CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO – SUA INFLUÊNCIA SOBRE OS ALIMENTOS

LUCIANE MARIA COLLA[*]
CARLOS PRENTICE-HERNÁNDEZ[**]

RESUMO

No congelamento, três etapas principais merecem a atenção do profissional em alimentos: o congelamento propriamente dito, a estocagem e o descongelamento. O congelamento consiste na redução da temperatura sem promover mudança de fase e cristalização, que compreende a nucleação e o crescimento dos cristais. A velocidade de congelamento influencia tanto a localização quanto o tamanho e a quantidade dos cristais de gelo formados. Em altas taxas de congelamento, ocorre a formação de pequenos cristais de gelo e em grande quantidade, com mínimo deslocamento de água, sendo que a aparência do produto congelado, após o descongelamento, é similar ao produto não congelado. Em condições de congelamento lento, os cristais formados são maiores e em menor quantidade, ocasionando a ruptura das células, a injúria celular por força do aumento da pressão osmótica e a precipitação irreversível ou a desnaturação dos constituintes coloidais da célula. Esse fato traz, em conseqüência, forte exsudação no descongelamento, com perda de nutrientes, principalmente no meio intracelular. Portanto, o descongelamento deve ser realizado de forma gradual e lenta, sob temperatura de refrigeração, diminuindo-se assim a quantidade de líquido exsudado. O congelamento como técnica de conservação de alimentos é eficiente desde que sejam observados alguns cuidados como altas taxas de congelamento, pequena variação da temperatura nas câmaras de estocagem e descongelamento lento, preferencialmente sob refrigeração, evitando assim a recontaminação dos produtos por microrganismos.

PALAVRAS-CHAVE: congelamento, descongelamento, estocagem.

ABSTRACT

Freezing and thawing – their influence on foodstuffs

In the freezing, three main stages deserve the professional's attention in foodstuffs: the freezing itself, the storage and the thawing. The freezing consists in the reduction of the temperature without phase change and in the crystallization, which involves the nucleation and the growth of the

[*] Mestranda em Engenharia de Alimentos – FURG.
[**] Professor do Dep. de Química – FURG.

crystals. The freezing rates influence so much the location, size and the amount of the formed ice crystals. At high freezing rates occurs the formation of small ice crystals in great quantities, with minimum displacement of water. The appearance of the frozen product after the thawing is similar to the non-frozen product. In conditions of slow freezing, the formed crystals are larger and in smaller amount, causing the rupture of the cells, the cellular offense due to the increase of the osmotic pressure and the irreversible precipitation of colloidal elements of the cell by denaturation. This fact brings, in consequence, strong drip in the thawing and loss of nutritious elements, mainly in the cellular medium. Inversely to the freezing, the thawing should be accomplished slowly, under refrigeration temperature, thus diminishing amount of drip. The freezing as technique of conservation of foodstuffs is efficient provided that some special procedures are observed, as freezing rates, the small variation of the temperature in the storage chambers and the slow thawing under refrigeration, in order to avoid the recontamination of the products by microorganisms.

KEY-WORDS: Freezing, thawing, storage.

1 – INTRODUÇÃO

O uso do congelamento para a preservação de alimentos data dos tempos pré-históricos. Os homens primitivos observaram que em temperaturas climáticas baixas os alimentos perecíveis podiam ser mantidos quase indefinidamente e com a mesma qualidade durante o tempo em que permaneciam congelados [11].

O uso de baixas temperaturas pode controlar a taxa de reações químicas, ou seja, a velocidade na qual moléculas podem mover-se, determinando a velocidade com que reagem com outras moléculas. A velocidade de uma reação geralmente duplica com um aumento de 10ºC, ou seja, $Q_{10} = 2$ [9, 22]. Mesmo que com o congelamento a taxa de reações químicas diminua, ocorrem alterações decorrentes das mesmas. Modificações estruturais nos diferentes componentes dos alimentos ocasionam mudanças sensoriais que diminuem a qualidade do produto final após o congelamento.

