 0,1
çabuk dondurma	1,0 . . . 5,0
Çok çabuk dondurma	> 5,0

Modern yöntemlerle dondurulan etlerde oluşabilen küçük buz kristalleri, bu etlerin iyi depolanmamaları durumunda rekristalizasyon olayı ile yok olabilmektedir. Usulüne göre dondurulmuş etler, depolanmaları esnasında farklı ısı uygulamaları ile karşı karşıya bırakıldıklarında, içerdikleri küçük buz kristalleri yüzeyinde su

buharı diffüzyonu oluşmakta ve kristalciklerin birbiriyle birleşmesini sağlayarak rekristalizasyon şekillenmesine neden olmaktadır. Rekristalizasyon neticesinde de, hücre zarlarında büzülme, hücrenin deforme olması ve nihayet kalitenin bozulmasıyla fire oranının fazla olması görülür^{8.10}.

Et gibi çabuk bozulabilen ve yüksek oranda su içeren besin maddeleri, normalin üstünde relatif rutubet bulunan odalarda tutulursa bir takım tahlikelerle karşı karşıya kalmaktadırlar. Taze etin yüzeyinde rutubet oranı % 98—99 olduğuna göre, soğutma veya dondurma odalarının rutubeti dengeyi sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Soğuk odalarda ısı $-1 \dots \pm 1$ ve relatif rutubet miktarı en çok % 90—95 olmalıdır. Et ile oda rutubeti arasındaki buhar basıncı farkı eşit oluncaya kadar, et kurumaya devam eder. Soğutulma işleminde suyun buharlaşması, etin içinden dışına ve buradan da soğuk oda havasına rutubet geçişi şeklindedir. Rutubetin içten dışa doğru geçiş hızı ve et yüzeyinin büyüklüğü, etin çabuk kuruması üzerine etki eden iki önemli faktördür. Oda içerisindeki hava sirkülasyonu etin yüzeyindeki rutubet oranını azalttığından, yüksek hızda esdiği zaman buharlaşma yoluyla firenin büyük olmasına neden olur^{4.10.12}.

Etlerin soğutulduğu depoda mümkün olduğu kadar düşük ısı ve yüksek hava cereyanının kullanılması istenir. Uygulamada etlerin soğuk depolanması yapılırken fire oranının azaltılması için alınan önlemlerde bir takım zorluklarla karşılaşmaktadır. Isının fazla düşürülmesiyle etin yüzeyinin donması tehlikesi ortaya çıkmakta ve yüksek rutubet oranı uygulaması neticesinde de mikroorganizmaların üremeleri sakınca yaratmaktadır⁹. Rutubet miktarının % 5 oranında artırılması soğutma ısısının 1°C düşürülmesini gerektirmektedir. Bu bakımdan soğutmada uygun ısı ve rutubet miktarları teknolojik sınırlar içerisinde olmalıdır. Soğutma odalarında uygulanabilecek en yüksek rutubet oranı % 90—95 civarındadır. Rutubet miktarı % 75 ve ısı $+ 4^{\circ}\text{C}$ olan bir soğuk depodaki et firesi, yine rutubet oranı % 96 olan ve ısı 0°C olan soğuk depodaki et firesinden 7 kat daha fazladır^{7.10.12}.

