

Pigmentler ve Et Rengi

Yrd. Doç. Dr. A. Hamdi ERTAŞ

A.Ü. Z.F., Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı — ANKARA

GİRİŞ

Renkli bileşikler içerisinde et rengi için en önemli olanları hemoglobin ve myoglobindir ve miktar olarak da en fazla bulunan pigmentlerdir.

Myoglobin ve hemoglobin'in her ikisinde protein kompleksleridir. Bu pigmentlerin kimyasal yapılarının birbirine benzemesi yanında canlı dokulardaki fonksiyonları da birbirine benzer. Çünkü, hayvanın metabolik aktivitesi için gerek myoglobin, gerekse hemoglobin oksijen ile birleşmek zorundadır. Myoglobin ve hemoglobinin fonksiyonları birbirine benzemesine rağmen işlevleri tamamen farklıdır. Hemoglobin; kan dolaşımında dokulara oksijen taşıyıcı olarak rol alır. Bu nedenle hemoglobin, «kan pigmenti» olarak isimlendirilir. Buna karşılık myoglobin, kaslarda dominant pigmenttir ve oksijenin kas hücrelerinde depolanmasında rol alır. Bu nedenle myoglobin, «kas pigmenti» olarak isimlendirilir.

Canlı hayvanlarda dominant olarak pigment hemoglobindir. Hayvanın kesimi sonucunda hemoglobinin büyük bir çoğunluğu kan ile uzaklaşır ve myoglobin ette en önemli pigment haline geçer. Canlı hayvanda toplam demir'in ancak % 10'u myoglobine bağlı olarak bulunmasına rağmen, hayvanın kesiminden sonra, hemoglobin'in kan ile uzaklaşması sonucu myoglobine bağlı olarak bulunan demir'in miktarı % 95'e kadar ulaşabilir. Bununla beraber, hemoglobin miktar olarak hala vardır ve et renginde rol oynayabilir.

Zira bir hayvanın vücut ağırlığının 1/11-14'i kandır. Kesim sonrası kanın iyi bir şekilde akıtılması ile, toplam kanın ancak % 50-60'ı uzaklaştırılabilir. Bunun sonucu olarak da farklı kaslar, kasın tabiatına göre az yada çok kan ihtiva edebilirler. Örneğin Psoas major ve L. dorsi kaslarının toplam pigmentlerinin yaklaşık % 10-25'i kan pigmenti olan hemoglobinden ileri gelir.

Farklı dokularda myoglobin ve hemoglobin'in miktarı; 1) dokunun kas aktivitesine, 2) dokunun kan ikmaline, 3) dokunun oksijen durumuna ve 4) hayvanın yaşına göre değişir.

Kas aktivitesi yüksek olan dokular, myoglobin ve hemoglobinin her ikisini de fazla miktarlarda ihtiva ederler. Bu dokularda toplam pigmentin az bir kısmını myoglobin teşkil etmesine rağmen, bu dokulardaki myoglobin miktarı diğer dokulardan daha fazladır. Örneğin kalp, vücutta en aktif kastır ve fazla miktarda oksijene gereksinimi vardır. Bu nedenle myoglobin ve hemoglobinin her ikisini de % olarak en fazla içeren kas, kalp kaslarıdır.

Temiz kan sağlayan dokular, kirli kan ihtiva eden dokulardan daha fazla hemoglobin ve daha az myoglobin ihtiva ederler. Örneğin kuşların kanat kasları, fazla miktarda oksijene gereksinim duyulan kaslardır. Bu nedenle kuşların kanat kaslarındaki myoglobin miktarı, onların diğer iskelet kaslarından daha azdır. Bu dokularda gereksinim duyulan oksijen ancak temiz kan ile ikmal edilebilir.

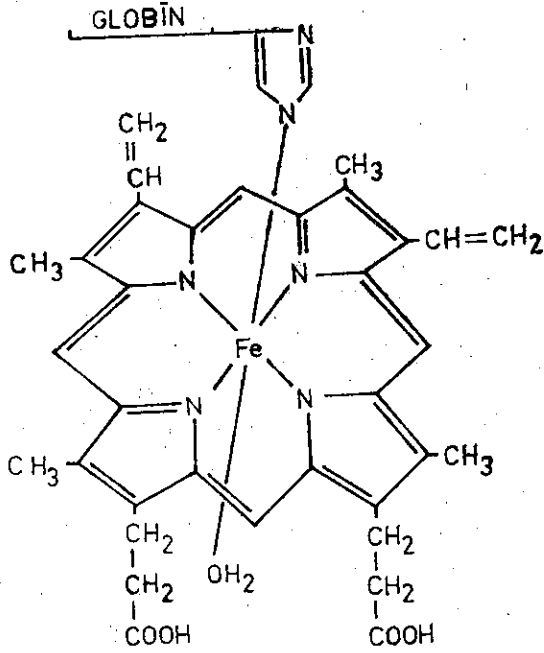
Dokular fazla miktarda oksijen depo edebiliyorlarsa, bu dokularda myoglobin % olarak yüksektir ve hemoglobin miktarı düşüktür. Örneğin balinalar, suya dalarak uzun süre teneffüs etme kabiliyetine sahiptirler. Bu özellik, onların iskelet kaslarının fazla oranda myoglobin içermesinden ve buna bağlı olarak fazla miktarda oksijen depolamasından ileri gelmektedir.