No congelamento de alimentos, três etapas merecem a atenção do profissional em alimentos: o congelamento propriamente dito, a estocagem e o descongelamento.

Métodos de congelamento têm sido estudados a fim de minimizar as alterações químicas e físicas que deles decorrem. O principal fator de estudo é como a velocidade de congelamento influencia nas características do produto final. Variações nas temperaturas das câmaras são problemas observados nas indústrias, e levam à

depreciação da qualidade do produto. Já o descongelamento dos alimentos é importante devido às diferenças existentes entre as propriedades de transporte de energia na forma de calor entre a água e o gelo, ou seja, a forma como se processa o congelamento não é a mesma de como ocorre o descongelamento.

Durante o congelamento, a flora de microrganismos presente diminui consideravelmente, podendo aumentar se a operação de descongelamento não for realizada corretamente.

O objetivo deste trabalho de revisão é trazer alguns aspectos importantes referentes ao congelamento e descongelamento dos alimentos, a fim de que possa haver a manutenção da qualidade dos produtos congelados.

2 – O PROCESSO DE CONGELAMENTO

Os principais processos de congelamento de alimentos utilizados industrialmente, principalmente para carnes, são: congelamento com ar imóvel, congelamento em placas, com circulação forçada de ar, congelamento por imersão ou aspersão de líquidos e congelamento criogênico [20].

O congelamento envolve o decréscimo da temperatura até –18ºC ou abaixo, a cristalização da água e dos solutos. Esses efeitos não ocorrem individualmente, mas simultaneamente, compreendendo a redução da temperatura sem mudança de fase e a cristalização [8].

2.1 – Redução da temperatura sem mudança de fase

Antes do congelamento, o calor sensível é removido para diminuir a temperatura do alimento até a temperatura inicial de congelamento, abaixo do ponto de congelamento da água pura, devido às substâncias dissolvidas nas soluções que formam o alimento [3]. Essa etapa consiste na redução da temperatura abaixo do ponto de congelamento da água sem mudança de fase.

Os principais efeitos ocasionados pela redução rápida da temperatura sem mudanças de estado são a injúria celular, no caso de tecidos como frutas e vegetais, e o choque térmico em microrganismos.

A realização do super-resfriamento permite verificar os efeitos da redução de temperatura abaixo de 0ºC, através da redução rápida da temperatura abaixo do ponto de congelamento normal, retornando rapidamente às temperaturas iniciais.

2.2 – Cristalização

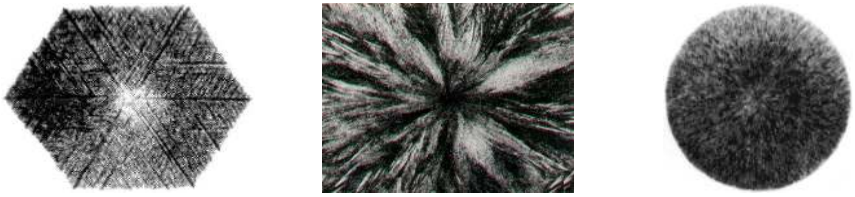
Uma vez que as mudanças de estado sólido-líquido são as responsáveis pela maior parte das causas de letalidade de microrganismos e da perda de qualidade de tecidos vivos sob congelamento, a compreensão da cristalização é essencial para a melhor utilização dos métodos de conservação por congelamento.

A cristalização é a formação de uma fase sólida organizada em uma solução [9]. O processo de cristalização envolve a nucleação, e o crescimento de cristais. O crescimento de cristais é simplesmente o alargamento dos núcleos formados na fase de nucleação, promovido pela adição de moléculas de água ao núcleo de cristalização, portanto nucleação e cristalização ocorrem simultaneamente.

A formação de cristais pode ocorrer de diferentes formas, dependendo do meio. Assim, por exemplo, cristais hexagonais regulares (Figura 1a) são formados por moléculas de água em períodos longos no congelamento da água pura. Na presença de solutos em solução, as moléculas de água cristalizam junto ao sólido, levando à formação de cristais irregulares (Figura 1b), nos quais várias colunas são formadas a partir do centro de cristalização.

