

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Disciplina: SEMINÁRIOS APLICADOS

**INFLUÊNCIA DA DIETA, DO USO DE ANTIOXIDANTES E DA
CONSERVAÇÃO POR CONGELAMENTO NA OXIDAÇÃO LIPÍDICA DA
CARNE BOVINA**

Nome:

Renata Cunha dos Reis

Orientador:

Prof. Dr. Moacir Evandro Lage

GOIÂNIA

2013

RENATA CUNHA DOS REIS

Disciplina: SEMINÁRIOS APLICADOS

**INFLUÊNCIA DA DIETA, DO USO DE ANTIOXIDANTES E DA
CONSERVAÇÃO POR CONGELAMENTO NA OXIDAÇÃO LIPÍDICA DA
CARNE BOVINA**

Seminário apresentado junto à Disciplina de Seminários aplicados do programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás

Área de Concentração:

Sanidade Animal, Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Linha de Pesquisa:

Higiene, ciência, tecnologia e inspeção de alimentos.

Orientador:

Prof. Dr. Moacir Evandro Lage

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. João Restle - UFT

Prof. Dr. Cristiano Sales Prado - UFG

GOIÂNIA

Setembro/2013

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Qualidade da carne bovina.....	3
2.2 Oxidação lipídica.....	4
2.2.1 Autoxidação.....	4
2.2.2 Fotoxidação	8
2.2.3 Oxidação catalisada pela lipoxigenase	9
2.3 Oxidação da mioglobina.....	10
2.4 Testes de oxidação	13
2.5 Antioxidantes.....	14
2.6 Enzimas antioxidantes.....	20
2.7 Conservação da carne pelo congelamento.....	22
2.8 Oxidação na carne congelada.....	23
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da carne bovina é altamente influenciada por aspectos visuais de coloração como também pelo sabor. Essas duas características estão ligadas ao processo de oxidação da mioglobina e lipídica da carne.

A cor vermelha da carne está associada a presença da mioglobina, proteína com um íon ferro localizada em seu centro, que se oxidado, transfere a cor vermelho intenso, para vermelho tijolo, mudando assim o estado do ferro que causa a mudança da cor da carne e conseqüentemente a rejeição do produto por parte do consumidor.

A oxidação lipídica da carne acontece devido a presença de ácidos graxos poliinsaturados. A elevação da temperatura, a presença de oxigênio e metais, enzimas originadas por microrganismos, luz, dentre outros fatores favorecem a sua oxidação. Existem evidências que associam a oxidação da mioglobina com a oxidação lipídica.

Para evitar a oxidação lipídica vários estudos com antioxidantes tem sido realizados, como também diversas formas de processamento da carne. Antioxidantes sintéticos estão sendo apontados como maléficos a saúde, o que permite estudos com antioxidantes naturais. A inserção de antioxidantes naturais na dieta, como as vitaminas A e E tem demonstrado diminuição da oxidação lipídica, bem como da estabilidade na cor da carne bovina.

A terminação de animais à pasto tem sido apontada como fonte dessas vitaminas e conseqüentemente é indicada para a utilização. Por outro lado, em grandes quantidades, a vitamina A na carne gera uma cor amarelo intenso, que para os parâmetros do consumidor são indesejáveis, pois associa-se esta característica com o abate de animais velhos.

Existe uma correlação entre carne congelada e o sabor rançoso. O tipo de congelamento define os níveis de oxidação, pois o tamanho dos cristais podem originar danos físicos as estruturas da carne. Técnicas de congelamento estão sendo desenvolvidas no sentido de reduzir ainda mais a temperatura de armazenamento e provocar a paralização das reações químicas que acontecem durante este período.

Carnes embaladas em sistema à vácuo, com atmosferas modificadas e com uso de antioxidantes naturais também conseguem retardar os níveis de oxidação.

O objetivo desta revisão foi verificar a influência da dieta, do uso de antioxidantes naturais e da conservação por congelamento na oxidação lipídica da carne bovina.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Qualidade da carne bovina

As propriedades sensoriais da carne contribuem significativamente para a qualidade e valor comercial, e isto é especialmente verificado para o aspecto qualitativo de coloração. A mudança de cor da carne compromete a sua aparência e está associada à conversão de oximioglobina para metamioglobina.

Já a oxidação de ácidos graxos insaturados, que acontece em fosfolípidios e triglicerídeos, referida como a oxidação lipídica, contribui para a formação de sabores desagradáveis designados de *off-flavors* e conseqüentemente influenciam na qualidade da carne. As reações bioquímicas diretamente responsáveis pela oxidação da mioglobina e oxidação lipídica geram produtos que podem acelerar a oxidação de forma recíproca (FAUSTMAN et al., 2010).

A estabilidade da cor da carne é importante para os varejistas e consumidores, visto que, alterações na cor da carne são interpretadas como efeitos das condições inadequadas de armazenamento (ATAY et al., 2009). A adição de antioxidantes na carne bovina consegue manter esta estabilidade, mas não é bem vista por parte dos consumidores, logo a incorporação de antioxidantes na dieta do animal é uma alternativa (MANCINI & HUNT, 2005; JOSE et al., 2008; RIPOLL et al., 2013).

WOOD et al. (2003) estudaram a influência da alimentação de novilhos com semente de linhaça, óleo de peixe e com a mistura de ambas as dietas, por 120 dias. Como resultados, obtiveram a quantidade de ácido linolênico duplicada pela dieta a base de linhaça, o ácido EPA (eicosapentaenoico), ácido linolênico e ácido docosahexaenoico aumentaram substancialmente com a dieta à base de óleo de peixe, atribuindo assim, maior valor nutricional a esta carne. Em consequência, a oxidação lipídica, medida por valores de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico), e a instabilidade na cor destas amostras de carne aumentaram significativamente frente as que não receberam estes tipos de dieta.

O sal, a desidratação e a temperatura de secagem aplicados na carne atuam como catalisadores do processo de oxidação. A adição de sal aumenta a atividade catalítica do ferro e reduz a atividade das enzimas antioxidantes, e a remoção de água facilita o acesso do oxigênio aos componentes do alimento,

facilitando as interações para a iniciação e propagação da oxidação (BERTOLIN et al., 2011).

2.2 Oxidação lipídica

A oxidação lipídica é um fenômeno espontâneo e inevitável, com uma implicação direta no valor comercial dos produtos, que acontece nos corpos graxos ou nos conteúdos que são elaborados a partir deles, como alimentos, cosméticos, medicamentos (SILVA et al., 1999).

Este fenômeno causa rejeição por parte do consumidor, visto que favorece o aparecimento de gostos e odores característicos de ranço, responsáveis por *off flavors* e *off odors* (OSAWA et al., 2005).

Além de afetar as características de aroma, a oxidação de lipídeos pode prejudicar outros aspectos de qualidade, como mudanças geradas na composição lipídica, interações entre os produtos de oxidação e de proteínas, alterações na capacidade de retenção de água, textura e valor nutricional, bem como a formação de substâncias tóxicas (BUCKLEY et al., 1995; GRAY et al., 1996; RESCONI et al., 2013).

Aldeídos e cetonas são os principais aromas derivados da oxidação lipídica, no entanto, os hidrocarbonetos (alcanos, alcenos) e álcoois, principalmente álcool vinil, também desempenham um papel de *off flavors* (BELITZ et al., 2009).

A oxidação lipídica limita a vida de prateleira durante o armazenamento com exposição ao oxigênio, sob condições em que a deterioração microbiana é impedida ou reduzida, como refrigeração ou congelamento (CAMPO et al., 2006).

Mecanismos de autooxidação, fotooxidação e a lipoxigenase estão envolvidos com a oxidação dos lipídios. A autooxidação envolve radicais livres, enquanto a fotooxidação e a rota da lipoxigenase diferem da autooxidação apenas no estágio de iniciação (WANASUNDARA e SHAHIDI, 2005).

2.2.1 Autooxidação

A oxidação de lipídeos insaturados é uma reação de radicais livres em cadeia, iniciada a partir de um ácido graxo contido de dupla ligação. A formação de radicais livres pode acontecer pela reação de íons metálicos, por tratamento térmico, pela absorção de energia irradiada, como também pela reação com outros radicais livres. A velocidade desta reação é afetada pelo grau de insaturação do ácido graxo, pela presença de pró e antioxidantes, pelas condições de armazenamento, como temperatura, umidade, oxigênio e luz (D'ARCE, 2006).

Um radical livre é uma molécula capaz de existir em um estado independente e transportar elétrons desemparelhados nas órbitas de valência. Esta molécula tentará chegar a um estado mais estável, através da reação com uma outra molécula, por meio da clivagem de um átomo de hidrogênio a partir de uma ligação entre carbono e hidrogênio e doar ou aceitar elétrons de compostos vizinhos (HALLIWELL & GUTTERIDGE, 2007).

Existe uma relação positiva entre o número de insaturações e o nível de oxidação (LABUZA & DUGAN JR., 1971). A carne de bovinos alimentados à pasto pode ter elevado teor de tocoferol e outros antioxidantes provenientes de compostos presentes nas gramíneas de ocorrência natural. No entanto, carnes oriundas deste tipo de alimentação pode ter uma maior demanda por antioxidantes endógenos devido seu alto teor de ácidos graxos poliinsaturados, que por sua vez, podem afetar a sua cor e estabilidade lipídica da carne (YANG et al., 2002).

A rancidez oxidativa é iniciada pelo ataque do oxigênio molecular às duplas ligações dos ácidos graxos insaturados que compõe um lipídeo. O oxigênio pode receber ou eliminar elétrons, o que gera uma desordem eletrônica que converte a molécula de oxigênio em um radical livre de alta reatividade química, necessitando de catalisadores para favorecer o processo. Os catalisadores mais importantes são os metais, especialmente os de valência +2, em estado livre (Fe, Cu, Ni, Co, Cd e Zn). Essas reações caracterizam o chamado período de iniciação, que é conhecido por gerar radicais livres a partir do substrato (CONEGLIAN et al., 2011).

Quando o radical livre de oxigênio ataca uma molécula de ácido graxo insaturado, esta se converte em um radical livre de alta reatividade que pode ser

atacado pelo oxigênio molecular gerando diferentes tipos de produtos intermediários, como peróxidos, alcóxidos, epóxidos (GORDON, 2001).