Yaş yönünden ise, genç hayvanlar aynı türün yaşlı hayvanlarına göre % olarak daha az myoglobin ve daha fazla hemoglobin ihtiva ederler. Aşağıdaki değerler, farklı hayvanların taze kaslarında myoglobin miktarını göstermektedirler.

Dana eti	1 - 3 mg/g
Siğir eti	4 - 10 mg/g
Yaşlı siğir eti	16 - 20 mg/g
Genç domuz eti ...	1 - 3 mg/g
Yaşlı domuz eti ...	8 - 12 mg/g
Kuzu eti	3 - 8 mg/g
Koyun eti	12 - 18 mg/g

Myoglobin ve Hemoglobin'in Yapısı :

Myoglobin ve hemoglobin esas olarak aynı reaksiyonları yaparlarsa da farklı yapıya sahiptirler. Bu iki pigment, globin olarak bilinen bir protein ile protein olmayan ve demir ihtiva eden bir bileşiğin birleşmesiyle oluşan bir protein kompleksidir (Şekil 1). Heme gruplarının demir çekirdeğinden globin ile birleşmesi sonucu myoglobin veya hemoglobinden biri oluşur.



Şekil - 1. Myoglobin Molekülü

Molekülün demir ihtiva eden kısmı «Heme» olarak isimlendirilir ve iki kısımdan oluşmuştur. Bu kısımlar demir atomu ve **porphyrin** olarak isimlendirilen **planar halkasıdır**.

Porphyrin; 4 adet heterocyclic pyrol halkasının methene (metin) (= CH—) köprüleriyle birbirine bağlanmasıyla oluşmuştur. Pyrol çekirdeğinde yer alan yan gruplar birbirlerinden farklıdır. Bu yan grupların üç farklı çeşidi vardır. Bunlar metil (—CH₃), (M); Vinyl (—CH = CH₂), (V) ve propyl (—CH₂ — CH₂ — COOH), (P) gruplarıdır. Şekil 1'de gösterilen porphyrin, tabii olarak meydana gelmesi mümkün olan birçok porphyrin bileşiklerinden bir tanesidir. Yan grupların dizilişine bağlı olarak 9 adet izomer gösterdiği bilinmektedir.

Myoglobin ve hemoglobinin globin olarak bilinen protein kısmı birbirine benzemesine

rağmen, bu yapıda aminoasitlerin diziliş sıraları farklıdır ve iki pigment arasındaki farklardan biri budur.

Myoglobin ile hemoglobin arasındaki farklardan bir değeri, bir myoglobin molekülünün sadece bir adet «heme» grubu içermesine karşılık, hemoglobin molekülünün 4 adet «heme» grubu içermesidir. Böylece, myoglobinin molekül ağırlığı 16.000 - 17.000 olduğu halde, hemoglobinin molekül ağırlığı bunun yaklaşık 4 katı olan 64.000 dir. Hemoglobinin molekül ağırlığı, myoglobinin molekül ağırlığından yaklaşık 4 kat fazla olmasına rağmen myoglobin ile hemoglobinin oksijen bağlama kapasiteleri aynıdır. Yani bir heme grubu içeren myoglobinin bağladığı oksijen miktarını, 4 heme grubu içeren hemoglobin bağlayabilmektedir.

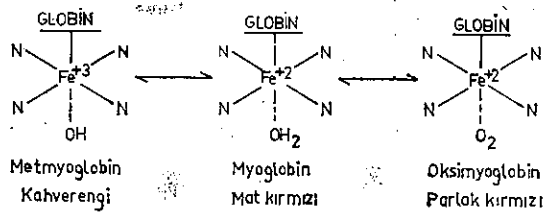
Ayrıca, hemoglobin ve myoglobindeki heme grubunun oksijene karşı affinitesi farklıdır. Myoglobindeki heme grubunun oksijene karşı hemoglobin tarafından taşınan oksijenin, kan aktivitesi daha fazladır. Bu özellik nedeniyle hemoglobin tarafından taşınan oksijenin, kandan hücrelere transferi kolaylaşır. Kapillar damarlarla hücrelere ulaşan kan pigmentinin taşıdığı oksijenin, kapillar damarlardan hücrelere aktarımı myoglobinin oksijene karşı affinitesinin daha fazla olmasındandır.

Şekil 1'e tekrar bakıldığında, myoglobin molekülünün ortasında bulunan santral demir atomu 6 adet bağa sahiptir. Bu demir atomu hiç bir elektronunu vermeye malik değildir, fakat diğer atomlardan 6 çift elektron almıştır. Bu elektronların 5 çifti nitrojenlerden, 1 çifti de oksijenden alınmıştır. Nitrojenlerden alınan 5 çift elektrondan 4 çifti, porphyrin halkasındaki nitrojen atomlarından ve 1 çifti de globin'in aminoasit zincirindeki histidin'in imidazol grubundaki nitrojen atomundan alınmıştır.

6. bağ, molekülün fonksiyonu için elektron çiftini vermeye malik tek bağıdır ve herhangi bir atom ile kompleks teşkil etmek için hazır haldedir. Fakat bütün atomlar bu elektron çiftini alma kabiliyetine sahip değildir. Belli şartlar altında sadece oksijen, nitrojen, karbon ve flor bu elektron çiftini alabilirler ve myoglobinin çeşitli derivatlarını oluştururlar. Yani myoglobin ve hemoglobinin her ikisinde de pigment regnini, demir atomuna bağlı olan (—OH₂) radikal grubu tayin eder.