Em altas taxas de congelamento, o número de lanças formadas a partir do centro é muito grande e não se observa a formação das colunas, sendo as unidades formadas esféricas (Figura 1c). O tipo e número de unidades cristalinas formadas dependem da taxa de congelamento e da concentração de um soluto em solução [22].

A Figura 1 mostra os três principais tipos de unidades de cristalização.



(a) (b) (c)

FIGURA 1 – Unidades principais de cristalização. (a) Hexágonos regulares, (b) Dentritos irregulares, (c) Unidades esféricas. Fonte: TRESSLER; ARSDEL; COPLEY [23].

As soluções, constituídas de soluto e solvente (normalmente água), têm sido utilizadas em experimentos para o esclarecimento do processo de congelamento. Na presença do soluto tem-se menos água disponível, diminuindo a mobilidade das moléculas de água devido a maior viscosidade da solução. O ponto de congelamento é menor, pois

o soluto reduz a pressão do vapor de água, além de alterar as propriedades coligativas [15].

Quando se inicia o congelamento, parte da água livre do alimento cristaliza-se, ocasionando a concentração da solução restante e diminuição de seu ponto de congelamento. Com o contínuo decréscimo da temperatura, aumenta a formação de cristais de gelo e, conseqüentemente, a concentração de solutos na solução restante ocasiona a diminuição do ponto de congelamento, sendo a quantidade de gelo e água durante o congelamento, portanto, dependentes da temperatura [3]. Em função desse aumento de concentração de solutos nas soluções celulares dos alimentos, ocorrem alterações no pH e outras características das soluções remanescentes [15].

A segunda fase da cristalização consiste no crescimento do núcleo pela adição de moléculas individuais de água sobre a superfície destes núcleos, o que não ocorre ao acaso. Durante uma cristalização lenta, cada molécula, após um primeiro contato com a superfície do cristal, difunde-se ao longo desta superfície até encontrar um estado de energia suficientemente baixo para tornar-se estável. Moléculas de solutos podem se difundir das imediações da interface dos cristais para o interior da fase líquida, e calor latente de cristalização precisa ser removido [9].

Uma vez que moléculas de água são pequenas, altamente móveis e presentes em abundância, na maioria das vezes, a transferência destas à superfície do cristal não é limitante para a taxa de crescimento do cristal. Todavia, em dois casos observa-se que o transporte de água pode retardar ou até mesmo parar o crescimento dos cristais:

– durante os estágios finais do congelamento, nos quais a temperatura é muito baixa, a viscosidade é alta e pouca água encontra-se no estado líquido;

– quando são usadas altas taxas de congelamento sob baixas temperaturas e a concentração dos solutos é pequena.

Nos alimentos, há presença de sólidos dissolvidos em abundância, como material em suspensão e membranas [1]. Moléculas de solutos de pequeno tamanho são capazes de migrar e concentrarem-se entre os cristais de gelo, ou entre segmentos de um mesmo cristal. Como materiais em suspensão e membranas são menos hábeis para difundirem-se do que essas moléculas, os cristais de gelo formam-se em torno destes ou ainda exercem ação mecânica sobre eles, podendo ocasionar o rompimento de membranas [9].

Os alimentos congelam-se dentro de uma grande faixa de temperaturas, dependendo da concentração de sais e água em

suspensão coloidal na célula. A velocidade de congelamento dependerá da quantidade de água livre presente na célula e da quantidade de sais dissolvidos [20].

LUSENA, citado por FENNEMA [9], estudou a taxa de crescimento de cristais na presença de vários solutos orgânicos e inorgânicos. Substâncias inorgânicas geralmente são menos efetivas para retardarem o crescimento de cristais do que substâncias orgânicas. Etanol, propanol, sacarose e proteínas são os mais efetivos na diminuição da taxa de crescimento de cristais.

Os meios pelos quais um soluto pode inibir o crescimento dos cristais podem depender da natureza dos cristais e do tipo e quantidade de soluto presente, sendo principalmente por:

– adsorção na superfície do cristal, interferindo no ordenamento da adição de moléculas que cristalizam na superfície;

– aumento da viscosidade;

– formação de compostos com a substância cristalizante, aumentando a solubilidade do soluto, ocasionando que não cristalize [9].