KİMYASAL ve BİYOKİMYASAL DEĞİŞİKLİKLER

Ette oluşan kimyasal olaylar soğuk depo ısısının düşüşüne paralel olarak azalmaktadır. Isısının 10°C düşürülmesi kimyasal reaksiyonları $1/3$ veya $1/2$ oranında azaltmaktadır. Bu azalma etteki suyun buz haline geçmesinden kaynaklanmaktadır. Herşeye rağmen etteki enzim aktivitesi hiçbir zaman tamamen ortadan kalkmamakta ve uzun süren donmuş et depolamalarında kalite olumsuz etkilenmektedir. Et yağlarının oksidaz enzimi etkisiyle acılaştırma ve pankreas, lipaz, pepsin ve tripsin enzimleri aktivitesini $- 25^{\circ}\text{C}$ de dahi kısmen sürdürülebilmeleri etlerin uzun süre depolanmalarında sakıncalar ortaya çıkarabilmektedir. Donmuş etlerin çözülmesinden sonra, bazı enzimlerin aktivitesi tekrar eski halini alıp etkilerini sürdürmektedir. Pepsin, tripsin, labenzimi, trombin ve katalaz enzimleri $- 180^{\circ}\text{C}$ de dondurulup ve tekrar çözüldüklerinde aktivitelerinden hiçbir şey kaybetmezler. Bazı durumlarda, çözülmeden sonra aktivite artması dahi görülebilmektedir. Peroksidaz, trusinaz ve katalaz enzimlerini buna örnek olarak gösterebiliriz. Donmuş etlerde enzimlerin olumsuz etkileri daha çok aynı etin birkaç defa dondurulup çözülmelerinde ortaya çıkmaktadır. Etlerin soğuk işleme tabi tutulmalarında besi değerlerinin çok az oranlarda değiştiğini görürüz. Eğer, etler sadece soğukta bulunduruluyorsa besi değerlerinde azalma yalnız thiamin'de sözkonusudur. Etlerin dondurulmasında

görülebilen protein denatürasyonu, o etin besî değerinde bir değişiklik yapmadığı gibi yenilebilme özelliğini arttırmaktadır. Ancak, etlerin dondurularak depo edilme-lerinde (6 ay veya daha fazla) Vit. C. kaybı büyük olmakta, thiamin'de % 25, Ri-boflavin'de % 30 ve niasin'de % 10'a varan azalmalar görülebilmektedir. Bunun yanı sıra, donmuş etlerin çözünmesinde dışarı sızan et suyu ile beraber vitamin, mineral madde ve % 10'a kadar varan protein kaybı da olabilmektedir^{2 . 6 .}

MİKROBİYEL DEĞİŞİKLİKLER

Organik maddelerin mikroorganizma enzimleri tarafından parçalanmaları, o maddeyi oluşturan çözülmeyen yüksek moleküllü bileşiklerin çözünebilir hale gelmeleri veya çözültide bulunan bileşim maddelerinin mikroorganizmalar tarafından alınmaları neticesinde olmaktadır. Bu sırada gıda maddelerinin lezzeti olumsuz yönde etkilenmekte veya toksik parçalamaya ürünleri oluşmasıyla yenemez duruma gelmektedir. Gıda maddelerinde bulunan asetilkolin'in, toksik nöyramin haline geçmesi veya mikroorganizmaların doğrudan toksik madde yapmalarını (Botilismus ve stafülokok toksini gibi) buna örnek olarak gösterebiliriz. Besin maddeleri bileşenlerinin enzimatik parçalanması, kendi enzimleri veya mikroorganizmaların çıkardıkları enzimlerle olmaktadır. Her iki şekil parçalanmada prensip aynıdır. Mikroorganizmalar tarafından üretilen enzimler (ektoenzim), mikroorganizma ölsede aktivitelerini devam ettirirler. Enzimlerin aktiviteleri, ortamın ısısı, su miktarı ve pH değeri ile yakından ilişkilidir. Gıda maddelerinde bulunan enzimlerin aktiviteleri, normal pH değerinde içerdikleri su miktarına da bağlı olarak büyük oranda artmaktadır⁹.

Mikroorganizmaların çoğalmalarında en büyük etken buldukları ortamın ısısıdır. Mikroorganizmaların düşük ısıda üremelerinin önlenmesi; dondurulma veya soğutulma esnasında serbest su oranının azalması, mikroorganizma zararının zedelenmesi ve mikroorganizma bünyesinin biyolojik dengesinin bozulmasıyla olmaktadır. Mikroorganizmaların ölmesi için hücre plazmasının tamamen donması gerekir. Fakat, bazı mikroorganizmalar 0°C nin altında üremelerini sürdürebilmektedir^{4 . 9}.