Bağ Tipleri ve Pigment Rengi :

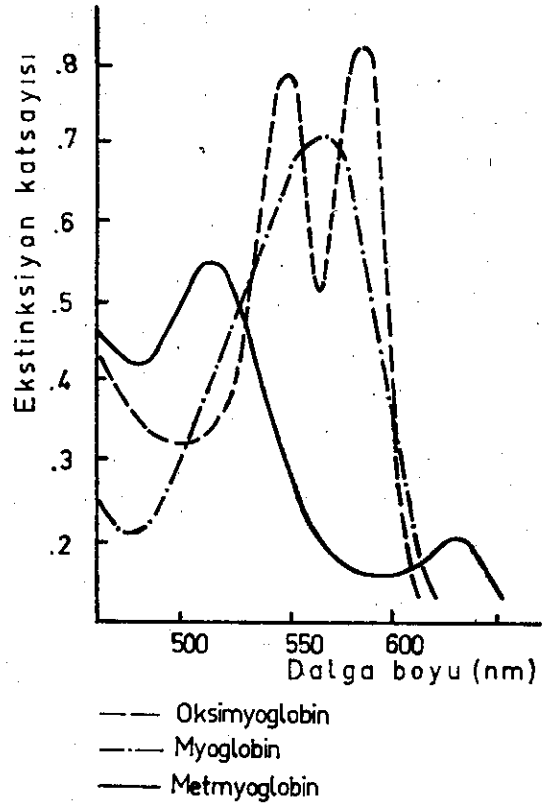
Yaşayan dokuda pigment maddesi, indirgenmiş formda, mat kırmızı renkteki myoglobin (+2) ve oksijene olmuş, parlak kırmızı renkteki oksimiyoglobin (+2) halinde dengeli bir şekilde bulunur. Ölüm olayından sonra dokudaki oksijen hızla azalır ve pigment mat kırmızı halde kalır. Bu durumda pigmentteki demir FERRO (Fe^{+2}) yada FERRİ (Fe^{+3}) formlar halinde kovalent bağlı durumdadır. Kovalent form et rengi için önemlidir. Bu nedenle taze ve işlenmiş (kür edilmiş) etlerdeki bütün kırmızı renk pigmentleri kovalent bağlı olan gruptandır. Bunlardan oksimiyoglobin; myoglobin'in oksijen ile, nitrosomyoglobin; myoglobin'in nitrik oksit ile ve karboksimiyoglobin; myoglobin'in karbonmonoksit ile yapmış olduğu ferro (+2) formdaki kovalent bileşiklerdir. Diğer yandan okside olmuş myoglobinde -ki bu metmyoglobindir - renk kahverengi ve demir ferri (Fe^{+3}) formdadır. Şekil 2, myoglobin molekülündeki demire bağlı radikal grupları ve bu grupların demir atomunun değerliliğine etki ederek, taze et rengi üzerine olan etkisini göstermektedir.



Şekil 2. Heme molekülünün şematik diyagramı farklı radikal grupların et rengine etkisi

Pigmentlerin ihtiva ettikleri kovalent bağlar, spektral olarak farklı dalga boylarında verdikleri maksimum piklerle karakterize edilir. Parlak kırmızı renkte olan; taze etteki oksimiyoglobin, kür edilmiş etlerdeki nitrosomyoglobin ve myoglobin ile karbonmonoksidin kombinasyonu olan karboksimiyoglobin 535 - 545 nm de ve 575 - 585 nm'de maksimum pikleri verirler ve bu piklerle karakterize edilirler. Koyu kırmızı renkteki myoglobin 555 nm de maksimum piki verir ve belirli dağılımlı piklerle karakterize edilir. Kahverenkte olan metmyoglobin ise maksimum piki 505 nm de verir. Myoglobin, oksimiyoglobin ve metmyoglobin'in ab-

