

O Frio Misto para o congelamento de alimentos

Lílian de Araújo Miakawa (*)

O crescimento da produção de produtos congelados e o surgimento de novos produtos com melhor qualidade, individuais, diferenciados, etc. despertam uma demanda por soluções inovadoras que respondam às necessidades no desenvolvimento desses produtos e proporcionem a otimização dos sistemas de congelamento.

Os desenvolvimentos relativos ao frio mecânico e frio criogênico constituem uma resposta a esta demanda e demonstram vantagens na utilização dessas duas técnicas de forma associada, aqui denominada como Frio Misto.

A criogenia e o frio mecânico são técnicas distintas que possuem o seu próprio campo de atuação no congelamento de alimentos, mas em algumas situações elas poderão ter uma estreita interface denotando uma competência técnica comum. Entretanto, a associação dessas técnicas possibilita aproveitar as vantagens de cada uma delas: o que chamaremos aqui como **Frio Misto**.

Quando à utilização da criogenia em relação ao frio mecânico, poderemos ter duas situações:

- Colocá-la antes do frio mecânico, podendo-se obter o endurecimento da superfície do produto, possibilitando uma melhora de sua qualidade;

- Colocá-la após ao túnel mecânico, podendo-se obter a vantagem do aumento da capacidade de produção do sistema de frio instalado.

Em ambos os casos, a maior parte do congelamento se assegura com o frio mecânico.

(*) Gerente de Mercado- Alimentos da Air Líquide Brasil Ltda.

1. A criogenia

Vantagens da criogenia

Graças ao contato direto entre o nitrogênio e o produto que se deseja congelar ou resfriar, a criogenia apresenta alguns dife-



Criogenia aplica-se bem ao congelamento de pães de queijo

renciais de qualidade interessantes no que se refere às características finais de produto e à flexibilidade de utilização dos materiais:

- Uma primeira vantagem é o resfriamento intenso, devido tanto aos importantes coeficientes de transmissão de calor como à possibilidade de se utilizar baixas temperaturas, -196°C para o nitrogênio líquido. Essas condições são favoráveis para o congelamento de pequenos produtos individualizados.

- A rapidez do congelamento é um fator positivo no que se refere à qualidade do produto, reduzindo-se também as perdas de peso.

Como exemplo podemos citar o congelamento de produtos pastosos, saídos de uma formadora, que devem rapidamente ter sua superfície endurecida.

Outra vantagem da criogenia é a possibilidade de flexibilidade da capacidade de

produção de uma instalação: a capacidade de um equipamento dependerá essencialmente da vazão de nitrogênio líquido que poderá vaporizar. Frequentemente será fácil aumentar sensivelmente a capacidade de uma instalação criogênica sem reduzir muito o seu rendimento.

O Frio Misto – a aliança de dois sistemas

A combinação do frio criogênico e do frio mecânico, ou seja, o Frio Misto, permite conservar as vantagens de cada uma dessas técnicas: o frio mecânico proporciona uma economia de escala bastante interessante em relação ao frio criogênico, com a possibilidade de tratar grandes quantidades (10 a 12 ton./hora), porém com um investimento bastante alto. A criogenia proporciona a possibilidade de transferências térmicas muito grandes, com investimentos razoáveis, ou seja, reduz a duração do tempo de congelamento, que por sua vez traz algumas vantagens no que se refere à qualidade do produto e rendimento da capacidade de produção de congelamento do sistema.

A Complementação entre Frio Mecânico e Frio Criogênico

Nas combinações entre o frio mecânico e criogênico poderemos encontrar as duas vantagens citadas anteriormente no caso da criogenia.

A criogenia poderá ser colocada antes do frio mecânico, com o objetivo de obter a melhoria do produto final em quantidade e qualidade, favorecendo, além disso, o funcionamento do equipamento de

frio mecânico, já que introduziremos o produto a ser tratado já frio ou congelado em sua superfície, permitindo, por exemplo, uma densidade de carga maior.

Evitaremos em grande parte o congelamento da umidade nos evaporadores da instalação.

A criogenia colocada depois do equipamento de frio mecânico possibilita o aumento da produção, podendo até duplicá-la, com um consumo pequeno.

A qualidade do produto final é a mesma, com a vantagem de um controle da temperatura de saída e a possibilidade de um resfriamento do produto para um tratamento posterior, como é o caso do "glaceamento", onde os produtos recebem um spray de água (pedaços de frango, pescados) que em contato com o frio intenso do frio criogênico cristaliza-se instantaneamente e confere um brilho como acabamento final ao produto.