Genellikle - 7°C nin altında mikroorganizmaların üreyebilmelerinin durduğu kabul edilmektedir. Daha düşük derecelerde üreyebilen mikroorganizmaların gıda maddelerini olumsuz yönde etkilemeleri pratikte yok denecek kadar azdır. Ancak mikrobiyel enzimler bu derecelerde faaliyetlerini sürdürebilmekte ve o gıda madde-sinin kalitesinin azalmasına neden olabilmektedir. Etlerin dondurulmasında mevcut mikroorganizmaların bir kısmı öldürölmektedir. Öldürölen mikroorganizma sayısı, uygulanan dondurma veya depolama yöntemine göre % 40 - 90 arasında değişmek-tedir. Bu değişim oranını etkileyen başlıca faktörler şunlardır^{4 . 8 . 9}.

- Etlerin donma hızının ve donmuş etin son ısısının değeri,

- Etlerin dondurulmuş olarak depolanmalarında uygulanan ısı, - 20°C den daha düşük ise bakteri ölüm oranının az olması.

Herşeye rağmen soğukla bakterilerin tamamının öldürölmesi sözkonusu değil-dir. Etlerin çabuk dondurma yöntemiyle dondurulup ve - 18°C de birkaç hafta depo edilmelerinde mevcut bakterilerin % 60 - 90 kadarının öldüğü kabul edilmek-tedir. Bu durum depolamada önem taşımaktadır. Bu kadar azaltılmış bakteri sayısı, donmuş etin kalitesini olumsuz yönde etkilemesi sözkonusu değildir. Ancak, aynı etin çözölmesiyle birlikte tekrar başlayan bakteri faaliyetleri, bozulmada etkili olabilmektedirler^{4 . 8 . 9 . 10}.

KARKASLARIN SOĞUTULMALARI ve DEPOLANMALARI

Kasaplık hayvan gövdelerinin soğukla konserve edilmesi yöntemini, diğer konserve yöntemlerinden ayıran tek unsur, soğutulmuş et kalitesinin aynen taze ette olduğu gibi kalmasıdır. Etlerin soğukla muhafaza edilmeleri sırasında besi değerlerinde bir azalma olmadığı gibi lezzetlerinde olgunlaşmadan dolayı olumlu yönde değişikliklerde görülebilmektedir. Gövde halindeki etler soğuk depoda birkaç hafta, dondurma depolarında 1 sene kadar bozulmadan kalabilirler^{4, 8, 10, 12}.

Etlerin soğuk ile konserve edilmeye başlanması, et teknolojisinde ekonomik ve hijyenik yönden önemli ilerlemelere neden olmuştur. Sağlık açısından sakıncası bulunmayan ve gerekli hijyenik kurallara uyularak kesilen bir hayvandan elde edilen etin genellikle bakteri içermemesi gerekir¹¹. Ekonomik yönden, sıcak gövde etin mümkün olduğu kadar çabuk soğutulması istenmektedir. Böylece etin içerdiği suyun buhar halinde dışarıya çıkması önlenir ve dolayısıyla fire daha az olur. $\pm 0 \dots 5^{\circ}\text{C}$ soğutulan etlerin önce $+ 15^{\circ}\text{C}$ de bir gece bekletilip sonra soğutulmaları ekonomik ve hijyenik açıdan uygun olmamasına rağmen, bu tür uygulama pratikte çok görülmektedir¹².

