

REFRIGERAÇÃO

Prof. Roberto de Oliveira Roça

Departamento de Gestão e Tecnologia Agro-industrial
Fazenda Experimental Lageado, Caixa Postal, 237.

F.C.A. - UNESP - Campus de Botucatu

CEP 18.603-970 - BOTUCATU - SP

robertoroça@fca.unesp.br

Atualmente, a conservação e o armazenamento de carnes constitui uma necessidade básica. O objetivo da conservação da carne é retardar ou evitar alterações que a inutilizam como alimento e reduzem sua qualidade. As alterações são produzidas por diversas causas, sendo as principais do tipo microbiano, químico e físico.

A carne fresca é um dos alimentos mais perecíveis, portanto, necessita da aplicação de procedimentos de conservação e armazenamento imediatamente após o abate.

O método mais utilizado para prolongar a vida útil da carne é o emprego da refrigeração. A carne fresca deve ser mantida às baixas temperaturas de refrigeração, que começa com o esfriamento de carcaças logo após o abate, e continua no transporte, manipulação e exposição de cortes para a venda e no armazenamento destes cortes na geladeira do consumidor. A maioria dos produtos cárneos processados também se manipulam a baixas temperaturas de refrigeração, do momento final de sua elaboração até o consumo.

O princípio da utilização de baixas temperaturas é o retardamento da atividade microbiana, bem como as reações químicas e enzimáticas que causam alterações; a velocidade de tais alterações é diretamente proporcional à temperatura da carne (a relação não é totalmente linear e varia nas diferentes reações).

Se a temperatura da carne é reduzida abaixo de -2°C , o produto se congela, modificando seu estado físico e diminuindo a velocidade das reações químicas e enzimáticas. Na refrigeração de carnes emprega-se temperaturas -1 a 5°C e congelação o uso de temperaturas inferiores ao ponto crioscópico (-2°C).

1. Resfriamento e refrigeração de carcaças

Após o abate, a temperatura interna das carcaças varia geralmente entre 30 a 39°C. Este calor corporal deve ser eliminado durante o esfriamento inicial, para que a temperatura interna da carcaça se reduza a temperaturas próximas a 0°C.

Para refrigeração de carcaças, as câmaras frigoríficas devem ser mantidas em temperaturas compreendidas entre -4 a 0°C. A temperatura ambiente não deve exceder a 3°C. Para refrigerar carcaças bovinas de grande tamanho, é conveniente utilizar a antecâmara (pré-resfriamento).

Os principais métodos para resfriamento de carcaças são:

- **Método usual:** a temperatura da câmara é mantida entre 0 a 4°C. Carcaças bovinas atingem 10°C em 24 horas e de 0 a 4°C em 48 horas. Carcaças suínas atingem 10°C em 12 horas e 0°C em 24 horas. A perda de peso estimada é de 2,0 a 2,5%.
- **Método rápido:** a temperatura da câmara é mantida de -1 a 2°C, com umidade relativa (UR) de 85-90% e velocidade de circulação de ar de 2 a 4 m/s. As carcaças de bovinos atingem temperaturas iguais ou inferiores a 4°C em 18-24 horas e suínos entre 12-16 horas. A perda de peso estimada é de 1,8%.
- **Método super-rápido ou *shock*:** inicialmente as carcaças são mantidas por 2 horas em antecâmaras com temperaturas de -8 a -5°C, UR de 90%, e velocidade de circulação de ar de 2 a 4 m/s. A seguir são transferidas para câmara a 0°C, UR de 90% e velocidade de circulação de ar de 0,1m/s. A duração do resfriamento (para atingir $\leq 4^{\circ}\text{C}$) é de 12 a 18 horas para bovinos e 8 a 12 horas para suínos. A perda de peso estimada é de 1,3 a 1,4%.