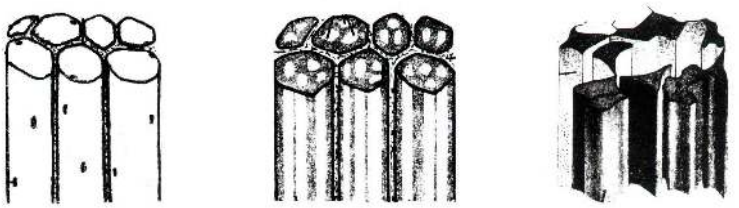
A presença de membranas não altera a formação de cristais em tecidos, já que quando estes não são capazes de crescer no meio extracelular, o crescimento do cristal ocorre devido à difusão de água intracelular através da membrana, depositando-se sobre o cristal extracelular. As propriedades de barreira de uma membrana decrescem com o aumento da porosidade e com a concentração do soluto [18].

2.3 – Taxa de congelamento

Quanto à taxa de congelamento, é aceito que através do congelamento rápido obtêm-se produtos finais congelados de melhor qualidade, devido à formação de pequenos cristais de gelo entre as estruturas das células, nos espaços intercelulares e intracelulares, sendo que o tamanho dos cristais é tão pequeno que não ocorrem danos às células [14].

No congelamento lento formam-se cristais maiores do que no congelamento rápido, ocasionando a ruptura das membranas celulares devido aos cristais formados no espaço intercelular. Outras causas da ruptura de membranas são a injúria celular ocasionada pelo aumento da pressão osmótica e a precipitação irreversível ou desnaturação dos constituintes coloidais da célula. Esse fato traz, em conseqüência, forte exsudação no descongelamento, com perda de elementos nutritivos [16].

A Figura 2 mostra o congelamento de um peixe. Em (a) está representado o tecido não-congelado, em (b) a formação de pequenos cristais de gelo e em (c) a formação de grandes cristais de gelo.



(a) (b) (c)

FIGURA 2 – (a) Diagrama do tecido de peixe não-congelado; (b) Diagrama do tecido congelado com formação de pequenos cristais de gelo; (c) Diagrama do tecido congelado com formação de grandes cristais de gelo. Fonte: FENNEMA; POWRIE; MARTH [9].

3 – LOCALIZAÇÃO DE CRISTAIS DE GELO NOS TECIDOS

A localização dos cristais de gelo nos tecidos e suspensões celulares é função da taxa de congelamento, da temperatura e da natureza das células. O congelamento lento (taxa de 1º/min) de tecidos vegetais, animais ou suspensões celulares (microrganismos, hemácias) geralmente causa a formação de cristais, principalmente no meio extracelular [23]. Condições que levam preferencialmente à formação de cristais no meio extracelular resultam em cristais maiores de gelo, associados ao máximo deslocamento de água e encolhimento das células no estado congelado.

Todos os tipos de tecidos, animais, vegetais ou células de microrganismos, sem exceção, exibem uma distribuição de cristais de gelo uniforme quando congelados rapidamente sob temperaturas muito baixas [20]. Condições que produzem cristalização intracelular resultam em formação de pequenos cristais de gelo em grande quantidade, com mínimo deslocamento da água, sendo que a aparência do produto congelado é similar a do produto não-congelado, e o produto obtido de melhor qualidade que aquele produzido sob baixas taxas de congelamento.

Durante o congelamento lento, ocorre a formação de gelo exclusivamente no meio extracelular, da seguinte forma: primeiramente a concentração de solutos na fase não-congelada aumenta e a pressão de vapor gradualmente diminui; como os cristais aparentemente não podem penetrar nas membranas celulares em temperaturas muito baixas e a pressão de vapor do meio intracelular excede a do meio extracelular, ocorre a difusão da água com desidratação das células e depósito sobre a superfície dos cristais. O congelamento por longos períodos resulta em considerável encolhimento das células e formação de grandes cristais de gelo no meio extracelular.