Sıcak gövdenin $+ 15^{\circ}\text{C}$ nin altında ve azalan bir sıcaklıkta soğutulmalarıyla kasların kontraksiyonları yavaş olmaktadır. Buna karşılık aynı gövdelerin doğrudan yani Rigor mortis şekillenmeden $+ 10^{\circ}\text{C}$ veya altında soğutulmalarında kas kontraksiyonları çabuk oluşmakta ve etler sert ve sulu bir durum alarak lezzetlerinde olumsuz değişiklikler meydana gelmektedir. Özellikle çok et üreten ülkelerde (Avustralya, Yeni Zellanda) sözkonusu olan ve ekonomik nedenlerden dolayı gövdelerin kısa zamanda ve düşük ısıda soğutulmalarıyla oluşan bu durum "Cold Shortening" diye isimlendirilmektedir. Koyun gövdeleri, sığır gövdelerinden daha küçük olduğundan "Cold Shortening" olayının belirtileri daha fazla olarak görülmektedir. Etlerin sertleşmesi olayı etin kalitesini oldukça olumsuz yönde etkilediğinden son zamanlarda "Cold Shortening" üzerindeki çalışmalar yoğunlaşmış ve oluşum şekli açıklığa kavuşturulmuştur⁴.

"Cold Shortening" olayının oluşum mekanizması şöyledir: Canlı organizmada oluşan enzimatik olaylar, hayvan kesildikten sonra da belli bir süre devam etmektedir. Canlı bir doku ile cansız doku arasındaki en önemli fark canlı organizmaya, enerji veren ve hücrede bir takım olayların oluşmasını sağlayan yeni maddelerin alınmasıdır. Ölü dokuda ise, ancak ölümlü esnasında var olan ve enerji içeren maddelerin kullanımı sözkonusudur. Bu maddeler harlandıktan sonra, kanla yeni maddelerin hücreye gelmesi durduğundan bir takım olaylar artık oluşamaz. Enerji yönünden zengin maddelerin en önemlileri birbirleriyle yakından ilgili olan glikojen, glikoz ve ATP dir. Örneğin glikojen, heksoz ve kreatin fosfat'ta bulunan enerji organizmada en sonunda ATP haline dönüşmekte ve ATP'ta tekrar parçalanmaktadır. Bu olaylar sonucunda kaslar sertleşmekte yani Rigor mortis olayı şekillenmektedir. ATP'in enzimatik olarak parçalanma süresi her hayvan türünde değişiktir. Rigor mortis'in tam oluşması için tavşan etinin 8 — 10 saat, domuz etinin 6 — 8 sa-

at ve sığır etinin 20 saat kadar bir süreye gereksinimi vardır. Demek oluyor ki, kasların kasılması ve gevşemesi için ATP'in varlığı gereklidir. Canlı organizmada bu olayların başlaması için bir sinir uyarısına gereksinim vardır. İşte bu uyarı sonucunda kasların sarkoplazmik retikulumundan Ca^{++} iyonları serbest hale geçerler ve komşu kasın kontraktıl liflerine giderler. Serbest halde bulunan Ca^{++} iyonları, kası harekete geçiren proteinlerin myofibrillerini çözerler. Bu sinir uyarıları son bulduğunda, Ca^{++} iyonları oluşan enerjinin yardımıyla da tekrar geri dönerler. Buradaki enerji, ATP'in enzimatik olarak parçalanmasından kaynaklanmaktadır. ATP'in bu şekilde çalışması, büyük ölçüde ısıya bağlıdır ve azalan ısıda etkisini kaybetmektedir. Eğer et kesimden sonra hemen $+10^{\circ}C$ nin altında soğutuluyorsa ATP'in çalışması ısıya bağlı olarak azalmakta ve "Cold Shortening" oluşumu için koşullar uygun olmaktadır.