A velocidade de refrigeração de uma carcaça dependerá de vários fatores: calor específico da carcaça, peso, quantidade de gordura externa, condutividade térmica, temperatura da câmara de refrigeração e velocidade de circulação de ar. O calor específico é diretamente proporcional á relação de carnes magra e gorda da carcaça. A gordura reduz a dissipação de calor. É evidente que, quanto maior peso da carcaça e maior cobertura de graxa, maior

será o tempo de resfriamento. A perda de peso das carcaças magras e de menor tamanho é maior do que as carcaças maiores e com boa cobertura de gordura.

Em aves é utilizada a imersão em água com gelo. É um processo de refrigeração relativamente rápido. É conveniente que a temperatura interna muscular das aves desça à 5°C ou menos em 4 horas após o sacrifício.

2 - Modificações e danos

- **Perda de peso**

Normalmente a carne exsuda líquido (gotejamento - “weep”) pela superfície de corte após alcançar o pH final *post-mortem*. A perda de peso dependerá das condições atmosféricas das câmaras de armazenamento e do tempo de armazenamento.

- **Rancidez oxidativa**

A carne de suíno e de aves possuem maior quantidade de ácidos graxos insaturados do que bovinos e ovinos, e portanto são mais suscetíveis ao aparecimento de rancidez oxidativa, produzindo odores desagradáveis. Ainda, a velocidade de oxidação da graxa intramuscular é maior nas raças não melhoradas, em animais jovens; em músculos que contém uma maior quantidade de mioglobina (que atua como pró-oxidante), em animais que recebem dietas com grande proporção de graxa insaturada (especialmente não-ruminantes), na região lombar do músculo *L. dorsi* de suíno, mais do que na região torácica (em bovinos ocorre o inverso).

- **Alterações microbianas**

Os principais fatores que influenciaram na vida útil da carne armazenada sob refrigeração são as cargas microbianas iniciais, as condições de temperatura e umidade durante o armazenamento, utilização de embalagens, espécie animal em questão e tipo de produto armazenado.

A carga microbiana inicial exerce um efeito marcante no tempo de armazenamento da carne fresca e produtos processados, portanto, é indispensável para manter as propriedades qualitativas ótimas da carne e para prolongar sua vida útil, reduzir ao mínimo a contaminação durante as fases de manipulação, processamento, embalagem e armazenamento. Para conservar a qualidade da carne é importante manter constante as temperaturas de refrigeração (3°C ou menos).

Como o conforto dos trabalhadores é importante na indústria, as salas de desossa e processamento supera os 5°C, conseqüentemente o tempo que a carne permanece nestas salas deve ser o mínimo possível. A manutenção de temperaturas adequadas, de 3°C ou menos, às vezes não é cumprida durante o transporte, principalmente nas operações de carga e descarga.

- **Maturação**

A refrigeração faz com que a carne recém abatida adquira uma estrutura delicada com sabor aromático e agradável.

- **Coloração**

Pode ocorrer o escurecimento da cor vermelha nas superfícies não recobertas de graxa, especialmente nas superfícies de corte. Há concentração do pigmento vermelho devido a evaporação da água e também uma oxidação da mioglobina que passa para metamioglobina. Concentrações de ozônio e dióxido de carbono também escurecem a carne.

- **Adsorção de odores estranhos**

A adsorção de odores estranhos (frutas e outros alimentos) do mesmo local ou de outros poderá prejudicar muito o sabor da carne refrigerada. Se houver vazamento de gases (amônia) dos tubos de refrigeração, esses gases penetram na carne, sendo difícil sua remoção.

- **Encurtamento pelo frio**

O fenômeno do encurtamento pelo frio pode ser explicado pelas alterações do sistema lipoprotéico das membranas do retículo sarcoplasmático em baixas temperaturas. As baixas temperaturas inativam a bomba de cálcio, aumenta a permeabilidade das membranas do retículo sarcoplasmático e das mitocôndrias ao cálcio. Com o aumento da concentração de cálcio no espaço miofibrilar, juntamente com pequenas quantidades de ATP, inicia-se o processo de contração ou encurtamento.

