

## EFEITOS DE DIFERENTES TIPOS DE CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO DE MOLHO MADEIRA

### EFFECTS OF DIFFERENT TYPES OF FREEZING AND THAWING OF MADEIRA SAUCE

J. ELERATE<sup>1</sup>, A. T. BADARÓ<sup>2</sup> e E. A. F. FONTES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Departamento de Engenharia de Processos, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia de Alimentos, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia de Alimentos, Brasil  
E-mail: elerate.j@gmail.com

#### *article info*

Article history:

Received 2017-03-09

Accepted 2017-07-20

Available online 2017-11-20

**PALAVRAS-CHAVE:** Molho madeira; Curva de Congelamento; Congelamento Rápido; Congelamento Lento.

**KEYWORDS:** Madeira Sauce; Freezing Curve; Fast Freezing; Slow Freezing.

**RESUMO:** *O molho madeira se destaca pelo paladar e elegância na culinária. Como é bastante servido em eventos de grande porte como casamentos e aniversários, necessita ser preparado com certa antecedência e congelado. Porém, alguns possíveis problemas podem ser observados no descongelamento, como a segregação de fases e modificação dos aspectos originais, levando à perda das características sensoriais do produto. Assim, visando uma melhor condição dos aspectos de qualidade, é necessário o congelamento e descongelamento correto do mesmo após o preparo. O objetivo deste trabalho foi avaliar os diferentes tipos de congelamento e descongelamento do molho madeira, determinando o tipo de congelamento que garantisse que os aspectos do molho descongelado fossem os mesmos do molho recém-preparado, além de determinar o tempo de congelamento do mesmo. A composição físico-química do molho madeira foi determinada a fim de determinar suas propriedades termofísicas como massa específica, calor específico, condutividade e difusividade térmica que obtiveram como resultado  $787,92 \text{ kg.m}^{-3}$ ,  $3,85 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ,  $0,53 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  e  $1,3 \times 10^{-5} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ , respectivamente. Esses valores foram utilizados no cálculo do tempo de congelamento segundo os modelos matemáticos de Nagaoaka, Pham, Plank, os quais foram comparados ao tempo de congelamento determinado experimentalmente por meio da curva de congelamento. O tempo de congelamento foi de 4,5 horas, mais próximo ao valor calculado pelo modelo de Plank. O congelamento rápido apresentou influência mais positiva, sendo o mais adequado para o produto.*

**ABSTRACT:** *The madeira sauce is distinguished by the palate and elegance in the cuisine. As it is well-attended in large events such as weddings and birthdays, it needs to be prepared in advance and frozen. However, some possible problems can be observed in thawing, such as phases segregation and modification of the original aspects, leading to the loss of the product sensorial characteristics. Thus, aiming a better condition of quality aspects, it is necessary to freeze and thaw it correctly after preparation. The objective of this work was to evaluate the different types of freezing and thawing of the madeira sauce, determining the type of freezing that would ensure that the aspects of the thawed sauce were the same as the freshly prepared sauce, besides determining its freezing time. The physico-chemical composition of the madeira sauce was obtained in order to determine its thermophysical properties as specific mass, specific heat, thermal conductivity and diffusivity that resulted in  $787,92 \text{ kg.m}^{-3}$ ,  $3,85 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ,  $0,53 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  and  $1,3 \times 10^{-5} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ , respectively.*

*These values were used to calculate the freezing time according to the Nagoaka, Pham and Plank mathematical models, which were compared to the freezing time determined experimentally by means of the freezing curve. The freezing time was 4.5 hours, closer to the value calculated by the Plank model. Quick freezing had a more positive influence, being the most suitable for the product.*

## **1. INTRODUÇÃO**

O molho madeira é um prato composto principalmente por amido de milho, água, vinho e mistura para molho madeira, e seu preparo é bem simples. Após o preparo, apresenta uma aparência viscosa e coloração escura, podendo ser consumido recém-preparado ou congelado para posterior consumo. É um molho muito utilizado em serviços de buffet para casamentos, aniversários ou outros eventos do tipo e, na maioria das vezes, é produzido em grande escala e com antecedência, necessitando congelamento do mesmo para posterior uso, o que pode gerar riscos microbiológicos ou de perda das características sensoriais.