Estes produtos possuem propriedades radicalares que ao estabilizarem-se subtraem hidrogênios de ácidos graxos, transformando-os em radicais livres de ácidos graxos. Esta etapa, chamada de propagação, é um processo autocatalítico que não requer a participação dos radicais livres de oxigênio da etapa de iniciação. Durante a propagação, a formação de peróxidos adquire velocidade, acompanhada pelo consumo elevado de oxigênio causando grandes modificações estruturais no lipídeo (VALENZUELA & NIETO, 2001).

Os peróxidos são formados como produtos primários e conseqüentemente, podem sofrer cisão para formar produtos secundários da oxidação (FAUSTMAN et al., 2010).

A Figura 1 demonstra o processo de autooxidação. Na equação 1, o átomo de hidrogênio é retirado da molécula lipídica para formar um radical livre ($R\cdot$). Logo após, o radical lipídico gerado reage rapidamente com o oxigênio da atmosfera, formando um radical peróxido (2), que novamente retirará um hidrogênio de uma outra cadeia acil, resultando em um hidroperóxido (3) e uma nova espécie reativa ao oxigênio (FAO, 2011).

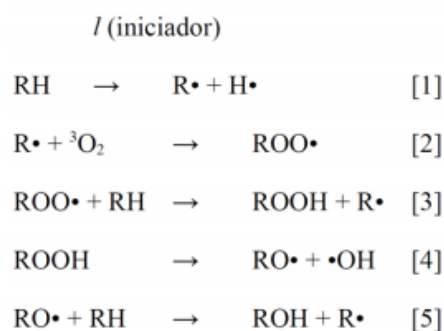


FIGURA 1. Esquema do processo de oxidação (WANASUNDARA & SHAHIDI, 2005).

Os hidroperóxido são instáveis e possibilitam a continuidade do processo com as reações de propagação por meio da fragmentação, rearranjo e transferência de átomos (4 e 5) (FONSECA & YOSHIDA, 2009).

A última fase, chamada de terminação acontece a partir da ruptura molecular, onde produtos (alguns potencialmente tóxicos) conhecidos como aldeídos, cetonas, peróxidos, hidroperóxidos, além de hidrocarbonetos (alifáticos

e aromáticos), de baixo peso molecular e voláteis dão origem ao típico odor de ranço de uma substância oxidada (CONEGLIAN et al., 2011). Esta reação acontece devido ao esgotamento dos substratos, que têm como característica a formação de produtos finais estáveis ou não reativos (KUBOW, 1992).

Carnes com elevadas quantidades de ácidos graxos poliinsaturados são mais susceptíveis ao processo de rancidez oxidativa, produzindo *off flavours*, designados de sabores indesejáveis (ROÇA, 2000). Odores originados por uma variedade de aldeídos (hexanal, heptenal, pentanal, 2,4-decadienal) são desagradáveis, mesmo em baixas concentrações (MELTON, 1990).

STETZER et al. (2008) determinaram e quantificaram compostos voláteis de vários cortes de carne submetidos a processos de envelhecimento e verificaram que o sabor rançoso, denominado de *off flavours*, está relacionado com o pentanal e o 2-pentil furano mas não com hexanal.

A oxidação lipídica dos ácidos araquidônico e linoleico promove a formação de variados compostos de sabor durante a maturação, dos quais alguns deles apresentam sabor de ranço (COSTA et al., 2007).

A carne moída pode apresentar maiores valores de TBARS em relação a outros tipos de corte, como por exemplo, pedaços inteiros. Isso pode ocorrer devido a trituração dos fosfolipídios, e conseqüentemente liberação de ácidos graxos insaturados livres, com posterior aceleração da oxidação (PEREIRA et al., 2006; ZIAUDDIN et al., 2000).

O ponto limitante que a carne pode ser rejeitada devido a oxidação lipídica é de difícil identificação, visto que esta observação se dá com base em percepções sensoriais individuais. A exposição da carne em atmosferas enriquecidas com oxigênio provoca a oxidação e conseqüentemente alteração no sabor da carne, que pode estar intimamente relacionada com o índice de TBARS, cujo valor de 2 mg malonaldeído kg⁻¹ de carne, pode ser considerado como o nível máximo para a aceitação quanto a percepção sensorial da oxidação. Valores maiores indicam rejeição por parte dos provadores (CAMPO et al., 2006).

KATHIRVEL & RICHARDS (2012) inferiram que os músculos com maior teor de mioglobina são mais suscetíveis a oxidação lipídica e que as proteínas que contém o grupamento heme são catalizadores de propagação e não iniciadoras do processo oxidativo.

Maiores susceptibilidades para a oxidação lipídica e para a mudança na coloração da carne foram encontradas em carnes de animais alimentados com dietas enriquecidas com ácidos graxos poliinsaturados (NUTE et al., 2007). Músculos com maior estabilidade na cor, também foram caracterizados com menor consumo de oxigênio e menor oxidação lipídica (MCKENNA et al., 2005).

A oxidação lipídica e a oxidação de mioglobina na carne estão quimicamente inter-relacionados, o que resulta na mudança de coloração e no surgimento de odores desagradáveis na carne. A presença de agentes oxidantes, O_2 e H_2O_2 em carne é reconhecida por iniciar a oxidação da mioglobina e oxidação lipídica (LI & LIU, 2012).

2.2.2 Fotoxidação

A reação de fotoxidação é um processo oxidativo dos ácidos graxos insaturados resultante da exposição à luz, oxigênio e fotosensores, como a riboflavina, a clorofila e a mioglobina, que originam o processo de transferência de energia para a reação de formação do peróxido. Esta reação não envolve a formação de radicais livres, é independente da pressão do oxigênio, é inibida pela ação de receptores do oxigênio singlete, como betacaroteno e tocoferóis, mas não é afetada pela ação de antioxidantes, também é caracterizada por provocar mudanças na insaturação da configuração *cis* para *trans* (ARAÚJO, 2011).

A fotoxidação é representada conforme Figura 2.

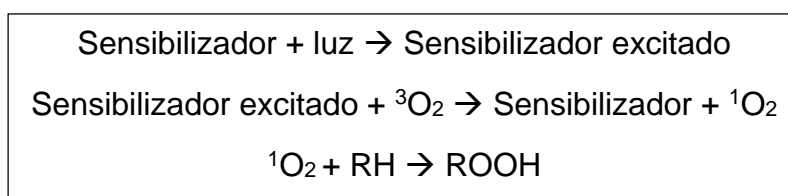


FIGURA 2. Esquema do processo de fotoxidação.

A oxidação fotossensibilizada de lipídeos insaturados ocorre quando estão presentes substâncias sensitizantes, como a mioglobina na carne. O sensibilizador passa de um estado singlete para um estado triplete excitado pela

absorção de um fóton de energia. O triplete excitado do sensibilizador reage com uma molécula de oxigênio triplete ($^3\text{O}_2$) convertendo-a a seu estado excitado singlete. O oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$) reage diretamente com a dupla ligação do ácido graxo (RH), adicionando-se a quaisquer dos seus carbonos, produzindo um hidroperóxido (ROOH) com a conseqüente migração da dupla ligação e a conversão da configuração *cis* para *trans*. A velocidade de transformação dos produtos primários é de 10 a 30 vezes maior porque não há o período de indução (D'ARCE, 2006).

A degradação do hidroperóxido formado, que é diferente dos observados na ausência de luz e de sensibilizadores, originam aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos (WANASUNDARA e SHAHIDI, 2005; SILVA et al., 1999).

2.2.3 Oxidação catalisada pela lipoxigenase

As lipoxigenases são isoenzimas que catalisam a incorporação de moléculas de oxigênio em ácidos graxos poliinsaturados (EVANGELISTA & REGITANO-DARCE, 1997). Em animais, esta enzima catalisa a peroxidação dos ácidos graxos linoleico, linolênico e araquidônico, que se encontram na forma *cis-cis* 1,4-pentadieno em hidroperóxidos *cis-trans*, com duplas ligações conjugadas, os quais podem se envolver em diferentes reações degradativas semelhantes as observadas no processo de autoxidação. São encontradas em muitos materiais vegetais e animais, assim como produzidas por microrganismos (D'ARCE, 2006).

Os principais microrganismos responsáveis pela produção de enzimas que participam da rancificação de derivados cárneos são as *Pseudomonas* e outros gram-negativos, *Bacillus*, leveduras e bolores (FRANCO & LANDGRAF, 2008).

A lipoxigenase é uma proteína ligada a um metal que tem um átomo de ferro em seu centro. Há retirada do átomo de hidrogênio metilênico do sistema 1,4-pentadieno do substrato e oxidação do átomo de hidrogênio a um próton. O radical pentadieno ligado à enzima é rearranjado em um sistema dieno conjugado, seguido da absorção de oxigênio. O radical peroxila formado é reduzido pela enzima e, após a adição de um próton, o hidroperóxido formado é liberado. Os hidroperóxidos produzidos pela oxidação catalisada pela

lipoxigenase são decompostos pela liase de hidroperóxido com a formação de vários aldeídos que deterioram o sabor (BELITZ & GROSCH, 1999; ROVELLINI et al., 1997; ARCE, 2006).

A lipoxigenase no estado ferroso passa à forma ativa, no estado férrico, na presença de traços de hidroperóxido. Na forma ativa, a enzima abstrai um hidrogênio do ácido graxo, resultando o radical alquil e a enzima volta ao estado ferroso (CHANGE et al., 1979; HSIEH & KINSELLA, 1989).

2.3 Oxidação da mioglobina

A mioglobina é uma proteína globular heme localizada nas fibras vermelhas dos músculos. A concentração de mioglobina geralmente depende da espécie, raça, sexo, idade do animal, atividade muscular e tipo de músculo (SOUZA et al., 2007). Esta proteína tem sido conhecida por ser a maior contribuinte da coloração do músculo e isso depende da sua concentração. A estabilidade da mioglobina afeta a coloração da carne e fica retida pelas estruturas intramusculares (CHAIJAN et al., 2005).

Embora esta mudança de cor não seja prejudicial e não indique deterioração, é considerado indesejável por parte dos consumidores. O prazo de validade da carne é muitas vezes usado para descrever o tempo antes da deterioração do produto, que torna-o sensorialmente indesejável, mas não necessariamente inseguro (LORENZO & GÓMEZ, 2012).

A mioglobina é uma proteína solúvel em água, que contém um grupo prostético localizado dentro da proteína de parte hidrofóbica. O anel heme possui um átomo de ferro localizado centralmente, que pode formar seis sítios, sendo o sexto sítio disponível para formar ligações reversíveis. O ligante presente e a valência do ferro ditam a cor do músculo (Fig. 3). Portanto, quatro grandes formas químicas de mioglobina são os principais responsáveis pela cor da carne (MANCINI & HUNT, 2005).