Os riscos do encurtamento e endurecimento da carne podem ser reduzidos com o emprego da estimulação elétrica. A estimulação elétrica da carcaça após a morte do animal tem demonstrado ser uma técnica útil para melhorar a qualidade sensorial da carne bovina, suína e ovina. Tem como objetivo acelerar a queda do pH, esgotamento do ATP e o início do *rigor-mortis*, e é muito útil quando se pretende resfriar ou congelar rapidamente as carcaças.

A voltagem utilizada para estimulação elétrica de carcaças de ovinos varia de 90 a 700 Volts de pico, e o resfriamento convencional utiliza temperaturas de 4°C por 24 horas. A Tabela 1 mostra o plano experimental utilizado por RICHARDSON et al. (1990), para avaliar a estimulação elétrica e o método de resfriamento na maciez da carne. Foram utilizados 40 animais divididos em 4 grupos:

O pH do músculo *L. dorsi* após 30 minutos de abate foi de 6,40 para a carcaça estimulada e 6,97 para a carcaça não estimulada. Os resultados obtidos para avaliação da força do cisalhamento da carne cozida estão expressos na Tabela 2. Estes resultados mostram a eficiência da estimulação elétrica em ambos métodos de resfriamento, e obtenção da textura máxima após 10 dias com a carcaça submetida à estimulação elétrica e ao resfriamento lento.

Tabela 1- Plano experimental com estimulação elétrica e resfriamento.

| | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 - Com estimulação elétrica (*)----- | Resfriamento rápido (**) |
| 2 - Com estimulação elétrica ----- | Resfriamento lento (***) |
| 3 - Sem estimulação elétrica ----- | Resfriamento rápido |
| 4 - Sem estimulação elétrica ----- | Resfriamento lento |

(*) = 700V, 25Hz, aplicada por 90 segundos, 15 minutos após a morte do animal.

(**) = ar atmosférico a 1°C, com circulação forçada a 0,5 m/s.

(***) = ar atmosférico a 10°C com circulação forçada a 0,5 m/s e reduzida após 10 horas a 1°C.

Tabela 2- Força de cisalhamento de carne de ovino cozida (músculo *L. dorsi*) após 3 e 10 dias de abate.

| Tratamentos | Força de cisalhamento (Kg) | |
|--|----------------------------|---------|
| | 3 dias | 10 dias |
| Com estimulação elétrica e resfriamento rápido | 5,45 | 4,15 |
| Com estimulação elétrica e resfriamento lento | 4,12 | 2,79 |
| Sem estimulação elétrica e resfriamento rápido | 8,00 | 5,95 |
| Sem estimulação elétrica e resfriamento lento | 5,36 | 3,19 |

FONTE: RICHARDSON et al., 1990.

Na Irlanda surgiram técnicas de resfriamento ultra-rápido para ovinos, onde as carcaças são mantidas em câmara com temperatura de -20°C, velocidade de circulação de ar de 1,5 m/s durante 3 horas e 30 minutos e depois transferidas para outra câmara a 4°C. Este método demonstrou reduzir a perda de peso em 0,8 a 0,9% e obtenção de maciez da carne semelhante aos métodos convencionais (resfriamento a 4°C por 24 horas). Até o momento o mecanismo pelo qual o resfriamento ultra-rápido diminui a perda de peso e evita o encurtamento pelo frio é desconhecido. Provavelmente a formação de uma superfície mais firme devido a baixa temperatura pode ser suficiente para evitar o encurtamento.

3- Durabilidade.