Para solucionar essas questões, foram desenvolvidos meios de produção que permitem estender a vida útil dos alimentos, a partir da conciliação de um processamento térmico com o armazenamento a baixas temperaturas (RODRIGUEZ, 2012).

Segundo a Resolução CNNPA, de 27 de dezembro de 1977 da ANVISA, alimento congelado é o alimento que tenha sido submetido a um processo de congelamento, a uma velocidade apropriada e com o emprego de equipamento adequado. A operação de congelamento deve ser conduzida de tal forma que a faixa de cristalização máxima seja ultrapassada rapidamente, de acordo com o tamanho e o tipo de alimento. O equipamento deve ser instalado e operado de tal forma que, após atingida a estabilização térmica, seja possível reduzir a temperatura no centro térmico do alimento a menos de dezoito graus centígrados ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) e que essa temperatura seja mantida até o momento do consumo do produto.

As modificações estruturais decorrentes do congelamento nos componentes dos alimentos, ocasionam mudanças sensoriais que diminuem a qualidade do produto após o descongelamento, sendo estas fortemente influenciadas pelo tipo de congelamento (COLLA, PRENTICE-HERNANDEZ, 2003). No congelamento lento, ocorre a formação de grandes cristais de gelo na matriz do produto, levando à concentração do soluto e, conseqüentemente separação de fases, o que pode diminuir a qualidade do produto final. Já quando o produto é submetido ao congelamento rápido, há formação de cristais de gelo muito pequenos, que causam um dano menor quando comparado ao processo lento. Assim, há menor perda de água da matriz do produto, assegurando um descongelamento sem perda de líquidos e mantendo a qualidade do produto depois de descongelado.

O método de descongelamento assume fundamental importância principalmente naqueles produtos em que a textura é importante. Nestes casos, o descongelamento lento é preferencial, já que nestas condições a água pode retornar lentamente à posição original na matriz, anterior ao congelamento, através da difusão (COLLA & PRENTICE-HERNÁNDEZ, 2003).

Em caso de produtos prontos, como o molho madeira, congelamento irregular seguido de um descongelamento não-controlado pode provocar separação de fases e, neste caso, aparência gelatinosa e grumosa devido excesso de perda de água sofrida pelo amido, que é componente base deste produto, durante a retrogradação.

O principal fator de estudo deste trabalho é como o tipo de congelamento e descongelamento influencia nas características do molho madeira, e o que pode ser melhorado na intenção de mantê-lo com aparência do produto fresco.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Acompanhamento da Produção, Congelamento e Descongelamento do Molho Madeira

O acompanhamento da produção, congelamento e descongelamento do molho madeira foi realizado na sede da empresa X, onde o molho foi preparado conforme procedimento empregado pela mesma. As temperaturas foram determinadas com o auxílio de termopar (modelo Testo 177-T4 Logger).

A aparência do produto foi observada e documentada por fotos.

### 2.2. Determinação da Curva Congelamento do Molho

Para comparação dos resultados, foram construídas duas curvas de congelamento para o molho madeira: curva de congelamento lento, sistema utilizado pela empresa e a curva de congelamento rápido, utilizando a câmara de congelamento rápido da própria empresa.

A curva de congelamento lento, foi realizada, respeitando o procedimento adotado pela empresa. Para a curva de congelamento rápido, após preparo, o molho foi colocado em um recipiente com mesmo formato e dimensões, e com a mesma quantidade de produto.

### 2.3. Análises Físico-Químicas do Molho Madeira

As análises para determinação do teor de água, proteínas, lipídios, cinzas e carboidratos foram realizadas segundo metodologia descrita pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

### 2.4. Determinação das Propriedades Termofísicas do Molho Madeira

A densidade/massa específica ( $\rho$ ) do molho madeira foi determinada conforme Equação (1):

$$\rho = \frac{W}{L^3} \quad (1)$$

Em que,

$L^3$  é o volume da amostra ( $m^3$ ) e

$W$  é a massa da amostra (kg).