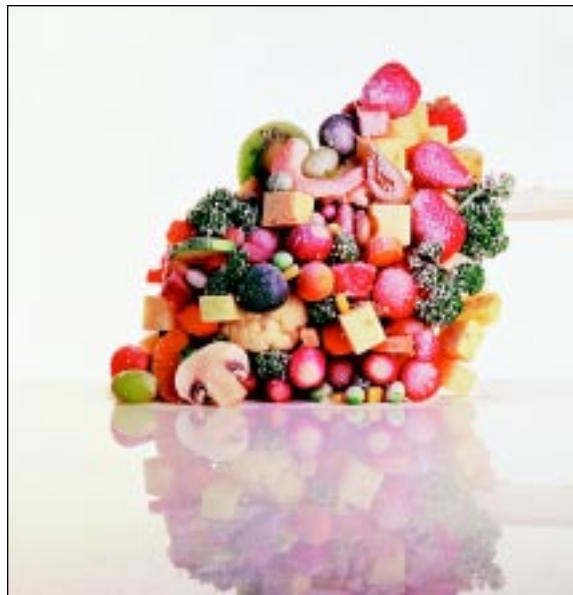
2- A criogenia colocada antes do frio mecânico

Trata-se de efetuar um congelamento/endurecimento superficial e parcial do produto, pelo menos até o ponto do início do congelamento. Em geral, a criogenia é aplicada para os produtos que apresentam as seguintes características:

- Produtos frágeis (amoras, morangos etc.)
- Produtos aderentes: para se evitar a aderência dos produtos entre si e obter um produto congelado individualmente I.Q. F.(individual quick frozen), ou evitar a aderência do produto na esteira metálica do túnel de frio mecânico (por exemplo, camarões crus descascados, pescados, etc.).
- Produtos formados a partir de massa ou molho concentrado (pão de queijo)
- Produtos em que se pode evitar a perda de peso (blocos de produtos cárnicos, crus ou pré-cozidos, produtos elaborados, etc.).

Aspecto térmico

O endurecimento superficial é um fenômeno transitório que os programas de simulação matemática permitem analisar. Como premissa inicial tem-se que o fluxo de calor, desde o interior do produto até a sua superfície, deve ser infe-



Alimentos frágeis são melhor preservados

rrior ou ao menos igual ao fluxo de calor da superfície do produto na média da convecção na qual se encontra: é necessário que o resfriamento do produto em uma certa espessura seja maior que a eventual camada congelada que se deseja conservar. Dado que o fluxo de calor interno está ligado à condutividade do produto, recomenda-se resfriar os produtos de pequena espessura, inferior a 10mm, pois em produtos de maior espessura a temperatura no centro poderá ser positiva.

Conseguir 0°C na superfície de um produto permite limitar as perdas de peso e minimizar o congelamento dos evaporadores devido à redução da umidade.

Consumo de fluido criogênico

Um litro de nitrogênio líquido em suas condições normais de armazenamento fornece 67kcal, sendo extraído sob a forma gás abaixo de -30°C.

O calor latente de vaporização do nitrogênio armazenado a 1,5kg/cm² é de 36 kcal/litro.

Na hipótese de um produto pequeno contendo 80% de água com um calor específico de 0,84 kcal/ kg°C antes do ponto de congelamento, e onde a variação entálpica de 0/-1 a -5°C é 51,4 kcal/kg, pode-se avançar nos seguintes resultados:

Resfriar de +20°C a 0°/-1°C: 17,8 kcal/kg o que corresponde a 0,27 litros de nitrogênio líquido para uma boa recuperação de energia do gás frio.

Congelar 1mm de espessura de moran-

gos de 30mm de diâmetro, o que corresponde a 20% de sua massa, ou uma diferença entálpica de 51,4 x 0,2 = 10,3 kcal/ kg e um consumo suplementar teórico de 10,3 / 67 = 0,15 litros de nitrogênio.

Na prática, um consumo de 0,4 litros/kg permite reduzir as perdas de peso. Se for necessário um endurecimento maior, o consumo será de 0,5 a 0,7 litros / kg.

Aumento da produtividade

O aumento da produtividade situa-se em 3 níveis: quando uma parte do resfriamento se realiza através da criogenia, reduz-se a carga térmica do equipamento de frio mecânico. O tempo de permanência ne-

cessário, neste caso, se reduzirá ao redor de 10% se o produto entrar a 0°C ao invés de +20°C, por exemplo.

Portanto, permanecendo constantes as outras condições de funcionamento do frio mecânico, pode-se estimar entre 10 a 11% o aumento da capacidade.

A perda de peso do produto irá reduzir-se à metade, podendo chegar até a 2/3 se o produto entrar no equipamento mecânico a 0°C em lugar de +20°C.

No caso de equipamentos de degelo descontínuo, se obterá um ganho de produtividade suplementar e o tempo de parada para degelar se reduzirá pela metade, aumentando o rendimento em 10%.

O produto congelado superficialmente poderá ser melhor disposto sobre a esteira do túnel de frio mecânico, além do ganho de produtividade.

Admitindo que o aumento de produtividade desses 3 fatores seja em conjunto de 50% e um consumo de nitrogênio de 0,5 litros/kg de produto, o balanço será o seguinte:

- Produção de frio mecânico sozinho: 100 kg
- Produção com frio criogênico antes do frio mecânico: 150 kg
- Consumo de fluido criogênico: 150 x 0,5 = 75 litros para os 150 kg.