- **Carne fresca**

Em boas condições de refrigeração, o período de tempo que a carne fresca mantém um aspecto aceitável, durante sua exposição em vitrine deve permanecer refrigerada desde a compra até o momento do preparo para o consumo. O período de tempo que o consumidor pode manter a carne sob refrigeração vem determinado pelas condições de manejo prévio nos açougues ou casas de carnes, entretanto, a carne armazenada fresca deve ser consumida dentro de 2 dias após a compra, se armazenada em baixas temperaturas de refrigeração. A carne fresca não consumida neste tempo deve ser congelada. É admitido que no processo de congelação lenta (realizado pelo consumidor, no refrigerador doméstico), ocorre uma perda da qualidade da carne, no entanto, é preferível do que a alteração microbiana que poderia desenvolver-se na carne sem congelar e mantida sob refrigeração durante longo tempo.

- **Carne picada**

A carne picada ou moída tem sua vida-de-prateleira reduzida, devido à difusão por toda massa, da população microbiana da superfície. Nas carnes picadas, as alterações de cor constituem o primeiro indício de alteração, seguida pelas modificações de odor e sabor. As medidas indicadas para se ter um aumento da vida útil das carnes picadas é a aplicação de temperaturas mais baixas de refrigeração.

- **Produtos curados**

O sais de cura inibem grande parte da flora psicotrófica das carnes curadas, portanto são produtos mais estáveis nas condições comerciais de armazenamento. A maior parte das carnes curadas, são submetidas a um tratamento térmico de pasteurização que aumenta sua estabilidade.

Mesmo com que essas vantagens das carnes e produtos cárneos curados sobre a carne fresca, sempre devem ser comercializados em boas

condições de refrigeração. As alterações químicas são aceleradas quando a temperatura destes produtos é elevada acima de 0°C. Certos vendedores e alguns fabricantes costumam manter carnes curadas sob temperaturas superiores das empregadas para carne fresca. Esta prática não é recomendável, sobretudo quando o produto é cortado ou fatiado. Carnes curadas com elevado teor de matéria graxa, como bacon, são especialmente propensas à rancidez durante o armazenamento.

Em outros produtos como salsichas, a refrigeração retarda a formação de limo e o desenvolvimento de mofo na superfície. A vida útil desses produtos à 0°C é duas vezes maior do que à 5°C e quatro vezes maior do que à 10°C.

Bibliografia

- BENDALL, J.R. El estímulo eléctrico de las canales de los animales de abasto. In: LAWRIE, R. *Avances de la ciencia de la carne*. Zaragoza: Acribia, 1984. cap.2, p.57-83.
- CORNFORTH, D.P., PEARSON, A.M., MERKEL, R.A. Relationship of mitochondria and sarcoplasmic reticulum to cold shortening. *Meat Sci.*, Barking, v.4, n.2, p.103-121, 1980.
- COLLIN, D. *La carne y el frío*. Madrid: Paraninfo, 1977. 199p.
- DAVEY, C.L., GILBERT, K.V. Cold shortening capacity and beef muscle growth. *J. Sci. Food Agric.*, London, v.26, n.6, p.755-760, 1975.
- DAVEY, C.L., GILBERT, K.V. Cold shortening and cooling changes in beef. *J. Sci. Food Agric.*, London, v.26, n.6, p.761-767, 1975.
- DAVEY, C.L., GILBERT, K.V. The mechanism of cold-induced shortening in beef muscle. *J. Food Technol.*, Chicago, v.9, n.1, p.51-58, 1978.
- FORREST, J.C., ABERLE, E.D., HEDRICK, H.B., JUDGE, M.D., MERKEL, R.A. *Fundamentos de ciencia de la carne*. Zaragoza: Acribia, 1979. 363p.
- GIRARD, J.P. *Tecnología de la carne y de los productos cárnicos*. Zaragoza: Acribia, 1991. 316p.
- HAMM, R. Postmortem changes in muscle with regard to processing of hot-boned beef. *Food Technol.*, Chicago, v.36, n.11, p.105-115, 1982.
- HONIKEL, K.O., HAMID, A., FISCHER, C., et al. Influence of postmortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef. Postmortem storage of muscle at various temperatures between 0 and 30°C. *J. Food Sci.*, Chicago, v.46, n.1, p.23-25, 1981.
- HONIKEL, K.O., HAMM, R. Influence of cooling and freezing of minced prerigor muscle on the breakdown of ATP and glycogen. *Meat Sci.*, Barking, v.2, n.3, p.181-188, 1978.
- HONIKEL, K.O., HAMM, R. Enfriado, congelado y descongelado. Aspectos coloidoquímicos de la calidad de la carne. *Fleischwirtsch.*, espanõl, Frankfurt, v.1, p.46-53, 1985.
- JASPER, W., PLACZEK, R. *Conservación de la carne por el frío*. Zaragoza: Acribia, 1980. 131p.
- JEACOCKE, R.E. The temperature dependence of anaerobic glycolysis in beef muscle held in a linear temperature gradient. *J. Sci. Food Agric.*, London, v.28, n.6, p.551-556, 1977.
- JOLLEY, P.D., HONIKEL, K.O., HAMM, R. Influence of temperature on the rate of postmortem meatbolism and water holding capacity of bovine neck muscle. *Meat Sci.*, Barking, v.5, n.1, p.99-107, 1981.
- LAWRIE, R. *Ciência de la carne*. Zaragoza: Acribia, 1984, 310p.
- LIN, K.C., CROSS, H.R., JOHNSON, H.K. et al. Nutrient composition of U.S. and New Zealand Lamb. *J. Food Composition Anal.*, v.1, p. 166-177, 1988.