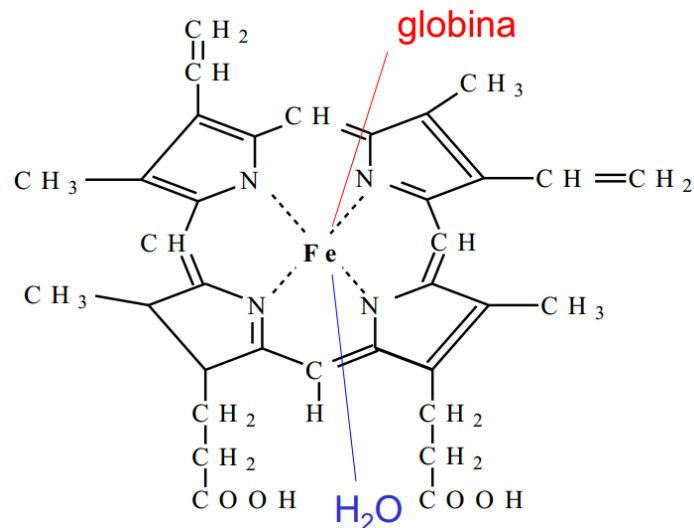


FIGURA 3. Representação da mioglobina

A Desoximioglobina ocorre quando o ferro heme encontra-se no estado ferroso (Fe^{2+}). Isso resulta na cor vermelha púrpura, arroxeadada, tipicamente associada com produtos embalados à vácuo ou com a carne imediatamente após o corte, com baixa concentração de oxigênio. Quando ocorre o desenvolvimento de uma cor vermelho-cereja brilhante, a mioglobina presente encontra-se na forma de oximioglobina, onde nenhuma mudança da valência do átomo de ferro ocorre e o sítio de coordenação seis é agora ocupado pelo oxigênio diatômico. A exposição ao oxigênio aumenta e a oximioglobina penetra mais profundamente, abaixo da superfície da carne. Logo após, ocorre a formação de metamioglobina, resultado da oxidação do Fe^{2+} para Fe^{3+} , com o surgimento da coloração vermelho tijolo, conforme Figura 4 (MANCINI & HUNT, 2005).

Quando o óxido ferroso (Fe^{2+}) oxida à óxido férrico (Fe^{3+}), o oxigênio é liberado e substituído por uma molécula de água (FAUSTAMAN et al., 2010).

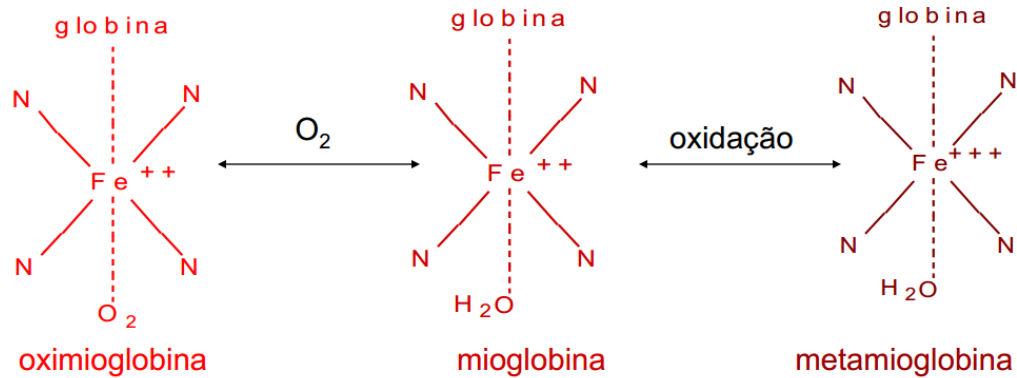


FIGURA 4. Reação de transformação da oximioglobina em mioglobina reduzida e em metamioglobina.

A quarta forma química da mioglobina na carne é a carboximioglobina, que ainda não tem sua formação elucidada. MANCINI & HUNT (2005) descrevem que o monóxido de carbono (CO) pode ligar-se ao sexto sítio disponível, formando uma coloração vermelho brilhante, bastante parecida com a oximioglobina, sendo relativamente estável. Mas o monóxido de carbono pode dissociar-se em atmosferas livres deste composto, dando lugar novamente a forma inicial da mioglobina.

O emprego de atmosferas modificadas compostas por pequenas concentrações de CO, que possui a capacidade de se ligar fortemente à mioglobina da carne, proporciona a cor vermelho brilhante, altamente estável e atrativa. Atmosferas compostas de CO₂, N₂ e pequenas quantidades de CO retardam a deterioração microbiana e previnem os processos oxidativos na carne, mantendo seu sabor e aroma. Apesar da característica tóxica do CO, seu emprego em concentração igual ou inferior a 0,4% na composição de atmosferas modificadas não representa risco à saúde dos consumidores ou dos operadores das indústrias que utilizam este sistema. Por isso, o uso do CO é considerado bastante promissor em embalagens de carnes frescas, sendo utilizado comercialmente em diversos países (MACEDO et al., 2009)

A oxidação de proteínas origina a fragmentação ou agregação e diminuição da solubilidade das mesmas, que afetam a qualidade da carne e seus derivados, como também desempenham um papel no controle da atividade proteolítica de

enzimas e pode estar ligada a maciez da carne (STARKE-REED & OLIVER , 1989; MERCIEL et al 2004) .

2.4 Testes de oxidação

Testes como índice de peróxidos, ácidos graxos livres, TBARS (ácido 2-tiobarbitúrico), valor Totox (valor total de oxidação) e compostos voláteis são utilizados no controle de qualidade de óleos, gorduras e produtos que os contenham, por fornecerem informações valiosas e essenciais a respeito do estado oxidativo, na predição da rancidez do alimento analisado (OSAWA et al., 2005).

A presença de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) é um método de análise que mede a oxidação de lipídios pelo produto final malonaldeído (TARLADGIS et al., 1960; WOOD et al., 2008). É o método preferido para se detectar a oxidação dos lipídeos, que expressa o resultado em miligrama de malonaldeído por quilograma de amostra. O malonaldeído é obtido em pequenas quantidades da oxidação de lipídeos poliinsaturados e o teste se fundamenta na formação de um complexo de coloração vermelha, resultante da condensação de dois mols de TBARS com um mol de malonaldeído (ARAÚJO, 2011).

O valor da anisidina é usado com frequência na indústria, juntamente com o índice de peróxido para calcular o valor da oxidação total ou Totox. Considera-se que a anisidina evidencie a história passada do lipídeo enquanto o índice de peróxido fale sobre seu estado presente (ARAÚJO, 2011).

Alguns autores propõem um outro tipo de teste que não recorre à oxidação de substratos lipídicos, mas a redução de radicais livres estáveis, como resultado da atividade de compostos antioxidantes (SILVA et al., 1999).

O método que tem por base a redução de 50% do radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH•) feita pelo antioxidante a ser medido apresenta um máximo de absorção de 517-520 nm e ao fixar um H•, abstraído ao antioxidante em estudo, observa-se uma diminuição da absorvência, o que permite calcular, após o estabelecimento do equilíbrio da reação. Trata-se de um teste rápido, que não envolve condições drásticas de temperatura e oxigenação (VON GANDON et al. 1997).

Na presença de antioxidantes doadores de hidrogênio, pode medir-se a diminuição da formação do cation $ABTS^{\bullet+}$, a partir do ácido 2,2-azino-*bis*-(3-etilbenzotiazolína)-6-sulfônico (ABTS) por espectrofotometria, o radical o qual apresenta máximos de absorção a 417, 645, 734 e 815 nm (ARNAO et al, 1996).

O ensaio de DPPH só é adequado para os antioxidantes lipossolúveis, enquanto que o ensaio de descoloração do radical, ABTS é aplicável em ambos os antioxidantes solúveis em água e solúvel em lipídeos (RE et al., 1999). O DPPH e o ABTS podem ser usados para fornecer informações adicionais sobre as mudanças que ocorrem em amostras de carne suína e bovina (HUANG et al 2011).

2.5 Antioxidantes

Com o reconhecimento do benefício de ácidos graxos ômega 3 para a saúde humana, as formas de aumento do teor de ácidos graxos poliinsaturados nas carnes de ruminantes devem ser estudados, oferecendo oportunidades para agregar valor e contribuir para a diferenciação no mercado. No entanto, os possíveis efeitos prejudiciais de elevados níveis destes tipos de ácidos graxos sobre a estabilidade lipídica e da cor da carne, abrem oportunidades para a complementação da dieta com antioxidantes (LI & LIU, 2012).

A estabilidade oxidativa da carne depende do equilíbrio entre anti e pró – oxidantes, incluindo a concentração de ácidos graxos poliinsaturados (MERCIER et al., 2004).

Os antioxidantes podem ser classificados em primários, sinergistas, removedores de oxigênio, biológicos, agentes quelantes e antioxidantes mistos (BAILEY, 2005). Os antioxidantes primários são compostos fenólicos que promovem a remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da reação, através da doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas, interrompendo a reação em cadeia. Os sinergistas são substâncias com pouca ou nenhuma atividade antioxidante, que podem aumentar a atividade dos antioxidantes primários quando usados em combinação adequada. Os removedores de oxigênio são compostos que atuam capturando o oxigênio presente no meio, através de reações químicas estáveis

tornando-os conseqüentemente, indisponíveis para atuarem como propagadores da autoxidação. Os agentes quelantes/sequestrantes complexam íons metálicos, um par de elétrons não compartilhado na sua estrutura molecular promovendo a ação de complexação. Os antioxidantes mistos incluem compostos de plantas e animais que têm sido amplamente estudados como antioxidantes em alimentos (SIMIC & JAVANOVIC, 1994; LABUZA, 1971; RAMALHO E JORGE, 2006).

Os principais antioxidantes sintéticos são compostos fenólicos, como BHA (hidroxianisol butilado), BHT (hidroxitolueno butilado), TBHQ (terc-butil hidroquinona), e PG (galato de propila). Estes são denominados de antioxidantes primários, atuando na etapa da iniciação da oxidação lipídica. Ainda possuem ampla utilização pela indústria de alimentos, pois contém alto poder antioxidante e são de baixo custo (HUANG et al., 2011), mas, por motivo de risco potencial à saúde humana, vêm sendo substituídos por antioxidantes naturais provenientes de várias fontes vegetais, considerados mais seguros à saúde (CONEGLIAN et al., 2011).