4 – INFLUÊNCIA DO CONGELAMENTO SOBRE MICRORGANISMOS

Quanto à influência dos processos de congelamento sobre microrganismos, é conhecido que a temperatura limite para o crescimento de microrganismos em alimentos é de -5ºC a -8ºC, e de até 3ºC abaixo para as leveduras. O crescimento de microrganismos não ocorre a -18ºC, temperatura utilizada na estocagem de alimentos; entretanto, *Pseudomonas* sp. e leveduras (basidiomicetos) podem ser encontrados, mas sem apresentar crescimento [10].

Os principais fatores responsáveis pela morte ou injúria de microrganismos, durante os processos de congelamento, são:

– danos mecânicos às paredes celulares e membranas devido à formação de cristais intracelulares;

– perda do balanço eletrolítico resultante da desidratação e aumento da concentração de solutos devido à formação de gelo, podendo levar à desnaturação de proteínas;

– ruptura de membranas devido à máxima compressão e diminuição do volume celular;

– danos devido a processos de recristalização [10].

5 – RECRISTALIZAÇÃO E PERDA DE PESO DURANTE A ESTOCAGEM

Dois aspectos são de fundamental importância para a manutenção da qualidade dos produtos congelados, durante a estocagem: a recristalização e a perda de peso.

A recristalização consiste no crescimento dos cristais de gelo às expensas de cristais de gelo menores [10], que ocorre na estocagem de produtos congelados, quando há variações de temperatura nas câmaras, ocasionando instabilidade e alterações dos produtos ainda na estocagem. Por exemplo, considerando-se um produto a –15ºC, ter-se-ia em torno de 90% de água no estado sólido (ou cristais de gelo). Ao atingir-se –10ºC haverá maior disponibilidade de água no estado líquido, que em contato com os cristais de gelo provocarão o seu crescimento. Esse processo depende do nível de flutuação e amplitude da temperatura, além do período de tempo [15].

As variações da temperatura durante a estocagem dos alimentos congelados são transferidas aos alimentos. Em determinados períodos, a temperatura da superfície dos alimentos pode ser superior à temperatura, da câmara de estocagem, ocasionando processos de sublimação, que podem ocasionar significativas perdas de peso, além de alterações na qualidade dos alimentos, com conseqüente perda econômica [5].

6 – DESCONGELAMENTO E "DRIP"

Durante o descongelamento, modificações indesejáveis podem ocorrer nos alimentos e na matéria viva, devido a reações químicas (insolubilização de proteínas, oxidação de lipídios) ou físicas (recristalização, mudanças de volume), além das alterações que podem ser ocasionadas pelo crescimento de microrganismos, principalmente se as práticas de descongelamento são violadas. Se o tempo-temperatura de descongelamento fosse simplesmente o inverso do congelamento, cuidados tomados no congelamento poderiam ser tomados no descongelamento. Entretanto, o padrão de descongelamento não é simplesmente o inverso do congelamento, e este processo toma fundamental importância [9].

Tecidos, géis e outros materiais aquosos que transmitem calor fundamentalmente por condução apresentam tempos de descongelamento maiores do que os de congelamento, considerando-se diferenciais de temperatura iguais.

Na Figura 3 estão mostrados diagramas de congelamento e descongelamento de um corpo de prova cilíndrico contendo gel de amido. Os diagramas A, B e C ilustram que existem grandes gradientes de temperatura na zona externa e interna do cilindro, e que o congelamento é completo em 26 minutos. Os diagramas de descongelamento D, E e F mostram que a fase congelada cai rapidamente ao ponto de fusão, e permanece nessa temperatura durante o curso do descongelamento, o qual é lento e incompleto em 30 minutos.

A Figura 4 mostra as curvas de congelamento e descongelamento do centro geométrico do corpo de prova cilíndrico com gel de amido. Observa-se que o centro geométrico apresentava-se congelado após 28 minutos, enquanto o descongelamento ocorreu em 52 minutos.