De acordo com Singh e Heldman (1998), o calor específico de um alimento é influenciado basicamente pela composição do produto, pelo seu percentual de umidade e pela temperatura. A Equação (2) apresenta um modelo para o cálculo do calor específico dos alimentos em função da sua composição centesimal conhecida acima do seu ponto de congelamento, e foi utilizada no cálculo do calor específico do molho madeira.

$$C_p = 1,424 mc + 1,549 mp + 1,675mg + 0,837 mz + 4,187mw \quad (2)$$

Em que,  $m$  é a fração mássica e os subscritos c, carboidratos; p, proteínas; g, gordura; z, cinzas; w, água.

Diversos autores, têm proposto equações para prever a condutividade térmica dos alimentos em função da sua composição. A Equação (3) mostra o cálculo para um alimento de composição conhecida (ORREGO, 2003) e foi utilizada no cálculo do calor específico do molho madeira.

$$k = 0,16mc + 0,155mp + 0,25mg + 0,135mz + 0,58mw \quad (3)$$

Em que,

$m$  é a fração mássica e os subscritos c, carboidratos; p, proteínas; g, gordura; z, cinzas; w, água.

Riedel (1969) verificou que a difusividade, em alimentos com teor de umidade maior que 40%, é fortemente dependente dessa umidade ( $C_a$ ). Essa dependência é representada pela Equação (4) e foi utilizada no cálculo do calor específico do molho madeira.

$$\alpha = 0,088 \times 10^{-6} + (a_w - 0,088 \times 10^{-6}) \times \frac{C_a}{100} \quad (4)$$

Em que,

$a_w$  é a difusividade da água à temperatura de trabalho ( $m^2 \cdot s^{-1}$ ) e

$C_a$  é o conteúdo de água no produto (%).

## 2.5. Cálculo do Tempo de Congelamento

O tempo de congelamento do molho foi determinado segundo modelo proposto por Plank, Pham e Nagaoka.

O modelo de Plank, permite determinar uma solução aproximada do tempo de congelamento do molho madeira, de acordo com a Equação (5):

$$t_c = \rho \cdot \frac{L}{T_c - T_m} \left[ \left( P \cdot \frac{a}{h} \right) + \left( R \cdot \frac{a^2}{k} \right) \right] \quad (5)$$

Em que,

$t_c$  é o tempo de congelamento (s),

$\rho$  a densidade do produto congelado ( $kg \cdot m^{-3}$ ),

$L$  o calor latente de fusão ( $J \cdot kg^{-1}$ ),

$T_c$  a temperatura de congelamento do produto ( $^{\circ}C$ ),

$T_m$  a temperatura do meio de congelamento ( $^{\circ}C$ ),

$a$  a dimensão característica do produto (m),

$h$  o coeficiente de transferência de calor por convecção ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ),

$k$  a condutividade térmica do produto congelado ( $W \cdot m^{-1} \cdot K$ ) e

$P$  e  $R$  os coeficientes de forma do produto.

Para o cálculo do calor latente ( $L_f$ ) foi utilizado a relação umidade ( $U$ ) do produto e calor latente de fusão da água, 333,2 kJ/Kg (Equação (6)).

$$Lf = U.L \quad (6)$$

O modelo de Pham é descrito segundo a Equação (7), e esta é calculada com o tempo total de congelamento de uma temperatura uniforme  $T_1$  até a temperatura final no centro da fatia em formato de placa.

$$tc = \frac{1}{E} x \left[ \frac{\Delta H1}{\Delta T1} + \frac{\Delta H2}{\Delta T2} \right] x \left[ \frac{D}{h} + \frac{D^2}{2k} \right] \quad (7)$$

$$\Delta H1 = \rho \cdot Cp_{nc} \cdot (T_o - T_{cm})$$

$$\Delta H2 = \rho \cdot \lambda + \rho \cdot Cp_c \cdot (T_{cm} - T)$$

$$\Delta T1 = 0,5 \cdot (T_o + T_{cm}) - T_a$$

$$\Delta T2 = T_{cm} - T_a$$

$$T_{cm} = 1,8 + 0,263T + 0,105T_a$$

Em que,

$E$  é o fator que vale 1 para uma placa infinita,

$\rho$  é a densidade do material sem congelar ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ),