O ácido ascórbico e seus derivados são classificados como removedores de oxigênio e sinergistas. Os antioxidantes biológicos incluem várias enzimas, como glucose oxidase, superóxido dismutase e catalases. Os agentes quelantes/sequestrantes complexam íons metálicos, principalmente cobre e ferro, que catalisam a oxidação lipídica, os mais comuns são ácido cítrico e seus sais, fosfatos e sais de ácido etileno diamino tetra acético (EDTA) (RAMALHO & JORGE, 2006).

Vitaminas como A, D, E e C, quando presentes na carne impedem a oxidação de lipídeos. Logo, enquanto a vitamina protege a gordura contra a oxidação de ácidos graxos, o valor nutricional de carne pode ser negativamente afetado por uma redução na disponibilidade geral dessas vitaminas (MADHAVI et al., 1996).

Dentre os tocoferóis, o α -tocoferol é o composto que apresenta maior capacidade antioxidante. Representam a vitamina E, que é lipossolúvel (BARREIROS et al., 2006) e está presente naturalmente em óleos vegetais, sendo responsáveis por doar seus átomos de hidrogênio aos radicais livres de origem lipídica interrompendo assim, a fase da propagação na autoxidação (RAMALHO e JORGE, 2006).

O α -tocoferol pode ser regenerado pelo ácido ascórbico, conhecido como vitamina C, que também possui propriedades antioxidantes por remover de maneira estável o oxigênio que age como propagador da autooxidação (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006; CERQUEIRA et al., 2007). O ascorbato, solúvel em água, possui também propriedades pró-oxidantes, pois os íons Fe^{2+} e Cu^{2+} reagem com o peróxido de hidrogênio gerando o radical hidroxila, induzindo as reações de radicais livres (BARREIROS et al., 2006).

Um dos antioxidantes mais utilizados na dieta dos animais é a vitamina E, responsável pelo retardamento da oxidação lipídica e das perdas por exsudação e estabilização da cor (LÓPEZ-BOTE et al., 2001). Esta vitamina é depositada nas células dos músculos e no tecido adiposo, pois é um tipo de antioxidante que não se degrada no rúmen (LEEDLE et al., 1993).

WARREN et al. (2008) fizeram a comparação entre bovinos que receberam diferentes dietas. Foi verificado por este estudo que, os animais alimentados com silagem de gramíneas apresentaram maiores quantidades de vitamina E no plasma e nos músculos, em relação aqueles alimentados com grãos. Conseqüentemente, o aumento de vitamina E resultou em carnes com menores índices de oxidação lipídica e maior estabilidade da cor. Portanto, o uso desta vitamina para o enriquecimento de concentrados durante todo o período de terminação, pode incorrer em custos desnecessários para atingir as concentrações musculares de α -tocoferol necessários para atrasar a mudança de cor muscular e oxidação lipídica (RIPOLL et al., 2013). Segundo LI & LIU (2012) o nível requerido é de cerca de 8 mg de vitamina E por kg de carne para adquirir resultados satisfatórios quanto a sua coloração.

Segundo INSANI et al. (2008) o nível mais elevado de antioxidantes em carnes de ruminantes alimentados à pasto e em confinamento representou as vitaminas α -tocoferol e β -caroteno presentes na carne de animais terminados à pasto, com melhoria na estabilidade da cor e na retenção do vermelho intenso no final da exposição no varejo.

Considerando-se que a mioglobina tem afinidade tanto pela água quanto por lipídeos, o uso da sinergia entre antioxidantes hidrofóbicos e hidrofílicos pode ser mais eficaz na melhoria da estabilidade da cor. Se assim for, a suplementação com α -tocoferol pode ser fornecida à alimentos enriquecidos com compostos fenólicos. Por outro lado a implicação de variações genéticas no

sistema endógeno antioxidante para a estabilidade da cor na carne pode ser investigada (LI & LIU 2012).

MERCIER et al. (2004) verificaram que a dieta de bovinos tem um efeito importante sobre o estado antioxidante da carne, tais como o conteúdo de vitamina E e as atividades das enzimas antioxidantes. A terminação à pasto representou algumas vantagens em relação a dieta mista para a oxidação lipídica, pois a proteção antioxidante compensa o efeito da alta taxa pró-oxidante dos ácidos graxos poliinsaturados.

Os carotenoides são compostos de pigmentos vegetais sintetizados por plantas superiores. Xantofilas, caroteno e licopeno são responsáveis pela cor amarela, laranja e vermelha, respectivamente. Ruminantes que recebem dietas à pasto adquirem os carotenoides, que são incorporados no leite e na gordura da carne, acentuando a cor amarelada. Embora a intensidade desta cor na gordura da carcaça seja considerada negativa, do ponto de vista do consumidor em muitos países, esta coloração está associada com um saudável perfil de ácido graxo e de antioxidantes (DUNE et al., 2009; DALEY et al., 2010).

No entanto, o conteúdo real dos carotenoides é afetado por vários fatores, espécies e estágio de maturidade da planta e nível de adubação do solo. (NOZIÈRE et al. 2006a, GRAULET et al. 2012). Existe influência de variação diurna, já que evidências demonstram níveis mais elevados deste pigmento no período da manhã, como também em partes da planta, o conteúdo das folhas são consideravelmente superiores às hastes (KALAC, 2012). Na produção de silagem ou feno cerca de 80% do teor de carotenoide é destruído (CHAUVEAU et al. 2005; DALEY et al., 2010).

Ácidos graxos voláteis, como os ácidos fórmico e propiônico, têm sido constantemente utilizados como conservantes de silagens (KALAC, 2013). LINDQVIST et al. (2011) estudaram o conteúdo de β -caroteno em grama ensilada, em silagem preparada com a mistura de bactérias produtoras de ácido láctico mais enzimas que hidrolisam polissacarídeos e também em silagem preparada com uma mistura de ácido fórmico e ácido propiônico, encontrando proporções de 3,9; 8,0 e 22,5% de perda em relação ao teor inicial de β -caroteno na grama.

A vitamina A, também conhecida como o β -caroteno está localizada na família dos carotenoides, que reduzem melhor os produtos de oxidação a baixos

níveis de oxigênio, já que altos níveis levam à destruição destes pigmentos. Os carotenoides agem como desativadores do oxigênio singlete ou como sequestradores dos radicais peroxila, reduzindo a oxidação do DNA e lipídios, que está associada a doenças degenerativas, como câncer e doenças cardíacas (BURRI 1997, BARREIROS et al., 2006). Segundo DALEY et al. (2010), em um estudo de revisão, algumas evidências demonstram que o β -caroteno também não é degradado no rúmen.

Na revisão feita por KALAC et al. (2012) houve comparação da silagem de milho com a silagem de gramíneas na alimentação de vacas leiteiras. Verificou-se que o teor de carotenóides foi bem inferior em leites de vacas alimentadas com silagem de milho em comparação às alimentadas com silagem de gramíneas, levando a conclusão que em geral, a silagem de milho tem sido uma pobre fonte de carotenóides. A inclusão da silagem de milho na proporção de 304 g kg⁻¹ de animal aumenta em 32% o ganho de peso, além de produzir uma cor mais pálida na gordura da carne (KEADY et al., 2013), aspectos considerados positivos para produtores.

Agentes antimicrobianos, como bactericidas e extratos de plantas têm mostrado eficácia contra as bactérias e também para o controle de processos oxidativos. O extrato de alecrim, quando incorporado no filme de polipropileno, melhorou a estabilidade da mioglobina de bifes de carnes pela inibição da metamioglobina e oxidação lipídica (NERIN et al., 2006; AYMERICH et al., 2008).

Longissimus thoracis de animais da raça Rubia Gallega, que receberam a adição de extrato de semente de uva na dieta, obtiveram um efeito positivo sobre a diminuição dos valores de TBARS em relação a amostra controle. A concentração de TBARS média foi significativamente menor para os tratamentos com extrato de semente de uva do que para o controle (0,23 vs 0,28 mg kg⁻¹). Já a concentração média de TBARS para amostras que foram adicionadas de extrato de alecrim foi estatisticamente igual às amostra controle e de semente de uva (0,25 mg kg⁻¹ de carne) (FRANCO et al., 2012).

Cada vez mais a indústria de carnes tem apresentado uma maior variedade de produtos cárneos processados. Esse aumento na variedade de processados traz consigo um aumento na demanda por aditivos que permitam maior período de conservação sem que haja alteração das propriedades sensoriais dos produtos cárneos. Por outro lado, cresce a pressão do consumidor para que a

indústria reduza ou mesmo elimine o uso de aditivos sintéticos, substituindo os mesmos por aditivos naturais. Dentro desse contexto, os aditivos naturais apresentam-se como uma alternativa viável, atendendo ao mesmo tempo os anseios do consumidor e as necessidades da indústria da carne (COTRIM, 2011).

Extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) exibiram uma atividade antioxidante potente e são amplamente utilizados na indústria alimentar. A atividade antioxidante dos extratos de alecrim tem sido associada com a presença de vários compostos fenólicos, tais como o ácido carnósico, carnosol e rosmanol, (GEORGANTELIS et al., 2007). A adição de 1000 ppm de extrato de alecrim em salsichas congeladas pré-cozidas manteve o mesmo nível de oxidação de amostras que receberam os antioxidantes BHA e BHT (SEBRANEK et al, 2005). Alterações na cor da carne moída irradiada também foi inibida com a adição de extrato de alecrim (FORMANEK et al., 2003).

A quitosana pode ter propriedade quelante sobre a atividade catalítica do íon ferro e com isso consegue inibir reações de mudança de coloração e oxidação lipídica durante a estocagem e processamentos térmicos da carne (KAMIL et al., 2002; GEORGANTELIS et al., 2007).

GEORGANTELIS et al. (2007) verificaram que hambúrgueres bovinos que receberam quitosana adicionada em combinação ou não com alecrim ou α -tocoferol, obtiveram retardamento da oxidação lipídica e melhor retenção da cor durante o armazenamento congelado (-18 °C) durante 180 dias. Os melhores resultados foram obtidos com a combinação de alecrim com quitosana.

A ficocianina e a aloficocianina possuem capacidade de reagir com substâncias reativas ao oxigênio geradas durante o processo oxidativo (CENTENARO et al., 2010). A ficocianina é o principal pigmento da microalga *Spirulina platensis*, podendo chegar a 20% em peso seco (ESTRADA et al., 2001), sendo um biocorante natural azul, que pode apresentar uma variedade de propriedades farmacológicas, sendo de grande importância industrial (MORAES et al., 2007).