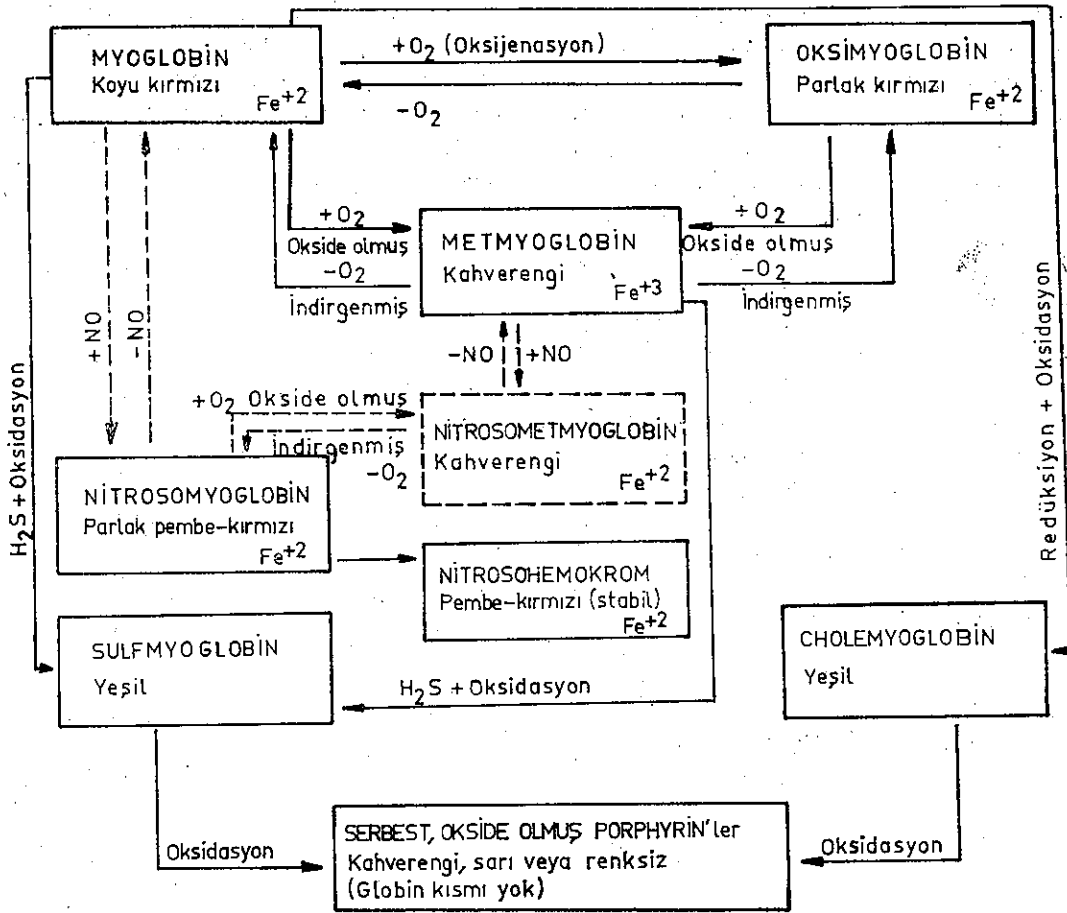
sorbsiyon spektrumları Şekil 3'de gösterilmiştir. Bu bileşiklerin tümü, et ürününün rengini belirler. Böylece belli dalga boylarında okunan değerlerle, etteki myoglobin, oksimiyoglobin ve metmyoglobin'in miktarlarını % olarak saptamak mümkündür.



Şekil 3. Taze ette myoglobin, oksimiyoglobin ve metmyoglobin'in absorpsiyon spektrumları

ET Rengi :

Hayvanın kesiminden sonra kaslarda oksijen tedariki düşer ve oksimiyoglobin taşıdığı oksijen, oksidatif metabolizma için solunum enzimlerince kullanılır. Böylece oksimiyoglobin, myoglobin haline dönüşür. Et parçalandığında, açıkta kalan et yüzeyi myoglobin'in koyu kırmızı rengine sahiptir. Birkaç dakika havaya maruz kalan myoglobin et yüzeyinde oksijen ile birleşerek (oksijene olarak) oksimiyoglobin formuna geçer. Bu durumda et, arzulanılan parlak kırmızı renktedir. Bu nedenle taze ette pigmentin en önemli kimyasal formu oksimiyoglobindir ve yalnızca et yüzeyinde oluşur (Şekil 4).



Şekil 4. Kas pigmentinin kimyasal reaksiyonları

Çiğ ette, cytochrome enzimleri ölüm sonrası belli bir zamana kadar hala oksijen kullanmaya muktedirlerdir. Kesimden sonra, etin iç kısımlarında oksijen yoktur, fakat et havaya açık bırakılacak olursa, yüzeyden itibaren belli derinliğe kadar hava et içerisine diffüze olur ve oksimiyoglobin oluşur. Havanın ete difüzyon derecesi ile cytochrome enzimlerinin oksijeni kullanımı arasında bir denge noktası meydana gelir. Bu denge noktası, oksijen penetrasyon derinliğinin % 84'ü civarında oluşur ve bu noktada myoglobin/oksimiyoglobin oranı 1/1 dir. Denge noktasının üzerinde oksimiyoglobin dominant haldedir ve oksimiyoglobinin arzulanan pembe - kırmızı rengi gözlenir.

Penetrasyon derinliği $d = \sqrt{2c_0 \cdot D/A}$ eşitliğinden faydalanılarak bulunur. Formüldeki;

c_0 : yüzeydeki oksijen basıncı

D : difüzyon katsayısı

A : tüketim katsayısı'dır.

Değişik kasların solunum aktivitelerinin farklı olması, penetrasyon derinliğinin farklı olmasına neden olur. Örneğin, solunum aktivitesi yüksek olan at Psoas kası, 0°C de 1 saat süre ile havaya maruz bırakıldığında, oluşan oksimiyoglobin tabakasının derinliği 0.94 mm olarak saptanırken, solunum aktivitesi daha düşük olan at L. dorsi kasında bu derinlik 2.48 mm olarak saptanmıştır. Ayrıca, oksimiyoglobin tabakasının kalınlığına sıcaklık da etkilidir. Düşük sıcaklıkta muhafaza edilen etlerin oksimiyoglobin tabakalarının kalınlığı daha fazladır. Zira düşük sıcaklıkta solunum enzimlerinin aktiviteleri düşüktür. Örneğin 0°C de oluşan oksimiyoglobin tabakasının kalınlığı, 20°C dekinden çok daha fazladır.