Etlerin $+15^{\circ}C$ de veya daha üstünde saklanmalarında kas kontraksiyonu az şekillenmekte ve $+40^{\circ}C$ den $+18^{\circ}C$ ye düşen ısıda da hiç görülmemektedir. Diğer yönden enzimatik reaksiyonlar ve özellikle ATP'in parçalanması, azalan ısıda daima yavaşlamaktadır. Eğer, ATP'in parçalanma olayı kas kontraksiyonundan tek başına sorumlu olsaydı, ısı derecesi $\pm 0^{\circ}C$ ye düştüğünde kasılma olayı çok daha yavaş olacaktı. Ne var ki, gerçekte ısı $+12^{\circ}C$ ve altına düştüğünde kasılma olayının hızı artmakta ve ısı $\pm 0^{\circ}C$ olduğunda kaslarda % 50 oranında bir kısalma görülmektedir. Bu durum, $+15^{\circ}C$ nin altında kasın sarkoplazmatik retikulumundan kaynaklanan kalsiyum iyonlarının serbest hale geçmelerinin yavaşlaması ve dolayısıyla kaslarda yavaş olarak oluşan post mortal kontraksiyonlarının hızlanmasına da bağlıdır. Böylece, normal bir Rigor mortis olayını geçirmeyen etlerin, kas fibrillerinde düzensiz kısaltmalar oluşmakta ve bu şekilde deforme olmuş etlerin pişirilip yenmesinde sert bir kıvam oluştuğu gözlenmektedir.

"Cold Shortening" olayının biyokimyasal açıklaması bu olayın oluşmasını ve dolayısıyla etlerin sert bir kıvam almasını önlenmesinde yardımcı olmaktadır. Etlerin sert bir kıvam almalarının önlenmesinde başlıca iki yöntem uygulanmaktadır:

Kalsiyum kaynağı henüz zarar görmemiş ve fonksiyonlarını yapabilen yeni kesilmiş bir ette, enerjiden zengin maddelerin parçalanması devam etmektedir. ATP'in parçalanmasından sonra kalsiyum iyonlarının serbest kalması artık kasları kısaltıcı olarak etki etmemektedir. Çünkü, gerekli olan enerji artık ATP üzerinden sağlanamaz. Ancak, bu durumun ortadan kaldırılması için pratikte bazı uygulamalara başvurulmaktadır. Bunlardan bütün dünyada en çok kullanılanı şudur: Henüz yeni kesilmiş bir hayvandan elde edilen et birkaç saat veya bir gece $+15^{\circ}C$ de bekletilip sonra soğutulması veya kesimden hemen sonra 3000 V luk bir elektroşok'a tabi tutulan etlerin $+15^{\circ}C$ de 2-3 saat bekletilmesidir. Hatta, bu gövdelerin bir kaç kere 250 V luk şok'a tabi tutulmalarının da aynı neticeye vardığını söylemektedir.

Etlerin $+15^{\circ}C$ de bekletilmelerinden sonra hemen soğutulmaya alınmasıyla sertleşmenin önlenmesi "Conditioning" yöntemi ismi altında bilinmektedir. Bu terimden kısaca ette post mortal biyokimyasal olayların kontrollü bir şekilde oluşması ve etin sıcaklığının $+10^{\circ}C$ nin altına düştüğünde "Cold Shortening" olayının görülmemesi anlaşılmalıdır. Her ne kadar "Conditioning" sistemi yavaş yöntemle et soğutulmasına benziyorsa da, son zamanlarda ileri tekniklerle üretilen soğutma

aletleri yavaş yöntemdeki sakıncaları ortadan kaldıracak özelliğe sahiptirler. Etlerin bu şekilde soğutulmasında "Cold Shortening" olayının görülmemesinin nedeni henüz tam olarak aydınlığa kavuşturulmamıştır. Buna elektroşok'un etkisi ile ette pH'nın çabuk düşmesi ve dolayısıyla glikolitik parçalanmanın çabuklaşmasıyla bu olayı izah edilmektedir. Herşeye rağmen bu yöntem pratikte yaygın olarak kullanılmaktadır.