O estudo de BERTOLIN et al. (2011) utilizou antioxidantes naturais e sintéticos para inibir a formação de peróxidos e também de substâncias secundárias no charque. Os antioxidantes naturais ficocianina e α -tocoferol com ácido ascórbico evidenciaram uma capacidade de inibição da oxidação lipídica

semelhante ao do antioxidante sintético BHT, o que favorece a possível substituição de substâncias artificiais por substâncias naturais na indústria de alimentos.

O ácido elágico, polifenol encontrado em vegetais e castanhas, apresenta propriedade antioxidante com redução de até 85% de malonaldeído como também propriedades protetoras para a cor da carne bovina (BIANCHI & ANTUNES, 1999; HAYES et al., 2009).

Os resultados obtidos por KIM et al. (2013) sugerem que o molho de soja foi capaz de inibir significativamente a formação de produtos primários e secundários da oxidação lipídica em empadas de carne bovina. A utilização combinada de molho de soja com o ácido ascórbico pode ser mais eficaz na prevenção da mudança de cor e da oxidação lipídica.

2.6 Enzimas antioxidantes

No animal vivo, enzimas antioxidantes endógenas, juntamente com outras moléculas trabalham para manter a homeostase redox, sendo as mais importantes, a catalase, a glutathione peroxidase e o superóxido dismutase. A catalase bem como a superóxido dismutase removem o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), enquanto a glutathione reduz além do H_2O_2 , peróxidos orgânicos, como os peróxidos de lipídeos (JACOB, 2005; INSANI et al 2008; MATES et al., 1999).

Estas enzimas são reguladas pelo potencial genético e vários fatores celulares. Músculos oxidativos tem maior atividade antioxidante enzimática frente aos músculos lipolíticos, o que justifica a maior concentração de mioglobina e utilizam mais ácidos graxos como substrato de energia (RENEERE et al., 1996; LAWRIE 1991).

As mitocôndrias são considerados a principal fonte de formação de radicais livres (CADENAS & DAVIS, 2000) nos sistemas de tecidos de animais vivos. A cadeia mitocondrial de transporte de elétrons e suas reações geram ânion superóxido, os radicais que podem ser posteriormente convertidos em peróxido de hidrogênio (BEKHIT et al 2013).

Quando o animal é abatido e passado pela etapa de sangria, as atividades destas enzimas se limitam ao remanescente do encontrado no início da morte

celular (LI & LIU, 2012). A identificação do estado antioxidante de animais vivos antes do abate seria uma valiosa estratégia para aumentar a vida de prateleira da carne, uma vez que poderia manter a cor vermelho intensa, evitando assim, a mudança de cor da carne (BEKHIT et al., 2013).

Carnes de animais alimentados à pasto apresentaram maior teor de glutathione total quando comparados com animais alimentados com cereais, indicando que a dieta à pasto conferiu um ambiente redutor para o músculo (DESCALZO et al., 2007).

A glutathione é uma proteína identificada nos alimentos que funciona como um antioxidante, principalmente como um componente do sistema de enzima contendo glutathione oxidase e redutase. Dentro da célula, esta proteína tem a capacidade de extinção de radicais livres (como o peróxido de hidrogênio), protegendo assim, a célula de lipídeos ou proteínas oxidadas e também de danos ao DNA. A glutathione e suas enzimas associadas são encontradas em praticamente todos os tecidos de plantas e animais e é absorvida pelo intestino delgado (VALENCIA et al., 2001).

Carnes de animais alimentados com forragens de cor verde intensa possuem maiores quantidades de glutathione em relação aos animais alimentados com grãos (DALEY et al., 2010), enzimas como a superóxido dismutase e a catalase também são encontradas em maiores quantidades em carnes de animais alimentados à pasto (GATELLIER et al., 2004).

Não há dúvida de que a glutathione está envolvida, quer como um agente redutor ou como um substrato para a glutathione peroxidase, nas reações que levam à oxidação lipídica e da mioglobina. Se a correlação entre a concentração de glutathione no músculo e na estabilidade da cor em carne fosse confirmada, seria possível identificar características hereditárias bioquímicas para criação de animais com excelente estabilidade de cor (LI & LUI 2012).

Devido ao seu papel dominante no sistema antioxidante endógeno, a variação na concentração de glutathione genética pode estar associada com o estado redox nos tecidos. Isto pode determinar a capacidade desta proteína de reduzir no período post mortem (LIU et al., 2011).

No trabalho de LIU et al. (2011) foi utilizado o sistema de glutathione como modelo para investigar a relação entre o sistema redox endógeno e a estabilidade da cor juntamente com a composição de ácidos graxos na carne

bovina, com o objetivo de se obter um melhor entendimento desta relação para identificar características bioquímicas hereditárias, que aumentem a abordagem genética para melhorar a estabilidade da cor da carne. Interações entre os diversos pares redox e enzimas relacionadas tornaram a relação muito complexa e, portanto, o foco da pesquisa precisa ser reduzido para os índices-chave que se relacionam intimamente com o estado redox da mioglobina.

A adição de altos níveis de catalase exógena à carne picada (1600 e 4000 unidades g^{-1} de carne) reduziu significativamente a concentração de TBARS, em 10% e 6%, respectivamente. Os autores sugeriram que a catalase desempenha um papel importante na estabilização de lipídeos. (PRADHAN et al., 2000).

Segundo INSANI et al. (2008) as enzimas antioxidantes superóxido dismutase e catalase não foram influenciadas de forma significativa em carnes de animais alimentados a pasto e em confinamento. Segundo o mesmo autor, estas enzimas poderiam contribuir para estabilizar o estado antioxidante da carne durante a armazenagem e inversamente, a diminuição da atividade glutatona peroxidase poderia ser um indicador de deterioração da carne.

2.7 Conservação da carne pelo congelamento

Restrições de tempo e custo levam consumidores e pesquisadores a utilizarem métodos de conservação de alimentos, como por exemplo o congelamento. Vários estudos estão voltados aos efeitos do congelamento sobre a qualidade da carne, mas aspectos relacionados ao descongelamento também devem ser considerados, uma vez que este procedimento indica a fase final do armazenamento, devendo reter os atributos de qualidade tão próximos quanto possíveis aos da carne fresca (EASTRIDGE & BOWKER, 2011).

Consumidores optam pelo consumo de carnes que não foram congeladas, pois relacionam o congelamento com a redução na qualidade da carne. Esta inferiorização da qualidade ainda não foi comprovada cientificamente, além das indústrias fornecedoras de carne conseguirem suprir o mercado com carne refrigerada, fazendo prevalecer esta opinião (LAGERSTEDT et al., 2008).

A taxa de congelamento pode afetar a qualidade da carne através das alterações estruturais que ocorrem durante o congelamento, devido à formação de cristais de gelo (UTTARO & AALHUS, 2007). Os cristais formados dependem da temperatura utilizada no processo, sendo a taxa de congelamento rápido

responsável pela formação de cristais de gelo intracelulares, que tem a característica de diminuir a exsudação durante o descongelamento (BALLIN & LAMETSCH, 2008). Fatores como o volume da carne, suas propriedades térmicas (por exemplo, o calor específico e condutividade térmica), a temperatura do meio de refrigeração, o método de aplicação de refrigeração e a natureza do material de embalagem usado interferem na taxa de congelamento (ZHOU et al., 2010).

Já o congelamento convencional, à -20°C , conduz a formação de cristais de gelo irregulares e relativamente grandes (ZHU et al., 2004), o que pode originar depois do congelamento, danos físicos para às microestruturas da carne (MUELA et al., 2010).

MUELA et al. (2010) detectaram que o congelamento feito em túnel, caracterizado como procedimento rápido, foi o melhor tratamento aplicado à carne de cordeiro, frente ao congelamento convencional e ao congelamento pela câmara de nitrogênio, pois diminuiu tanto as perdas por exsudação durante o descongelamento, quanto os níveis de oxidação.

2.8 Oxidação na carne congelada

Uma das principais causas de alterações nos parâmetros de qualidade durante a armazenagem da carne se dá por processos oxidativos que ocorrem em frações de lipídeos e de proteínas da carne, sendo afetadas pela duração e temperatura de armazenagem, como também pela presença de oxigênio (SUN et al., 2002, POPOVA et al., 2009).

Embora os alimentos congelados sejam microbiologicamente estáveis, eles são propensos à degradação durante a armazenagem devido a reações químicas (AKKÖSE & AKTAS, 2008).

Durante o armazenagem, a oxidação lipídica em produtos refrigerados e congelados é geralmente lenta, uma vez que as espécies reativas são solúveis na fração lipídica e estáveis à baixas temperaturas (ZARZYCKY & SWINIARSKA, 1993). O congelamento pode facilitar a oxidação lipídica, devido aos efeitos de concentração (FOEGEDING et al., 1996).

Segundo LIMA JÚNIOR et al. (2010) a refrigeração diminuiu a atividade molecular e reduz as interações entre as moléculas oxidativas e os lipídeos

cárneos são alterados pela oxidação em maior proporção em temperaturas mais altas, conforme mostrado no trabalho de LIMBO et al. (2010) que observaram maiores valores de TBARS na carne de ruminantes armazenada a 15,5°C (0,305 mg de MDA kg⁻¹ de carne) quando comparada a carnes armazenadas a 8,1°C (0,105 mg de MDA kg⁻¹ de carne) e 4,3°C (0,081 mg de MDA kg⁻¹ de carne).

Valores de TBARS foram analisados em *Longissimus dorsi* armazenados a -9, -13 e -18 °C e os resultados demonstraram que o malonaldeído foi diminuindo com a redução da temperatura de congelamento. O período de armazenamento também afetou significativamente os valores de TBARS, que aumentaram com o aumento do período de armazenamento de congelados. No período de seis meses em todas as temperaturas analisadas, os valores de TBA não foram superiores a 1,2 mg kg⁻¹ (AKKÖSE & AKTAS 2008). Em comparação ao trabalho de LEE et al. (2002) que relataram que os produtos à base de carne de boa qualidade exibiram valores de TBA menores que 0,46 mg kg⁻¹ e de produtos à base de carne fora dos padrões aceitáveis exibiram valores de TBA superior a 1,2 mg kg⁻¹, as amostras de carne bovina congeladas citadas acima não apresentaram-se fora dos padrões aceitáveis para oxidação lipídica.