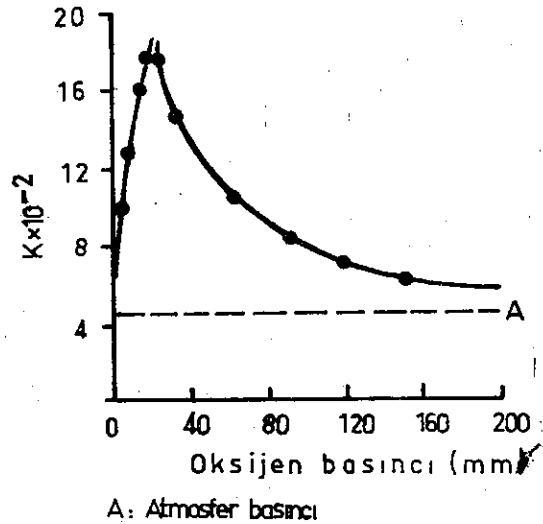
Eğer ölüm sonrası etin son pH sı yüksek ise cytochrome enzimlerinin aktivitesi de yüksektir. Ayrıca yüksek pH, kas proteinlerinin izo - elektrik noktalarının da artmasına neden olur ve bunun sonucu olarak kastaki suyun büyük bir kısmı proteinlere sıkı bir şekilde bağlı kalır. Bu iki faktörün sonucu olarak - yani cytochrome enzimlerinin aktivitesinin yüksek olması ve proteinlerin izo - elektrik noktalarının yüksek olması - oksimiyoglobin tabakası çok düşük düzeyde meydana gelir. Myoglobin et yüzeyinde dominant halde kalır ve et koyu kırmızı renkte gözükür (Dark cutting; kara kesim).

Ayrıca yüksek pH, myoglobinin absorpsiyon özelliğini de değiştirir ve eti, olduğundan daha koyu renkte gösterir.

Diğer taraftan, beyaz kaslar olarak isimlendirilen kaslarda, et çok soluk bir renktedir. Bunun nedenlerinden biri myoglobin miktarının çok az olmasındandır, diğeri ise pigmentteki kimyasal değişikliklerdir. Pigmentteki kimyasal değişiklikler ya pH düşüş derecesinin çok hızlı olmasındandır (bu sırada ölüm sonrası karkas sıcaklığı da yüksektir ve myoglobini de ihtiva eden sarkoplazmik proteinler düşük pH dan etkilenirler) veya etin son pH sın çok düşük olmasındandır. Her iki durumda da et, myoglobinin metmyoglobine oksidasyonuna neden olan şartlardan etkilenir ve pigmentin renk intensitesi düşer. Böylece et yüzeyi, ışığı yansıtır ve soluk (açık) renkli olarak gözükür.

Et yüzeyinde meydana gelen arzulanmayan en önemli pigment formu metmyoglobindir. Myoglobinin yaklaşık % 60'ı metmyoglobin formuna dönüştüğünde, et yüzeyinde gözlenen renk kahverengidir. Bekletilmiş etlerin yüzeyinde gözlenen bu renk metmyoglobinin tipik rengidir ve pigmentin bu formu oksijen bağlamaya malik değildir. Daha önce de belirtildiği gibi, et parçalandığında yüzeyde gözlenen renk myoglobinin koyu kırmızı rengidir. Et birkaç dakika havaya maruz kaldığında myoglobin oksijene olarak oksimiyoglobin formuna dönüşür ve arzulan parlak kırmızı renklidir. Fakat, havaya maruz kalma süresi uzadıkça et yüzeyi hiç de arzulanmayan kahverenkli bir hale gelir. Kahverengin et yüzeyinde gözlenmesi, myoglobinin okside olarak metmyoglo-

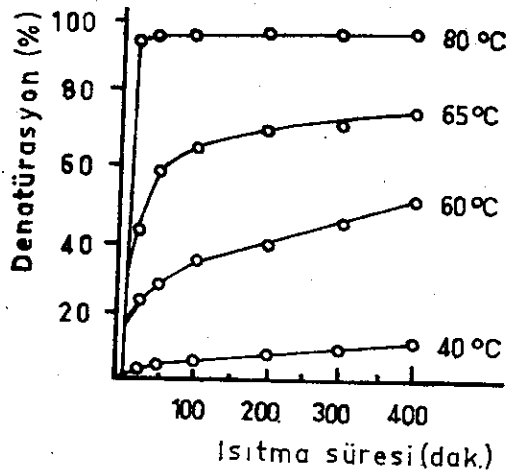
bine dönüşmesindedir (Şekil 4). Pigmentin bu üç formu (Oxymyoglobin, myoglobin ve metmyoglobin) birbirine dönüşümlü olmasına rağmen, metmyoglobinden myoglobine dönüş çok yavaştır veya şartların çok iyi olmasına bağlıdır. Oksijen olduğu zaman myoglobin, oksimiyoglobin ve metmyoglobinin her ikisine de dönüşür. Böylece myoglobinin, oksijene olarak oksimiyoglobine dönüşmesi ve okside olarak metmyoglobine dönüşmesi halinde, her iki durumda da myoglobin miktarı sabittir. Oluşan oksimiyoglobin ve metmyoglobinin % miktarları oksijen basıncına bağlıdır. Düşük oksijen basıncı metmyoglobin oluşumunu hızlandırırken, buna karşılık yüksek oksijen basıncı, oksimiyoglobin oluşumunu hızlandırır. Metmyoglobin oluşumu, 4 mm oksijen basıncından en yüksek düzeydedir (Şekil 5).