$Cp_{nc}$  é o calor específico sem congelar ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ),

$T_o$  é a temperatura do alimento no início do processo ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$T_{cm}$  é o fator de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$\lambda$  é o calor latente de congelamento do alimento ( $\lambda = \lambda_{\text{água}} \times m_w$ ),

$Cp_c$  é o calor específico do alimento congelado ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ),

$T$  é a temperatura final de congelamento ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$T_a$  é a temperatura do meio de resfriamento ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$D$  é a dimensão característica (para placa é a sua espessura) (m),

$h$  é o coeficiente convectivo de transferência de calor ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ) e

$k$  é a condutividade térmica do material ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}$ ).

A Equação (8) permite conhecer o período de congelamento, incluindo o tempo de pré-resfriamento segundo Nagoaka et al. (1955).

$$tc = \rho \cdot \frac{\Delta H}{(T_c - T_a)} x \left[ P \cdot \frac{a^1}{h} + R \cdot \frac{a'^2}{k} \right] x [1 + 0,008 (T_o - T_c)] \quad (8)$$

$$\Delta H = Cp \cdot (T_c - T_o) + y \cdot m_w \cdot \lambda$$

Em que,

$t_c$  é o tempo de congelamento (s),

$\rho$  a massa específica do alimento sem congelar ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ),

$\Delta H$  a diferença de entalpia do alimento no congelamento,

$\lambda$  o calor latente de congelamento padrão da água à temperatura de congelamento técnico ( $335 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),

$Cp$  é o calor específico sem congelar ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ),

$m_w$  a fração mássica de água no alimento,

$y$  a fração de água congelada,

$T_a$  é a temperatura do meio de resfriamento ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$T_c$  a Temperatura de congelamento inicial ( $^{\circ}\text{C}$ ),  
 $T_0$  é a temperatura do alimento no início do processo ( $^{\circ}\text{C}$ ),  
 $h$  o coeficiente de transferência de calor por convecção ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ),  
 $k$  a condutividade térmica do produto congelado ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}$ )  
 $a'$  a dimensão característica do alimento, no caso espessura (m) e  
 $P$  e  $R$  os coeficientes de forma do produto ( $1/2$  e  $1/8$  para placas).

## 2.6. Descongelamento do Molho

Foi realizado o descongelamento do molho conforme procedimento adotado na empresa. Tanto o congelamento lento, como o congelamento rápido foram realizados em duplicatas para que o descongelamento fosse realizado das duas formas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

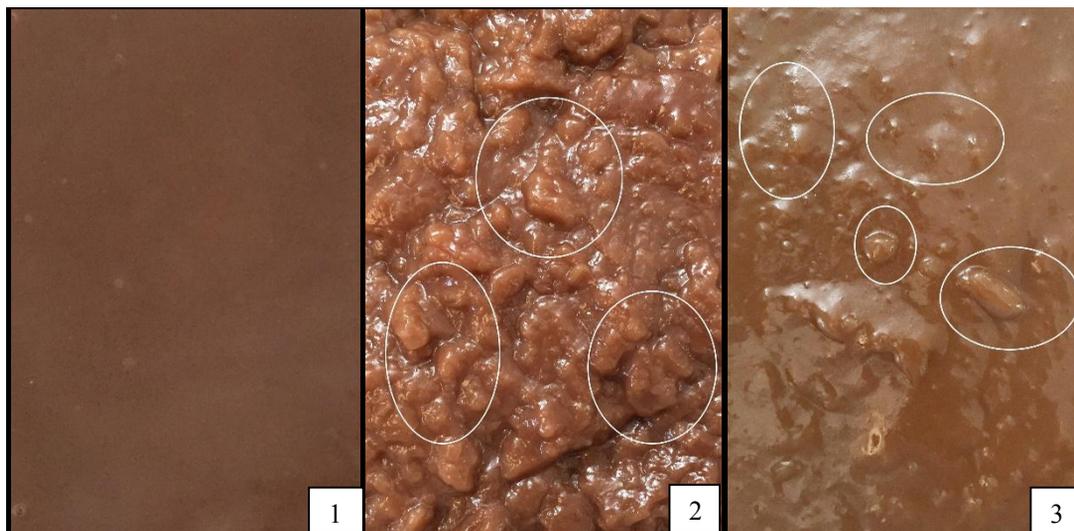
### 3.1. Acompanhamento da Produção, Congelamento e Descongelamento do Molho Madeira