A utilização de baixas temperaturas, como por exemplo a de -55°C, utilizada no congelamento criogênico diminuem em grande proporção reações enzimáticas e de rancidez oxidativa durante o armazenamento (ZHOU et al., 2010). A temperatura de -55 °C tem sido sugerida como condição de armazenamento ideal para carne congelada pois é capaz de evitar completamente as mudanças de qualidade (HANSEN et al., 2004).

Congelamento criogênico oferece um tempo de congelamento rápido em comparação com congelamento de ar convencional devido a grandes diferenças de temperatura entre o fluido criogênico e a carne e também a elevada taxa de transferência de calor a partir da superfície resultante de ebulição do fluido criogênico. Este tipo de congelamento não requer nenhum equipamento de refrigeração mecânica, simplesmente um tanque criogênico e o equipamento de pulverização adequado. No entanto, pode haver alguma distorção da forma do produto causada pela processo criogênico que pode ter impacto sobre a aplicação comercial. Além disso, o custo do líquido criogênico é relativamente elevado e portanto, podem limitar a sua aplicação comercial. (LOVATT et al., 2004).

A fim de reduzir o impacto negativo de oxidação na qualidade da carne bovina tem-se utilizado embalagem a vácuo, que apesar da continuação do processo de maturação, o produto adquire melhor sabor e cor (POPOVA et al., 2009).

A embalagem à vácuo é amplamente utilizada para o armazenamento e distribuição de peças de carne, pois limita oxidação lipídica consideravelmente (RENERRE et al., 2000). Bifes de *Longissimus thoracis* embalados à vácuo e congelados apresentaram níveis estáveis de oxidação lipídica até 90 dias de armazenamento e não apresentaram efeito negativo sobre a avaliação por um painel sensorial (VIEIRA et al., 2009).

Várias tecnologias vêm sendo desenvolvidas buscando redução da oxidação lipídica e aumento da vida de prateleira da carne, a saber: embalagens a vácuo, atmosfera modificada, utilização de antioxidantes (LIMA JÚNIOR et al., 2011).

A utilização de embalagens com atmosfera modificada também são estudadas para verificação da oxidação lipídica. ESMER et al. (2011) estudaram a estabilidade oxidativa de carnes picadas embaladas com diversos teores de oxigênio/gás carbônico/nitrogênio. Como resultados obtiveram que, tanto o aumento da concentração de CO₂ para 30% quanto a concentração de oxigênio para 70% aumentaram a oxidação. Entre as cinco embalagens com atmosfera modificada com gás de composição diferente, a com O₂/CO₂/N₂: 50/30/20 obteve os melhores resultados para a estabilidade oxidativa.

Tem sido sugerido que a melhoria da estabilidade de armazenamento do alimento de longa duração pode ser alcançada por meio do armazenamento de alimentos num estado vítreo amorfo congelado, onde as moléculas são imobilizadas resultando em uma viscosidade extremamente elevada (AKKÖSE & AKTAS, 2008). Os mesmos autores estudaram a adição de agentes crioprotetores em *Longissimus dorsi* congelados e detectaram que houve um aumento nos valores de TBA em amostras adicionadas de agentes crioprotetores e que esse aumento foi provavelmente devido a alterações físico-químicas.

Segundo JITTINANDANA et al. (2005) os crioprotetores adicionados a um sistema aquoso podem criar microambientes no sistema congelado onde os pro-oxidantes podem tornar-se mais concentrados ou a facilidade da oxidação

lipídica ocorre pela maior hidratação gerada pelo agente crioprotector que auxilia na difusão de pró-oxidantes solúveis em água.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A oxidação lipídica bem como da mioglobina atribuem características indesejáveis do ponto de vista do consumidor. Métodos para prevenir estas reações são estudados exaustivamente. A utilização de antioxidantes naturais bem como a terminação de bovinos à pasto geram carnes com menos índices de oxidação lipídica bem como, com maior retenção da cor vermelho brilhante.

Com o uso da dieta mencionada acima, a carne torna-se nutricionalmente mais saudável, devido à elevação de ácidos graxos insaturados e vitaminas lipossolúveis, mas os componentes pró-oxidantes acabam utilizando essas vitaminas, que agem contra a oxidação dos ácidos graxos insaturados e consequentemente diminuem seus teores na carne. Sendo assim, é necessário a divulgação desta informação à sociedade, visto que para muitos o sistema de confinamento é o melhor em comparação a terminação à pasto, pois é capaz de produzir carnes com gorduras menos amarelas e animais com maior peso para o abate.

Maiores estudos devem ser feitos inserindo antioxidantes naturais na dieta bovina, como extratos de alecrim, sementes de uva, resíduos de cascas e sementes de frutas, a fim de verificar a oxidação lipídica na carne bovina armazenadas por um maior período de tempo. Fatores que aumentam a atividade e a concentração das enzimas antioxidantes também devem ser mais exploradas em pesquisas científicas, uma vez que estas enzimas são capazes de reduzir o nível de oxidação.

Aliado aos antioxidantes, os métodos de processamento para inibir o aparecimento de odores desagradáveis e a mudança de coloração na carne são importantes. No congelamento, quanto menor a temperatura e menor o contato com o oxigênio, menores serão os níveis de oxidação na carne e consequentemente maiores teores de ácidos graxos poliinsaturados, como o ômega 3 estarão presentes na carne bovina.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARNAO, M. B.; CANO, A.; HERNÁNDEZ-RUIZ, J.; GARCÍA-CÁNOVAS, F.; ACOSTA, M. Inhibition by L-ascorbic acid and other antioxidants of the 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) oxidation catalyzed by peroxidase: a new approach for determining total antioxidant status of foods. **Analytical Biochemistry**, New York. v.236, n.2, p 255 – 261, 1999.
2. ARAÚJO, J. M. A. **Oxidação de lipídeos em alimentos**. In: ARAÚJO, J. M. A. Química de alimentos: Teoria e prática. 5. ed. Viçosa: UFV, 2011, cap. 1, p. 15-122.
3. AKKÖSE, A.; AKTAS, N. Determination of glass transition temperature of beef and effects of various cryoprotective agents on some chemical changes. **Meat Science**, Barking, v.80, n. 3, p. 875-878, 2013.
4. D'ARCE, M. A. B. R. **Deterioração de lipídeos** – Ranço. In: OETTERER, M.; ARCE, M. A. B. R.; SPOTO, M. H. F. Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Tamboré: Manole, 2006, cap. 6. p. 243-295.
5. ATAY, O.; GÖKDAL, O.; EREN, V.; ÇETİNER, S.; YIKILMAZ, H. Effects of dietary vitamin E supplementation on fattening performance, carcass characteristics and meat quality traits of Karya male lambs. **Archiv Tierzucht**, Fuchu, v. 52, n. 6, p. 618-626, 2009.
6. AYMERICH, T; PICOUET, P. A.; MONFORT, J. M. Decontamination technologies for meat products. **Meat Science**, Barking, v. 78, n.3, p. 114–129, 2008.
7. BAILEY, A. E. **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**. New York: John Wiley, 5. ed., v. 3, 2005, 643 p.
8. BALLIN, N. Z.; LAMETSCH, R. Analytical methods for authentication of fresh vs. thawed meat – A review. **Meat Science**, Barking, v. 80, n. 2, p. 151-158, 2008. BARREIROS, A. L. B. S.; DAVIS, J. M. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.
9. BEKHIT, A. E. A.; HOPKINS, D. L.; FAHRI, F. T.; PONNAMPALAM, E. N. Oxidative Processes in Muscle Systems and Fresh Meat: Sources, Markers, and Remedies. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Malden, v. 12, n. 5, p. 565-597, 2013.
10. BELITZ, H. D.; GROSCH, W. **Food chemistry**. 2. ed. Berlim: Springer Verlag, 1999, 715 p.
11. BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**; Berlim: Springer Verlag, 2009, 1070 p.

12. BERTOLIN, T. M.; MARGARITES, A. C. F.; GIACOMELLI, B.; FRUETTI, A.; HORST, C.; TEIXEIRA, D. M. F. Ficocianina, tocoferol e ácido ascórbico na prevenção da oxidação lipídica em charque. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 4, p. 301-307, 2011.
13. BIANCHI, M. D. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Brazilian Journal of Nutrition**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999.
14. BUCKLEY, D. J.; MORRISSEY, P. A.; GRAY, J. I. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 10, p. 3122–3130, 1995.
15. CADENAS, E.; DAVIS, K. J. A. Mitochondrial free radical generation, oxidative stress and aging. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v. 29, n. 3-4, p.222–30, 2000.
16. CAMPO, M. M.; NUTE, G. R.; HUNGHERS, S. I.; ENSER, M.; WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, Barking, v. 72, n. 2 p. 303–311, 2006.
17. CENTENARO, A.; AMARAL, F. U. I.; GUARIENTI, C.; VIGANÓ, G. S.; COLLA, L. M.; COSTA, J. A. V.; BERTOLIN, T. E. Restrição calórica e ficocianina no processo do envelhecimento de ratos. **Revista Brasileira de Ciências do Envelhecimento Humano**, Passo Fundo, v. 7, supl. 1, p. 80-89, 2010.
18. CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.
19. CHAIJAN, M.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; FAUSTMAN, C. Changes of pigments and color in sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) muscle during iced storage. **Food Chemistry**, London, v. 93, n. 4, p. 607-617, 2005.
20. CHANGE, B.; SIES, H.; BOVERIS, A. Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. **Physiological Reviews**, Baltimore, v.59, n.3, p. 527-605, 1979.
21. CHAUVEAU-DURIOT, B.; THOMAS, D.; PORTELLI, J.; DOREAU, M. **Carotenoids content in forages: variation during conservation**. Renc Rech Ruminants, 2005, 117 p.
22. CONEGLIAN, S. M.; LIMA, B. S.; SILVA, L. G.; LAZZARI, C. M.; SERRANO, R. D. C.; TONELLO, C. L. Utilização de antioxidantes nas rações. **PUBVET**, Londrina, v. 5, n. 5, Ed. 152, Art. 1026, 2011.
23. COSTA, M. R.; BERGAMIN FILHO, W.; CIPOLLI, K. M. V. A. B.; SILVEIRA, E. T. F.; FELÍCIO, P. E. Perfil sensorial e aceitação de presuntos crus produzidos

por métodos tradicionais e acelerados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n.1, p. 170-176, 2007.