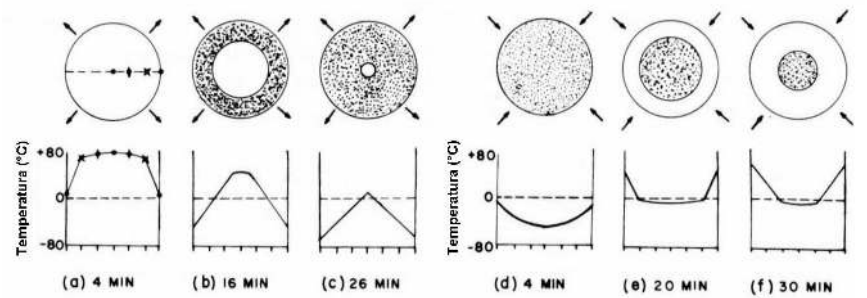


FIGURA 3 – Diagramas de congelamento e descongelamento de um corpo de prova cilíndrico contendo gel de amido. Fonte: FENNEMA; POWRIE; MARTH [9].

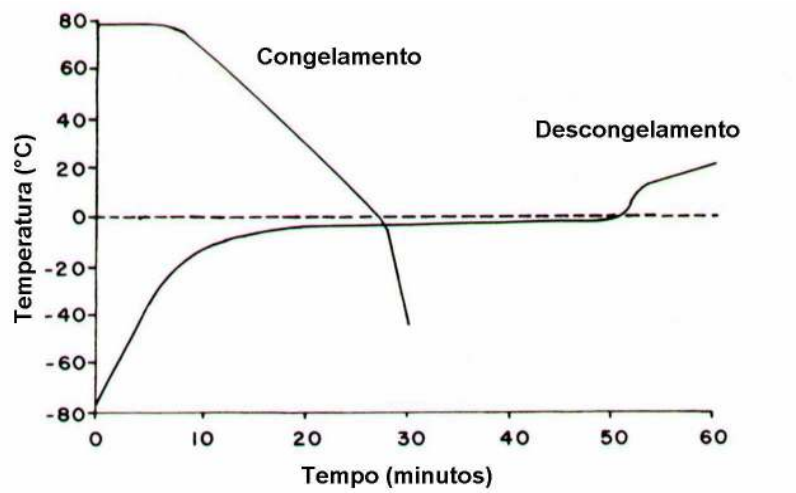


FIGURA 4 – Curvas de congelamento e descongelamento para o centro geométrico de um cilindro com gel de amido. Fonte: FENNEMA; POWRIE; MARTH [9].

A exposição do produto à temperatura superior a do congelamento é prejudicial aos alimentos, pois pode ocorrer a recristalização, crescimento de microrganismos e reações químicas, diminuindo a qualidade do produto final [13].

As diferenças nas taxas de congelamento e descongelamento podem ser explicadas com base em várias propriedades da água e do gelo, as quais são:

– elevado calor latente de cristalização;

– condutividade térmica (o gelo transmite energia calorífica a uma taxa quatro vezes maior do que a água);

– difusividade térmica (o gelo sofre uma mudança na temperatura a uma taxa aproximadamente nove vezes maior do que a água) [9].

No congelamento ocorre a remoção de calor latente de cristalização através da camada de gelo que aumenta com o tempo e através da diminuição da temperatura do produto que está sendo congelado. Uma vez que o gelo tem condutividade e difusividade térmicas elevadas, o congelamento ocorre rapidamente. Por outro lado, o descongelamento envolve adição de calor latente de fusão através da camada de água congelada, que diminui com o tempo e com a diminuição da temperatura. A água apresenta baixa condutividade e difusividade térmicas, comparada com o gelo, por isso o descongelamento ocorre mais lentamente que o congelamento. Deve ser enfatizado que essas diferenças entre os tempos de congelamento e

descongelamento ocorrem principalmente quando a energia térmica é transferida preferencialmente por condução [17].

Um dos fenômenos que merecem a atenção da indústria, da ciência e dos consumidores é o fato de que os alimentos, após o congelamento, estocagem sob congelamento e descongelamento, exibem quantidades consideráveis de "drip" [11].