- NOSKOWA, G.L. *Microbiología de las carnes conservadas por el frío*. Zaragoza: Acribia, 1978. 111p.
- ORTNER, H. The effect of chilling on meat quality. *Fleischwirtsch*, Frankfurter, v.69, n.4, p.593-597, 1989.
- PRICE, J.F., SCHWEIGERT, B.S. *Ciência de la carne y de los productos cárnicos*. Zaragoza: Acribia, 1994. 581p.
- REDDY, P.V., REDDY, M.S., REDDY, G.R. Effect of electrical stimulation on certain biochemical and quality characteristics of mutton carcass. *Indian J. Anim. Sci.*, v. 61, n.8, p.906-908, 1991.
- REUTER, H. Versuche uber die eignung von schaffleisch zur herstellung von weirstchen und fleischkonserven. *Fleischwirtsch.*, Frankfurter, v.31, n.1, p.4-6, 1951.
- ROÇA, R.O. Alternativas do aproveitamento da carne ovina. *Rev. Nacional da Carne.*, v.18, n.201, p.53-60, 1993.
- ROÇA, R.O. *Tecnologia da carne e produtos derivados*. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2000. 202p.
- ROÇA, R.O. *Influência do banho de aspersão ante-mortem em parâmetros bioquímicos e microbianos da carne bovina*. Campinas: F.E.A./UNICAMP, 1993. 185p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas. 1993.
- ROÇA, R.O., BONASSI, I.A. *Temas de tecnologia da carne e produtos derivados*. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas. 1981. 129p. (mimeogr.)
- ROÇA, R.O., BONASSI, I.A. Alguns aspectos sobre alterações "post-mortem", armazenamento e embalagens de carnes. In: CEREDA, M.P., SANCHEZ, L. coord. *Manual de armazenamento e embalagens* : produtos agropecuários. Piracicaba: Ceres, 1983. cap. 7, p. 129-152.
- SHERIDAN, J.J. The ultra-rapid chilling of lamb carcasses. *Meat Sci.*, Barking, v.28, p.31-50, 1990.
- SMULDERS, F.J.M., EIKELBOOM, G. Electroestimulación de reses. Desarrollo de nuevos equipos automáticos. *Fleischwirtsch.*, español, Frankfurter, n.1, p.4-8, 1987.
- WOLTERS DORF, W. Do quick methods of chilling cause faults in meat? *Fleischwirtsch.*, Frankfurt, v.68, v.7, p.866-868, 1988.