24. COTRIM, W. S. Antioxidantes naturais e seus efeitos sobre a cor e nível oxidativo de carne bovina. **Revista da Associação Brasileira de Criadores de Zebú**, Uberaba, nº60, p. 52-55, 2011.

25. DALEY, C. A.; ABBOTT, A.; DOYLE, P. S.; NADER, G. A. LARSON, S. A, Review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. **Nutrition Journal**, London, v. 10, n. 9, p. 1-12, 2010.

26. DESCALZO, A. M. ROSSETTI, L.; GRIGIONI, G.; IRURUETA, M.; SANCHO, A. M.; CARRETE, J. PENSEL, N. A. Antioxidant status and odour profile in fresh beef from pasture or grain-fed cattle. **Meat Science**, Barking, v. 75, n. 2, p. 299–307, 2007.

27. DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH•. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

28. DUNE, P. G.; MONAHAN, F. J.; MARA, F. P. O.; MOLONEV, A. P. Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. **Meat Science**, Barking, v. 81, n.1, p. 28-45, 2009.

29. EASTRIDGE, J. S. BOWKER, B. C. Effect of Rapid Thawing on the Meat Quality Attributes of USDA Select Beef Strip Loin Steaks. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 21, n. 2, p. 156-162, 2011.

30.ESMER, O. K.; IRKINB, R.; DEGIRMENCIOGLU, N.; DEGIRMENCIOGLU, A. The effects of modified atmosphere gas composition on microbiological criteria, color and oxidation values of minced beef meat. **Meat Science**, Barking, v. 88, n. 2, p. 221-226, 2011.

31. ESTRADA, J. E. P.; BESCÓS, P.; VILLAR D. F. Antioxidant activity of different fractions of *Spirulina platensis* protean extract. **Farmaco**, Pavia, v. 56, n. 5-7, p. 497-500, 2001.

32. EVANGELISTA, C. M.; REGITANO-DARCE, M. A. B. Análise espectrofotométrica da ação das lipoxigenases em grãos de soja macerados em diferentes temperaturas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.3, 1997.

33. FAO. Disponível em: www.fao.org/docrep/v7180e/v7180e06.htm, Acesso em: 07 de out. 2013.

34. FAUSTMAN, C.; SUN, Q.; MANCINI, R.; SUMAN, S. P. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. **Meat Science**, Barking, v. 86, n. 1, p. 86-94, 2010.
35. FOEGEDING, E. A., LANIER, T. C. AND HULTIN, H. O. Characteristics of edible muscle tissues. In: FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**, New York: Marcel Dekker, 1996, p. 880-942.
36. FONSECA, M. M.; YOSHIDA, M. I. Análise térmica do óleo de linhaça natural e oxidado. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 11, n. 1/3, p. 61-75, 2009.
37. FORMANEK, Z.; LYNCH, A.; GALVIN, K.; FARKAS, J.; KERRY, J. P. Combined effects of irradiation and the use of natural antioxidants on the shelf life stability of overwrapped minced beef. **Meat Science**, Barking, v. 63, n. 4, p. 433–440, 2003.
38. FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2008, p. 93-98.
39. FRANCO, D. GONZÁLEZ, L.; BISPO, E. LATORRE, A.; MORENO, T.; SINEIRO, J.; SANCHEZ, M. NÚÑEZ, M. J. Effects of calf diet, antioxidants, packaging type and storage time on beef steak storage. **Meat Science**, Barking, v. 90, n. 4, p. 871-880, 2012.
40. GATELLIER P, MERCIER Y, RENERRE M. Effect of diet finishing mode (pasture or mixed diet) on antioxidant status of Charolais bovine meat. **Meat Science**, Barking, v.67, n. 3, p. 385-94, 2004.
41. GEORGANTELIS, D.; BLEKAS, G.; KATIKOU, P.; AMBROSIADIS, I.; FLETOURIS, D. Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers. **Meat Science**, Barking, v. 75, n. 2, p. 256-264, 2007.
42. GORDON, M. H. Measuring antioxidant activity. In: POKORNY, J.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M. H. **Antioxidants in food: Practical applications**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2001, 400 p.
43. GRAULET, B.; PIQUET, M.; DURIOT, B.; PRADEL, P.; HULIN, S.; CORNU, A.; PORTELLI, J.; MARTIN, B.; FARRUGGIA, A. **Variations in the micronutrient content of grass in medium-altitude grassland and transfer to milk**. French: Fourrages, 2012, p. 59–68.
44. GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, Barking, v. 43, n. 1, p. 111–123, 1996.
45. HANSEN, E., JUNCHER, D., HENCKEL, P., KARLSSON, A., BERTELSEN, G., & SKIBSTED, L. H. Oxidative stability of chilled pork chops following long term freeze storage. **Meat Science**, Barking, v. 68, n. 3, p. 479–484, 2004.

46. HAYES, J. E.; STEPANYAN, V.; ALLEN, P.; O'GRADY, M. N.; O'BRIEN, N. M.; KERRY, J. P. The effect of lutein, sesamol, ellagic acid and olive leaf extract on lipid oxidation and oxymyoglobin oxidation in bovine and porcine muscle model systems. **Meat Science**, v. 83, p. 201-208, 2009.
47. HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and medicine**. 4. ed. Oxford: Oxford University Press, 2007, 540 p.
48. HSIEH, R. J.; KINSELLA, J. E. Oxidation of polyunsaturated fatty acids: mechanisms, products, and inhibition with emphasis on fish. **Advances in Food and Nutrition Research**, San Diego, v.33, p.233-341, 1989.
49. HUANG, B.; HE, J.; BAN, X.; ZENG, H.; YAO, X.; WANG, Y. Antioxidant activity of bovine and porcine meat treated with extracts from edible lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome knot and leaf. **Meat Science**, Barking, v. 87, n. 1 p. 43-56, 2011.
50. INSANI, E. M.; EYHERABIDE, A.; GRIGIONI, G.; SANCHO, A. M.; PENDEL, N. A.; DESCALZO, A. M. Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. **Meat Science**, Barking, v. 79, n. 3, p. 444-452, 2008.
51. JACOB, R. A. The integrated antioxidant system. **Nutrition Research**, Tarrytown, v.15, n. 5 p. 755-766, 1995.
52. JOSE, C. G.; PETHICK, D. W.; GARDNER, G. E.; JACOB, R. H. **Vitamin E will improve the colour stability in lamb; a dose rate investigation**. 54th international congress of meat science and technology (2008) Elsevier (Cape Town, South Africa).
53. JITTINANDANA, S.; KENNEY, P. B.; SLIDER, S. D. Cryoprotectants preserve quality of restructured trout products following freeze-thaw cycling. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 16, n. 4, p.354-378, 2005.
54. KALAC, P. Carotenoids, ergosterol and tocopherols in fresh and preserved herbage and their transfer to bovine milk fat and adipose tissues: A review. **Journal of Agrobiology**, České Budějovice, v. 29, n. 1, p. 1-13, 2012.
55. KAMIL, J.Y.V.A.; JEON, Y.-J.; SHAHIDI, F. Antioxidative activity of chitosans of different viscosity in cooked comminuted flesh of herring (*Clupea harengus*). **Food Chemistry**, London, v. 79, n. 1, p. 69-77, 2002.
56. KATHIRVEL, P.; RICHARDS, M. P. Effect of a membrane permeable metal chelator on iron and hemoglobin-mediated lipid oxidation in washed fish muscle. **Food Research International**, Barking, v. 48, n. 2, p. 346-352, 2012.
57. KEADY, T. W. J.; GORDON, A. W.; MOSS, B. W. Effects of replacing grass silage with maize silages differing in inclusion level and maturity on the performance, meat quality and concentrate-sparing effect of beef cattle. **Animal**, Cambridge, v. 7, n. 5, p. 768-77, 2013.

58. KIM, H. W.; CHOI, Y. S.; CHOI, J. H.; KIM, H. Y.; HWANG, K. E.; SONG, D. H.; LEE, S. Y.; LEE, M. A.; KIM, C. J. Antioxidant effects of soy sauce on color stability and lipid oxidation of raw beef patties during cold storage. **Meat Science**, Barking, v. 95, n. 3, p. 641–646, 2013.
59. KUBOW, S. Routes of formation and toxic consequences of lipid oxidation products in foods. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v.12, n.1, p.63-81, 1992.
60. LABUZA, T. P.; DUGAN JR., L. R. Kinetics of lipid oxidation in foods. **CRC Critical Reviews in Food Technology**, Cleveland, v. 2, n. 3, p.55–405, 1971.
61. LAGERSTEDI, A.; ENFÄLT, L.; JOHANSSON, L.; LUNDSTROM, K. Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef *M. Longissimus dorsi*. **Meat Science**, Barking, v. 80, n. 2 p. 457–461, 2008.
62. LAWRIE, R.A. **Meat Science**. Oxford: Pergamon Press, 1991, 368 p.
63. LEE, Y. C., YANG, H. S.; KIM, D. H. Shelf-life determination of precooked frozen pork meat patties at various temperatures. **Journal of Food Processing Preservation**, Malden, v. 26, n. 3, p. 165–177, 2002.
64. LEEDLE, R. A., LEEDLE, J. A. Z., & BUTINE, M. D. Vitamin E is not degraded by ruminal microorganism. Assessment with ruminal contents from a steer fed a high concentrate diet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n.12, p. 3442–3450, 1993.
65. LI, Y.; LIU, S. Reducing lipid peroxidation for improving colour stability of beef and lamb: on-farm considerations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 92, n. 4, p. 719–726, 2012.
66. LIMA JÚNIOR, D. M.; RANGEL, A. H. N.; URBANO, S. A.; MORENO, G. M. B. Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v.7, n.1 p.14-28, 2013.
67. LIMBO, S.; TORRI, L.; SINELLI, N.; FRANZETTI, L.; CASIRAGHI, E. Evaluation and predictive modeling of shelf life of minced beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging at different temperatures. **Meat Science**, Barking, v. 84, n. 1, p. 129–136, 2010.
68. LIU, S. M.; SUN, H. X.; JOSE, C.; MURRAY, A.; SUN, Z. H.; BRIEGEL, J. R.; JACOB, R.; TAN, Z. L. Phenotypic blood glutathione concentration and selenium supplementation interactions on meat colour stability and fatty acid concentrations in Merino lambs. **Meat Science**, Barking, v. 87, n. 2, p. 130–139, 2011.
69. LINDQVIST, H.; NADEAU, E.; JENSEN, S. K. Alphatocopherol and β -carotene in legume-grass mixtures as influenced by wilting, ensiling and type of

silage additive. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.67, n. 1, p. 119–128, 2011.