Quando tecidos orgânicos são congelados, as substâncias dissolvidas no líquido das células concentram-se e congelam no ponto de congelamento. No descongelamento, o processo é o inverso. Todavia, nem toda a água removida, anteriormente ligada a proteínas ou carboidratos, é capaz de retornar ao seu estado original, tornando-se livre e formando o "drip", que é o líquido exsudado após o congelamento e descongelamento. Carnes e peixes podem chegar a quantidades de 3 a 5% de formação de "drip", dependendo das condições como tenham sido realizados o congelamento e descongelamento. A quantidade de "drip" depende do método de congelamento, bem como da temperatura durante o armazenamento e suas flutuações [20].

A formação de "drip" ocorre a partir de três efeitos principais: pressão interna do produto, o efeito da formação de cristais de gelo no tecido e a remoção de água das células.

A pressão interna ocorre porque as camadas externas do alimento congelam-se antes que as camadas internas, formando uma película congelada na superfície do produto. Como com o congelamento ocorre um aumento no volume da água congelada, aumenta a pressão interna devido à resistência encontrada na barreira superficial, ocorrendo a ruptura do tecido [7].

O método de descongelamento assume fundamental importância principalmente naqueles produtos em que a textura é importante, tais como carnes e peixes. Nestes casos, o descongelamento lento é preferencial, já que nestas condições a água pode retornar lentamente à posição original no tecido, anterior ao congelamento, através da difusão.

Comercialmente, muitos alimentos congelados são descongelados antes da venda, com o propósito de serem vendidos como produtos frescos, ou para serem processados e congelados novamente. O congelamento e descongelamento podem ser realizados repetidas vezes, desde que ambos processos sejam adequados. CARROL et al. (1981), citados por JUL [11], mostraram que repetidos processos de congelamento e descongelamento não tiveram efeitos adversos na estrutura da carne, exceto quando o descongelamento foi realizado à temperatura ambiente durante 24 horas. Neste caso, foi observada uma degradação extensa.

O descongelamento não-controlado pode provocar condensação e crescimento de microrganismos, resultando em processos de decomposição, antes mesmo de o produto ser reprocessado ou novamente congelado [6].

7 – INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NO CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO DE ALIMENTOS

Pesquisas recentes acerca dos métodos de congelamento e descongelamento de alimentos objetivam minimizar os danos decorrentes da formação de cristais de gelo, perda de peso na estocagem e exsudação de água e nutrientes no descongelamento, principalmente para produtos cárneos, bem como prejuízos sensoriais decorrentes da alteração da textura e cor, principalmente em frutas e vegetais.

No congelamento, o uso de elevadas pressões promove um rápido e uniforme crescimento dos cristais de gelo em todo o alimento que está sendo congelado [12]. As desidratações parciais de frutas e vegetais antes do congelamento reduzem a quantidade de água a ser congelada e, conseqüentemente, a formação de cristais. Além disso, decrescem os custos com a embalagem, distribuição e estocagem desses produtos, com melhorias nas características sensoriais [4]. A desidratação osmótica pela incorporação de solutos, sem a modificação da integridade do alimento, tem sido utilizada anteriormente aos processos de congelamento de frutas, obtendo-se melhorias na qualidade nutricional e sensorial desses produtos [21].

O uso de altas pressões possibilita a realização do descongelamento a temperaturas menores do que sob pressão atmosférica, preservando o alimento e diminuindo os tempos de descongelamento. O uso de microondas, ondas elétricas (aquecimento ôhmico) e energia acústica são outros exemplos de novas tecnologias que estão sendo estudadas para o descongelamento de alimentos [12].

8 – CONCLUSÕES

O congelamento é atualmente uma prática muito utilizada para a conservação de alimentos em indústrias de vários segmentos. Portanto, é importante que seja realizado de forma a preservar ao máximo as características dos alimentos, seja àqueles que têm o congelamento como única forma de preservação, seja para aqueles que requerem algum tratamento anterior ou posterior.