O molho madeira produzido conforme a formulação utilizada pela empresa X foi encaminhado para a câmara de congelamento rápido ( $-27$  e  $-30$   $^{\circ}\text{C}$ ), onde permaneceu por cerca de 50 minutos, até atingir aproximadamente  $18$   $^{\circ}\text{C}$ , quando foi embalado em embalagem tipo nylon-poli com capacidade de até 1 kg de produto e colocado na câmara de congelamento lento para proceder congelamento do produto. O molho permaneceu na câmara de congelamento lento por cerca de 4 horas, quando atingiu a temperatura de aproximadamente  $-3$   $^{\circ}\text{C}$ . A Figura 1 mostra a aparência do molho após o preparo e após saída da câmara de congelamento rápido.



**Figura 1:** Aparência do molho madeira após preparo (à esquerda) e após saída da câmara de congelamento rápido (à direita).

Após descongelamento lento ou rápido do molho notou-se uma aparência grumosa como mostrado na Figura 2, diferente do molho recém-preparado.

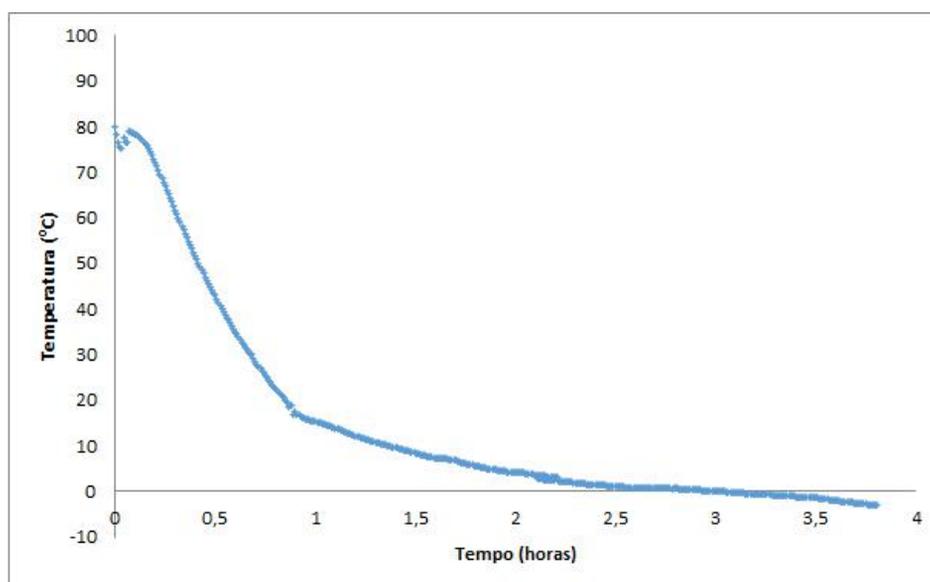


**Figura 2:** Aparência do molho recém-preparado (1) e após descongelamento rápido (2) e lento (3).

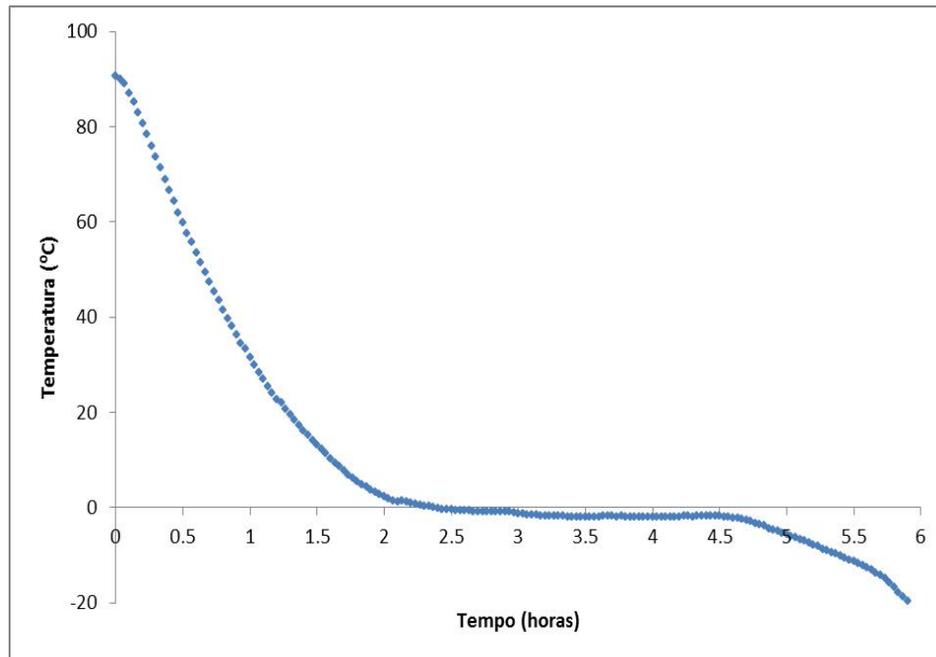
O congelamento lento do molho ocasionou a formação de grandes cristais de gelo durante o congelamento, devido a saída de água da matriz do produto, e, conseqüentemente, aumentando a concentração de solutos no interior desta. Sendo assim, houve a formação de grumos por parte do soluto e liberação de fluidos do produto, o que levou a separação de fases após o descongelamento, independente de descongelamento rápido ou lento.