70. LÓPEZ-BOTE, C. J., DAZA, A., SOARES, M., & BERGES, E. Dose–response effect of dietary vitamin E concentration on meat quality characteristics in light- weight lambs. **Animal Science**, Penicuik, v. 73, n. 3, p.451–457, 2001.

71. LORENZO, J. M. GÓMEZ, M. Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. **Meat Science**, Barking, v. 92, n. 4, p. 610–618, 2012.

72. LOVATT, S. J., JAMES, C., JAMES, S. J., PHAM, Q. T., & JEREMIAH, L. E. **Refrigeration and freezing technology**. In J. Werner Klinth (Ed.), Encyclopedia of Meat Sciences, Oxford: Elsevier, p. 1131–1161, 2004

73. MACEDO, R. E. F.; ROSSA, L. S.; NUNES, L. C. A. S.; BIASI, R. S.; GOMES, C.; GALEB, L. A. G.; KIRSCHNIK, P. G. Atmosferas modificadas para conservação de carnes frescas: tendências e aplicabilidade tecnológica do monóxido de carbono. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 469-482, 2009.

74. MADHAVI, D. L.; DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. K. **Food antioxidants: Technological, toxicological**. New York: Marcel Dekker, 1996, 512 p.

75. MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, Barking, v. 71, n. 1, p. 100–121, 2005.

76. MATES, J. M, PEREZ-GOMEZ C.; DE CASTRO, I. N., Antioxidant enzymes and human diseases. **Clinical Biochemistry**, Toronto, v. 32, n. 8, p. 595–603, 1999.

77. MCKENNA, D. R.; MIES, P. D.; BAIRD, B. E.; PFEIFFER, K. D.; ELLEBRACHT, J. W.; SAVELL, J. W. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. **Meat Science**, Barking, v. 70, n. 4, p. 665-682, 2005.

78. MELTON, S. L. Effects of feeds on flavor of red meat: A review. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 68, n. 12, p. 4421–4435, 1990.

79. MERCIER, Y.; GATELLIER, P.; RENERRE, B. M. Lipid and protein oxidation in vitro, and antioxidant potential in meat from Charolais cows finished on pasture or mixed diet. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 2, p. 467–473, 2004.

80. MORAES, C. C.; BURKERT, J. F. M.; COSTA, J. A. V.; KALIL, S. J. Extração de ficocianina a partir de diferentes biomassas de *Spirulina sp.* **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.4, p.529-532, 2007.

81. MUELA, E.; SAÑUDO, C.; CAMPO, M. M.; MEDEL, I.; BELTRÁN, J. A. Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display. **Meat Science**, Barking, v. 84, n. 4, p. 662-669, 2010.
82. NERIN, C.; TOVAR, L.; DJENANE, D.; CAMO, J.; SALAFRANCA, J.; BELTRAN, A.; ROÇALES, P. Stabilization of beef meat by a new active packaging containing natural antioxidants. **Journal of Agricultural & Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 20, p. 7840–7846, 2006.
83. NOZIÈRE P, GRAULET B, LUCAS A, MARTIN B, GROLIER P, DOREAU M: Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 131, n. 3-4, p. 418–450, 2006.
84. NUTE, G. R.; RICHARDSON, R. I.; WOOD, J. D.; HUNGHERS, S. I.; WILKINSON, R. G.; COOPER, S. L.; SICLAIR, L. A. Effect of dietary oil source on the flavour and the colour and lipid stability of lamb meat. **Meat Science**, Barking, v. 77, n. 4, p. 547-555, 2007.
85. OSAWA, C. C., FELÍCIO, P. E., GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, p. 655-663, 2005.
86. PEREIRA, A. V.; ROMANELLI, P. F.; SCRIBONI, A. S.; BARBOSA, S. R. Estudo de estabilidade sob armazenamento da carne de ema (*Rhea americana*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.2, p. 283-289, 2006.
87. POPOVA, T.; MARINOVA, P.; VASILEVA, V.; GORINOV, Y.; LIDJI, K. **Archiva Zootechnica**, Balotesti, v. 12, n. 3, p. 30-38, 2009.
88. PRADHAN A. A., RHEE K. S., HERNÁNDEZ P. Stability of catalase and its potential role in lipid oxidation in meat. **Meat Science**, Barking, v. 54, n. 4, p. 385-390, 2000.
89. RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.
90. RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 26, n. 9-10, p. 1231–1237, 1999.
91. RENERRE, M. **Oxidative processes and myoglobin. In Antioxidants in Muscle Foods: Nutritional Strategies to Improve Quality.** In: DECKER, E. A.; FAUSTMAN, C.; LÓPEZ-BOTE, C. J. New York: Wiley, 2000; p. 113–133.
92. RESCONI, V. C.; ESCUDERO, A.; CAMPO, M. M. The Development of Aromas in Ruminant Meat. **Molecules**, Switzerland, v. 18, n. 6, p. 6748-6781, 2013.

93. RIPOLL, G.; GONZÁLEZ-CALVO, L.; MOLINO, F.; CALVO, J. H. JOY, M. Effects of finishing period length with vitamin E supplementation and alfalfa grazing on carcass color and the evolution of meat color and the lipid oxidation of light lambs. **Meat Science**, Barking, v. 93, n. 4, p. 906–913, 2013.
94. ROÇA, R. O. **Congelamento**. Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal. Botucatu: UNESP – Campus de Botucatu, 2000, 202 p.
95. ROVELLINI, P. **Ossidazione dei lipidi**. Nota 1. Rivista Italiana delle Sostanze Grasse, Milano, v. 74, n. 5, p. 181-189, 1997.
96. ROWE, L. J.; MADDOCK, K. R.; LONERGAN, S. M. HUFF-LONERGAN, E. Influence of early postmortem protein oxidation on beef quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n.3, p. 785-793, 2004.
97. SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.
98. SEBRANEK, J. G. SEWALT, V. J. H. ROBBINS, K. L. HOUSER T. A. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. **Meat Science**, Barking, v. 69, n. 2, p. 289–296, 2005.
99. SIMIC, M. G.; JAVANOVIC, S. V. Inactivation of oxygen radicals by dietary phenolic compounds in anticarcinogenesis. In: OSAWA, T.; HUANG, T. M.; ROSEN, R. T. **Food Phytochemicals for Cancer Prevention**. Washington: American Chemical Society, 1994, p. 20.
100. SOUZA, A. R. M.; ARTHUR, V.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Alterações provocadas pela irradiação e armazenamento nos teores de ferro heme em carne de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, 2007.
101. SUN, Q., SENEAL, A., CHINACHOTI, P., FAUSTMAN, C. Effects of water activity on lipid oxidation and protein solubility in freeze-dried beef during storage, **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 6, 2512-2516, 2002.
102. STARKE-REED, P. E., & OLIVER, C. N. Protein oxidation and proteolysis during aging and oxidative stress. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 275, n. 2, p. 559–567, 1989.
103. STETZER, A.J.; CADWALLADER, K.; SINGH, T. K.; MCKEITH, F. K.; BREWER, M. S. Effect of enhancement and ageing on flavor and volatile compounds in various beef muscles. **Meat Science**, Barking, v. 79, n. 1, p. 13-19, 2008.
104. TARLADGIS, B.; G. WATTS, B.; M. YOUNATHAN, N.; T.; DUGAN, L. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid

foods. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 37, n. 1, p. 44–48, 1960.

105. UTTARO, B.; AALHUS, J. L. Effect os thawing rate on distribution of na injected salt and phosphate brine in beef. **Meat Science**, Barking, v. 65, n. 3, p. 480-486, 2007.

106. VALENZUELA, A. B.; NIETO S. K. **Los antioxidantes: protectores de la calidad en La industria alimentaria**. Asociación Argentina de Grasas y Aceites. Libro 10° Aniversario. Recopilación de Artículos Técnicos de 1990 - 2000. Ed 1 - 41, Tomo III, p. 85 – 94, 2001.

107. VALENCIA, E.; MARIN, A.; HARDY, G. Glutathione: Nutritional and Pharmacological Viewpoints: Part II. **Nutraceuticals**, Park City, v. 17, p. 485-486.

108. VIEIRA, C.; DIAZ, M.T.; MARTÍNEZ, B.; GARCÍA-CACHÁN, M.D. Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of ageing. **Meat Science**, Barking, v. 83, n. 3, p. 398–404, 2009.

109. VON GADOW, A., JOUBERT, E., HANSMANN, C. F. Effect of extraction time and additional heating on the antioxidant activity of rooibos tea (*Aspalathus linearis*) extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 45, n. 4, 1370-1374, 1997.

110. YANG, A. LANARI, M. C.; BREWSTER, M. TUME, R. K. Lipid stability and meat colour of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. **Meat Science**, Barking, v. 60, n. 1, p. 41–50, 2002.

111. WANASUNDARA, P. K. P. D.; SHAHIDI, F. **Antioxidants: Science, Technology, and Applications**. In: SHAHIDI, F. Bailey's Industrial Oil and Fat Products: Chemistry, Properties and Health Effects. EUA: Wiley-interscience, 6.ed.,v.1, cap.11, 2005.

112. WARREN, H. E.; SCOLLAN, N. D.; NUTE, G. R.; HUGHES, S. I.; WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. II: Meat stability and flavor. **Meat Science**, Barking, v.78, n. 3, p.270–278, 2008.

113. WOOD, J. D.; ENSER, M.; FISHER, A. V.; NUTE, G. R.; SHEARD, P. R.; RICHARDSON, R. I.; HUGHES, S. I.; WHITTINGTON, F. M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, Barking, v. 78, n. 4, p. 343-358, 2008.

114. WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: A review. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 1, p.21–32, 2003.

115. ZARZYCKI, B., SWINIARSKA, J. Whey as cryoprotective substance in storage of frozen ground cooked pork, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 12, n. 2, p. 105-113, 1993.

116. ZIAUDDIN, K.S. Effect of freezing, thawing and frozen storage on physico-chemical and sensory characteristics of buffalo meat. **Meat Science**, Barking, v. 35, n. 3, p. 331-340, 1993.

117. ZHOU, G. H.; XU, X. L.; LIU, Y. Preservation technologies for fresh meat – A review. **Meat Science**, Barking, v. 86, n. 1, p. 119-128, 2010.

118. ZHU, L. G.; BREWER, S. Discoloration of fresh pork as related to muscle and display conditions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 63, n. 5, p. 763–767, 1998.