Para uma melhor qualidade dos produtos congelados, o congelamento rápido é o mais indicado, visto que ocasiona a formação

de pequenos cristais de gelo, principalmente no meio intracelular. No caso de alimentos, a formação de cristais de gelo intracelularmente é benéfica, visto que as células não se desidratam e não há rompimento de membranas devido à formação de grandes cristais de gelo. Isto, associado a um descongelamento lento, dá uma garantia da qualidade do produto final. As alterações na textura são mínimas e o produto pode apresentar-se como se não tivesse sido congelado. Nas células de microrganismos, o congelamento intracelular pode ocasionar a letalidade. Deve-se realizar o descongelamento de forma lenta em temperaturas de refrigeração para que não ocorra recontaminação do produto por microrganismos.

Problemas na qualidade podem ser ocasionados sob estocagem devido a variações na temperatura, ocasionando a recristalização. Desta forma, variações de temperatura nas câmaras de estocagem devem ser evitadas.

REFERÊNCIAS

1. ACKER, D.; CUNNINGHAM, M. *Animal science and industry***.** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1991.

2. ARSDEL, W.; COPLEY, M. J.; OLSON, R. L. *Quality and stability of frozen foods time-temperature tolerance and its significance*. 1969.

3. BECKER, B. R.; FRICKE, B. A. Freezing times of regularly shaped food items. *Int. Comm. Heat Mass Transfer*, v. 26, n. 5, p. 617-626, 1999.

4. BISWAL, R. N.; BOZORGMEHR, K.; TOMPKINS, F. D.; LIU, X. Osmotic concentration of green beans prior to freezing. *Journal of Food Science*, v. 56, n. 4, p. 1008-1011, 1991.

5. CAMPAÑONE, L. A.; SALVADORI, V. O.; MASCHERONI, R. H. Weight loss during freezing and storage of unpackaged foods. *Journal of Food Engineering*, n. 47, p. 69-79, 2001.

6. CONTRERAS, E. S. *Bioquímica de pescados e derivados*. Botucatu: UNESP, 1994.

7. EARLE, R. L. *Ingeniería de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1987.

8. FELLOWS, P. *Food processing technology*. Boca Raton: CRC Press, 1987.

9. FENNEMA, O.; POWRIE, W.; MARTH, E. *Low-temperature preservation of foods and living matter*. 1973.

10. GEIGES, O. Microbial processes in frozen foods. *Adv. Space Res.,* v. 18, n. 12, p. 109-118, 1996.

11. JUL, M. *The quality of frozen foods*. London: Academic Press, 1984.

12. LI, B.; SUN, D. W. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods – a review. *Journal of Food Engineering* (in press), 2001.

13. MARTIN, A. M. *Fisheries processing:* biotechnological applications. New York: Chapman & Hall, 1994.

14. MARTIN, R. E.; FLICK, G. J.; HEBARD, C. E.; WARD, D. R. *Chemistry and biochemistry of marine food products*. Westport: AVI, 1982.

15. NEVES F°, L. A. C. *Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos*. São Paulo: Instituto do Frio, 1991.

16. PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. *Ciência, higiene e tecnologia da carne*. Goiânia: Ed. da UFG, 1995. v. 1: Ciência e higiene da carne: tecnologia da sua obtenção e transformação.

17. PEARSON, A. M.; GILLETT, T. A. *Processed meats*. New York: Chapman & Hall, 1996.

18. PIGOTT, G. M.; TUCKER, B. W. *Seafood*: effect of technology on nutrition. New York: Marcel Decker Inc., 1990.

19. PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. *The science of meat and meat products*. San Francisco: W. H. Freeman and Co., 1971.

20. ROÇA, R. O. *Tecnologia da carne e produtos derivados.* Botucatu: UNESP, 1999.

21. TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. *Journal of Food Engineering*, n. 49, p. 247-253, 2001.

22. TRESSLER, D.; ARSDEL, W.; COPLEY, M. *The freezing preservation of foods*, 4 ed. 1968.

23. WEINLING, H. *Tecnología práctica de la carne*. Zaragoza: Acribia, 1984.