Şekil 5. Kas pigmentinin oksidasyon derecesi ile oksijen basıncı arasındaki ilişki.

Pişmiş etteki başlıca pigment formu, kahverenkli globin - myohaemichromogendir. Pişmiş ette kahverenk oluşumu, normal olarak et kalitesinin beklenen bir özelliğidir ve taze etteki kahverenk oluşumundan farklıdır. Biraz önce belirtildiği gibi, taze etteki kahverenk oluşumu, pigmentin oksidasyonu sonucu metmyoglobine dönüşmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Halbuki etin pişmesi sonucu oluşan kahverengi renk; pigmentin oksimiyoglobin, myoglobin yada metmyoglobin formlarının ısınin tesiriyle protein kısmının denatüre olmasındandır (Tablo 1). Myoglobin, ısıya dayanıklı

en önemli sarkoplasmik proteinlerden biridir. Nitekim 60°C den düşük sıcaklıklardan fazlasıyla etkilenmez fakat 80-85°C ler arasında hemen hemen tamamen denatüre olur. Pişirme sırasında pigmentte olacak değişiklikler; pişirme tipine, süresine ve sıcaklığa bağlıdır. Et, 60°C de pişirildiğinde, rengi parlak kırmızıdır, 60-70°C de pişirildiğinde pembe kırmızı ve daha yüksek sıcaklıklarda pişirildiğinde ise kahverengidir (Şekil 6). Myoglobin'in denatü-



Şekil 6. Sığır etinde, myoglobinin denaturasyonuna sıcaklığın etkisi.

rasyonu 65°C nin altında, sıcaklıktan daha çok, enzimatik etkiden meydana gelmektedir.

Pişmiş etin kahverengi rengi, büyük oranda pigmentin denatüre olmasındandır, ayrıca karbonhidratların karamelizasyonu ve indirgen şekerler ile amino - gruplar arasındaki maillard tipteki reaksiyonlar da kahverenk oluşumuna etki eden faktörlerdir.

Taze etteki myoglobin, oksimiyoglobin ve metmyoglobin formlarında, pigmentlerin birbirine dönüşümleri sırasında, pigmentin yapısında herhangi bir değişme yoktur yani hematin çekirdeğine dokunulmamıştır ve protein kısmı tabii formundadır, fakat pigmentin rengi ve demir'in değerliliği farklıdır. Et ısıtılınca (pişirme gibi), molekülün globin kısmı denatüre olur fakat hematin çekirdeği, kahverenkteki globin - myohaemichromogen ve kür edilmiş etlerdeki parlak kırmızı renkteki nitrikoksit-myohaemochromogen de olduğu gibi hala dokunulmadan kalmıştır (Tablo 1). Böylece pişi-

rilmiş etteki renk bileşikleri genelde denatüre olmuş haemoproteinlerdir.

Pazarlama açısından renk, etin en önemli özelliklerinden biridir. Zira tüketici, eti satın almadan önce rengine göre hüküm verir. Oksimiyoglobinin parlak kırmızı renginin arzulanması nedeniyle, taze etler genellikle oksijen geçirgen paketleme materyallerine yerleştirilir. Fakat birkaç gün sonra - her türlü donma sıcaklığında depolansa bile - pigment, kahverenkteki metmyoglobine dönüşmeye başlar veya diğer etkilerle (düşük pH, sıcaklık, tuzlar, UV ışık) pigmentin globin kısmının denatüre olmaya başlaması ile gene kahverenkteki myohaemichromogen'e dönüşmeye başlar. Bu nedenle oksijen geçirgen paketleme materyallerin kullanımı uygun değildir.

Eğer et vakumunda paketlenmişse, paket içerisinde oksijen yoktur ve oksijen girmesi de söz konusu değildir. Oksijen olmadığında cytochrome enzimlerinin kalıntı etkisi, metmyoglobini indirgeme kabiliyetindedir. Bu nedenle, metmyoglobinin bir kısmı, cytochrome enzimlerinin kalıntı etkisiyle indirgenir ve metmyoglobinin kahverengi renginin yerini myoglobinin koyu kırmızı rengi alır. Oksijen geçirmeyen materyaller içerisinde vakumlu olarak paketlenmiş etler, dondurulmuş koşullarda uzun süre saklanabilmektedir. Bu şekilde ambalajlanmış etlerin satışından önce, sarılık bulunduğu ambalaj materyali (film) uzaklaştırılarak reoksijenasyona maruz kalması sağlanırsa, oksimiyoglobin oluşacağından et yüzeyinde parlak kırmızı renk gözlenir.