Este consumo seria da mesma ordem do consumo do congelamento criogênico sozinho. Deste ponto de vista, se poderia aumentar a produção colocando um túnel criogênico em paralelo ao sistema mecânico. O objetivo do congelamento criogênico estaria voltado mais para a melhoria da qualidade do que para o au-

mento da produtividade, facilitando sempre o funcionamento do frio mecânico.

3- A criogenia situada depois do frio mecânico

A instalação de frio mecânico poderá se beneficiar da flexibilidade que a criogenia poderá proporcionar no que se refere à capacidade de produção.

Um túnel de frio mecânico comporta as transferências de calor: entre o fluido frigorífico e o ar e a outra entre o ar e o produto.

O sistema mecânico não poderá aumentar a sua capacidade de produção aumentando a velocidade da esteira transportadora, reduzindo o tempo de permanência do produto no túnel. Se o tempo de permanência no túnel do produto é a metade do tempo de congelamento, a troca realizada é 70 a 75% da diferença entálpica entre o produto fresco e congelado e isto poderá corresponder ao dobro da produção.

Consumo de fluido criogênico

A criogenia deve, então, terminar o congelamento dos 25 a 30% da diferença entálpica e se esta é de 80 kcal/kg a criogenia deve proporcionar de 20 a 24 kcal/kg, o que corresponde a 0,30 a 0,36 litros de nitrogênio líquido por kg de produto que passa pelo túnel.

O consumo por kg suplementar de produto congelado será, portanto, de 0,60 a 0,72 litros de nitrogênio.

Este consumo específico é de 50 a 60% do que deveria suportar se o aumento de produção fosse realizado por um túnel criogênico instalado em um linha paralela: a economia é sensível para aumentos de capacidade de 50 a 100%.

Interesse para incrementos sazonais de produção

Nos casos de sazonalidade, um congelamento por frio mecânico pode operar abaixo de sua capacidade máxima instalada, mediante um custo mais elevado por kg de produto produzido, porém o inverso não ocorre.

Quando se coloca em operação um



Sistema permite aumentar capacidade de congelamento

equipamento de frio mecânico, também se coloca em produção uma possibilidade de produção correspondente a sua capacidade máxima, que utilizará mais ou menos até o total da capacidade máxima.

A complementação do frio nos picos de produção poderá ser realizada com a criogenia com as seguintes vantagens:

- poderá evitar de se colocar em operação uma segunda linha em operação. Graças à criogenia evita-se prolongar o tempo de trabalho de um equipamento e o funcionamento de 2 equipamentos.

- A criogenia possibilita absorver picos diários e acréscimos de volume de produção

- A criogenia possibilita aumentar a produção em linhas sobrecarregadas, evitando o armazenamento intermediário e tempo de funcionamento mais longos.

Equipamentos

A associação dos equipamentos criogênicos aos sistemas de frio mecânicos permite aumentar a capacidade de uma instalação de congelamento existente e minimiza o investimento em um novo projeto.

Os equipamentos complementares de congelamento criogênico poderão ser associados de acordo com as necessidades específicas requeridas pelo produto ou pelo tipo de instalação existente.

Os equipamentos clássicos destinados ao congelamento contínuo (túneis lineares de uma ou 3 esteiras metálicas em de

aço inoxidável e armários de congelamento) poderão ser utilizados para a maioria das situações e produtos que não contemplem nenhuma fragilidade específica.

Os túneis criogênicos, quando associados antes de uma instalação de frio mecânico, asseguram uma melhoria da qualidade dos produtos, devido ao endurecimento superficial prévio; evita-se também as perdas de peso do produto, a aderência do produto na esteira do equipamento de frio mecânico e por analogia se poderia chamar esta técnica "CRYOMIEUX" (frio otimizado). Permite sua utilização temporária em alguns produtos ou permanentemente, com uma certa

flexibilidade de aumento de produção pelo fornecimento do frio criogênico.

Quando situados na saída, depois do frio mecânico, proporcionam uma grande flexibilidade, absorvendo os picos de produção e aumentando a capacidade do sistema de congelamento. Podemos denominar esta modalidade como "CRYO PLUS" (frio adicional).

A solução para sistemas mistos de congelamento que envolvam produtos frágeis, propensos à deformação, marcas e que causam aderência entre os mesmos e na própria esteira do túnel, poderá ser encontrada com a utilização de equipamentos especiais como o túnel Crustflow P, Crustflow V e o Cryomix.

O Crustflow P é um túnel linear com uma esteira de poliéster com um leito fluidizado de nitrogênio. O contato do produto com o spray de nitrogênio na parte superior e com o leito fluidizado sobre a esteira de poliéster permite o endurecimento superficial e parcial do produto em apenas alguns segundos.

Recomendado para produtos frágeis e que não podem ter marcas (filés de carnes, produtos de panificação, sorvetes extrusados, etc.).

Para o endurecimento superficial de pequenos produtos no formato IQF (Individual Quick Frozen) recomenda-se equipamentos especiais como Crustflow V ou Cryomix. Como exemplo, podemos citar: pequenos cubos de carnes, vegetais, camarões, etc.