Etlerin sert kıvam almalarının önlenmesinde uygulanan diğer yöntemde şöyle açıklanmaktadır:

Bir kasın kasılması olayı ancak, o kasın kasılmasına neden olan kuvvetin, yine aynı kasın uzamasını sağlayan kuvvetten büyük olduğu zaman olasıdır. O halde kasılma olayı, diğer bir deyimle "Cold Shortening" olayı kasın uzamasının aksi yönünde etki eden bir kuvvet olarak tanımlanabilir. Bu durum iki ayrı şekilde aydınlatılmaya çalışılmaktadır. Bunlardan ilk metod çok kullanılmakta ve şöyle ifade edilmektedir:

Her gövdenin kendi ağırlığı aynı zamanda kas kontraksiyonunu önleyici olarak etki etmektedir. Gövdelerin kesimden sonra asılmalarında gövdenin ağırlığı kasların kısılmasına etki eden kuvvetten daha fazla olmasından dolayı etlerde istenen gevreklik sağlanmaktadır. Ancak, bu esnada etlerin kıymetli kısımlarının gevrekliği tam olarak sağlanamadığı da bir gerçektir. Bundan dolayı gövdelerin Foramen obturatum'dan asılmaları önerilmektedir.

Etlerin sertleşmelerinin önlenmesinde kullanılan diğer uygulamada, etlerin çabuk olarak yani "Cold Shortening" olayı şekillenmeden dondurulmaları gerekmektedir. Daha sonra aynı etler -3°C ye kadar ısıtılırlar. Bu durumdaki etler donma özelliklerini korumalarına rağmen, içerilerinde ATP'in ve glikojenin parçalanmalarını sağlayacak kadar su bulunabilmektedir. Böyle etlerin daha sonra çözülüp soğukta depo edilmeleri esnasında artık "Cold Shortening" in şekillenmesi söz konusu değildir. Anlatılan bu yöntem, daha çok küçük et parçaları için kullanılmakta aksi takdirde ekonomik olmamaktadır^{2,4,6}.

KAYNAKLAR

1. FORREST — ABERLE — HEDRICK — JUDGE — MERKEL (1975): *Principel of food Sciens.* W.H. Freeman and Company San Francisco.
2. HAM, R. (1972): *Kolloidchemie des Fleisches.* Paul Parey Verlag. Berlin.
3. HANSJÜRGEN, J. (1979): Wertminderung von Gefrierfleisch durch Ammoniak nach Bruch der Kühlleitung. *Fleischwirtschaft* 11. 1632.
4. HEINZ, G. (1977): Kühlen und Gefrieren von Fleisch aus neuer sicht. *Fleischwirtschaft* 1. 21.
5. KRISPIEN, K.W. RÖDEL und L. LEISTNER (1979): Vorschlag zur Berechnung der Wasseraktivitaet von Fleischerzeugnissen aus den Gehalt von Wasser und Kochsalz. *Fleischwirtschaft* 8. 1173.
6. KRYŁOWA — LJASKOWSKAJA (1976): *Biochemie des Fleisches.* VEB Fachbuchverlag Leipzig.
7. LANG, O. (1977): Der Gewichtverlust und sein Einfluss auf die Betriebskosten der Kaelteanlagen. *Fleischwirtschaft* 5. 950.

8. LIENHOP, E. (1967): **Handbuch der Fleischwarenherstellung**. Verlag Günter Hempel — Braunschweig.
9. NOSKOWA (1975): **Mikrobiologie des Fleisches bei Kühlung**. VEB Fachbuchverlag — Leipzig.
10. SCHORMÜLLER, J. (1968): **Handbuch der Lebensmittelchemie**. Band III, Teil 2.
11. YILDIRIM, Y. (1971): **Verschiedene Methoden der bakteriologischen Betriebskontrolle in Fleischwarenbetrieben unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen des Keimgehaltes**. Inaug. Dissertation. München.
12. ANONİM (1978): **Fleischverarbeitung**. VEB Fachbuchverlag — Leipzig.