Etlerin ambalalanması sırasında CO gazının kullanılması da bir alternatif olarak söylenebilir. Zira, CO ile myoglobinin kombinasyonu sonucunda karboksimiyoglobin oluşmaktadır ve bunun rengi de cherry - kırmızısıdır. Hatta bu bileşik, oksimiyoglobinden daha fazla stabildir. Bu yöntemle ambalajlanan etler, buzdolabı şartlarında (+ 3°C) 15 gün renk stabilitelerini koruyabilmektedirler. Ayrıca, CO ve oksijen gazlarının karışımı ile de, oksimiyoglobinin parlak kırmızı renginin korunmasında başarılı sonuçlar alınmıştır. CO'in et rengini olumlu yönde geliştirmesi yanında mikrobiyel gelişmeyi de engellediği bilinmektedir.

Tablo 1. Taze, kür edilmiş veya pişirilmiş ette bulunan pigment formları

Pigment	Oluşumu	Demir'in değeri	Hematin'in durumu	Globin'in durumu	Renk
1. Myoglobin	İndirgenmiş metmyoglobin. Oksijenini kaybetmiş Ok-simiyoglobin	2	Değişmemiş	Tabii formda	Koyu kırmızı
2. Oksimiyoglobin	Oksijene olmuş myoglobin	2	Değişmemiş	Tabii formda	Parlak kırmızı
3. Metmyoglobin	Okside olmuş Myoglobin veya Oksimiyoglobin	3	Değişmemiş	Tabii formda	Kahverengi
4. Nitrik oksit myoglobin (nitrosomyoglobin)	Nitrik oksit ile myog-lobinin kombinasyonu	2	Değişmemiş	Tabii formda	Parlak pembe - kırmızı
5. Nitrik - oksit metmyoglobin (nitrosometmyoglobin)	Nitrik oksit ile metmyog-lobinin kombinasyonu	3	Değişmemiş	Tabii formda	Fes rengi (bordo - kırmızı)
6. Globin myohaemo-chromogen	Myoglobin ve oksimyo-globine sıcaklığın etkisi	2	Değişmemiş	Denatüre olmuş	Mat kırmızı
7. Globin myohaemi-chromogen	Myoglobin, oksimiyoglobin, metmyoglobin ve myohaemochromogen'e sıcaklığın etkisi	3	Değişmemiş	Denatüre olmuş	Kahverengi
8. Nitrik - oksit myohaemochromogen	Nitrik - oksit myoglobine sıcaklığın etkisi	2	Değişmemiş	Denatüre olmuş	Parlak pembe - kırmızı
9. Sulphmyoglobin	Myoglobine H ₂ S ve oksijenin etkisi	3	Değişmemiş fakat bir çift bağ satma olmuş	Tabii formda	Yeşil
10. Choleglobin	Myoglobin veya oksimyo-globine H ₂ O ₂ ve askorbik asit'in etkisi	3	Değişmemiş fakat bir çift bağ satma olmuş Porphyrin halkası kapalı halde	Tabii formda	Yeşil
11. Verdohaem		3		Yok	Yeşil
12. Safra pigmentleri		Yok	Porphyrin halkası par-çalanmış zincir halde	Yok	Sarı veya renksiz

Gerek taze etlerin, gerekse kür edilmiş etlerin modern yöntemlerle ambalajlanmasında bile, renk kaybı üzerinde birçok problemler meydana gelmektedir. Görülebilen dalga boyundaki ışık, taze etlerin pigmentleri üzerine etkili olmamasına karşılık, kür edilmiş etlerde pigmentten (nitrosomyoglobin) nitrik oksidin ayrılmasına neden olmaktadır. Böylece, kür edilmiş et sadece 1 saat süre ile ışığa maruz kaldığında parlak kırmızı rengi kaybolabilmektedir. UV ışık ise, kür edilmiş etlerin rengi üzerine, görülen ışıktan daha fazla etkili olmasına karşılık, taze etlerde pigmentin globin kısmının denatürasyonuna neden olarak, rengin kahverengileşmesini ortaya çıkarmaktadır.

Et yüzeyinde metmyoglobinin oluşması kaçınılmaz bir sonuçtur. Etin kahverengi bir hale gelmesi arzulanmayan bir durum olmasına rağmen, etin bozulduğu anlama gelmez, tüketime uygundur, sadece cazibesini kaybeder. Rengin bozulması açısından önemli olan, bakteriyel faaliyet sonucu üretilen H_2S ve H_2O_2 gibi ürünlerin pigment ile birleşerek yeşil renkli pigmentlere (Sulphmyoglobin ve Choleglobin) dönmesidir. Zaten bu aşamada etin bakteriyel yükü fazlasıyla artmıştır ve et bakteriyel olarak bozulmuştur, kokuşmuştur, tüketime uygun değildir.

Bakterilerin ürettiği H_2S ortamda var ise, H_2S ve oksijen pigmentin globin kısmının denatürasyonuna ve hematin çekirdeğinin redüksiyonuna neden olur ve bunun sonucu olarak da yeşil renkteki sulphmyoglobin oluşur.

Bakteriyel gelişme sonucu üretilen H_2O_2 de askorbik asit ile birlikte (etlerin renk stabilite telerini korumak amacıyla kullanılır) gene globinin denatürasyonuna ve hematin çekirdeğinin redüksiyonuna neden olur ve yeşil renkteki choleglobin oluşur. Sulphmyoglobin oluşumu, etin son pH sı 6 nın üzerine çıktığında çok daha fazla gözlenir. Zira daha düşük pH değerlerinde H_2S üreten bakterilerin gelişmesi yavaşlar. Eğer bu şartlar kuvvetlendirilirse, pigmentteki demir atomunu içeren porphyrin halkası, globin kısmından parçalanabilir ve bu durumda da yeşil renkteki verdohaem pigmenti oluşur. Sonuçta daha ileri parçalanma ile demir atomu porphyrin halkasından ayrılır ve

pyrol zincirlerinin serbest kalmasıyla da sarı veya renksiz safra pigmentleri belirir (Şekil 4, Tablo 1). Yeşil renkteki bu pigmentlerin oluşumu, etlerin kür işlemleri sırasında daha çok gözlenir.

Taze etlerin pişirilmesi sonucu, pigmentin globin kısmının denatürasyonu ile kahverengideki globin - myohaemichromojen meydana gelmesine karşılık kür edilmiş etlerde kür işlemi sırasında oluşan kırmızı - pembe renk (nitroso - myoglobin) pişirme ile denatüre olur fakat gene kırmızı - pembe renkteki nitroso - myohaemochrogen'e dönüşür. Yani pişirme ile renk değişmez, aksine renk stabilitesi artar (Tablo 1). Bu oluşan pigment formu kür işlemi sırasında kullanılan nitrit yada nitratın pigment ile bir dizi reaksiyonu sonucunda oluşur. Kür işlemi sırasındaki kimyasal olayların sırası çok karışıktır. Fakat bu olayları şöylece özetlemek mümkündür.

1. Nitrit, myoglobini metmyoglobine okside eder.
2. Nitrit, ferrocytochrome - C'yi, nitroso - ferricytochrome - C (nitrik oksit ferricytochrome - C) ye okside eder (Bu olay cytochromeoksidase tarafından katalize edilir).
3. Nitrosoferricytochrome - C'deki nitroso grup, metmyoglobine transfer edilir (Bu transfer NADH - cytochrome - C redüktase'in etkisiyle olur) ve nitrosometmyoglobin meydana gelir.
4. Nitrosometmyoglobin, kas mitokondrilerinin enzim sistemleriyle nitrosomyoglobine indirgenir.

Kür işlemi sırasında 3. aşamada oluşan nitrosometmyoglobin anaerobik koşullarda kendiliğinden de nitrosomyoglobine indirgenir fakat aerobik olarak metmyoglobine parçalanır.

Nitrit'in, nitrit oksit'e indirgenmesinde öncelikle kasın kendi enzim sistemleri etkilidir fakat kür işleminde nitrit yerine nitrat kullanılmış ise, nitrat'ın nitrite indirgenmesinde sadece bakteriler etkili olabilmektedir. Bu nedenle, kür işleminde nitrat kullanıldığında, salamura gidişinin dikkatle kontrol edilmesi gerekir. Zira salamura suyuna bulaşan çeşitli bakteri-

ler, zararlı etkiler yaparak etin yumuşamasına, ekşimesine ve kokuşmasına neden olurlar. Bu bakteriler özellikle **Lactobacillus**, **Vibrio** ve **Bacillus**'lardır. Halbuki kür işleminde sadece nitrit kullanıldığında renk oluşumu yalnızca kimyasal olaylardandır.

Eğer nitrosomyoglobin, nitrosomyohaemochromogen'e dönüştürülürse kür edilmiş etkin kırmızı renk stabilitesi artar. Bu işlem pigmentin globin kısmının sıcaklığın tesiriyle denatüre olmasıyla sağlanır. Böylece, kür edilmiş etlerin tütsülenmesi yada pişirilmesi sonucu ortaya çıkan daha stabil kırmızı - pembe renk nitrosomyohaemochromogen'dendir. Gerek nitrit,

gerekse nitrat, taze ette renk kaybına neden olurken, kür edilmiş ette kırmızı rengin korunmasında önemli bir yer tutarlar.

Gerek taze etlerde, gerekse kür edilmiş etlerde yeşil renkli pigmentlerin oluşumu, bakteriyel faaliyetin bir sonucudur. Kür işlemi sırasında, özellikle nitrat kullanılmışsa, bu oluşum daha da kolaydır. Zira arzulanmayan bakterilerin gelişmesiyle H_2S ve H_2O_2 üretimi sonucunda, daha önce belirtildiği gibi sülfmyoglobin ve cheloglobin oluşur. Daha ileri safhalarda da rensiz safra pigmentleri meydana gelir.

KAYNAKLAR

1. Anonim, 1960. The Science of Meat and Meat Products, American Meat Ind. Foundation. W.H. Freeman and Comp., San Francisco and London, 438.
2. Jensen, L.B. 1954. Microbiology of Meats. The Garrard Press, Publishers, Champaign, Illinois, Third Ed., 422.
3. Kramlich, W.E., A.M. Pearson, F.W. Tauber. 1975. Processed Meats. The Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, 348.
4. Lawrie, R.A. Meat Science. Pergamon Press Ltd. Oxford, Second Edition, 419.

DİZDARER

Analitik Kimyevi Maddeler

Bakteriyolojik Hazır Kültür Vasatları

Mikrobiyolojik Standard Reaktifler

Antibiyotik Diskler

Herçesit Laboratuvar Cihazı ve Malzemesi

Kalitatif - Kantitatif Filtre Kağıtları

Modern Çarşı, No. 207, Ulus/ANKARA, Tel : 11 57 70 - 11 76 13
P. K. 644, Telex : 42870, Telg. : DİZDARER