### 3.2. Determinação da Curva Congelamento do Molho

Após procedimentos realizados, e a temperatura ser registrada conforme cada tipo de congelamento, obteve-se as curvas conforme Figuras 3 e 4.



**Figura 3:** Curva de congelamento lento.

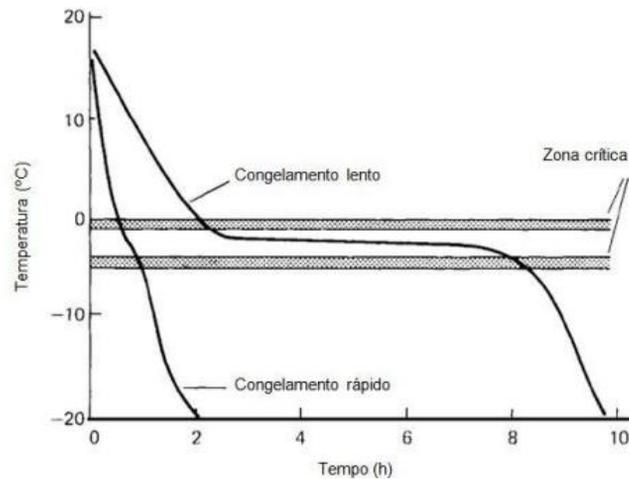


**Figura 4:** Curva de congelamento rápido.

O procedimento foi realizado em duplicata e utilizou-se a média das temperaturas para a construção da curva. A curva de congelamento lento apresentou uma pequena alteração no início da curva devido ao transporte do recipiente já com o termopar inserido no ponto frio. Após 50 minutos nota-se que a curva entra em um período mais lento de decaimento de temperatura e permanece mais tempo dentro de uma faixa chamada de zona crítica (0 a -5 °C - Zona Crítica de maior formação de cristais de gelo).

No congelamento rápido (Figura 4) ocorreu um abaixamento brusco da temperatura. A curva de congelamento rápido supostamente apresentaria maior suavização quanto ao decaimento de temperatura e uma maior inclinação na zona crítica. Além disso, o tempo de permanência na zona crítica deveria ser menor que o ocorrido no congelamento lento, porém não foi o que ocorreu.

A Figura 5 a seguir retrata os perfis dos dois tipos de congelamento, ilustrando a diferença entre a curva de congelamento lento a qual permanece mais tempo dentro da zona crítica e a curva de congelamento rápido com um ponto próximo da zona crítica com subsequente declínio brusco da temperatura sem as etapas adicionais observadas no congelamento lento.



**Figura 5:** Curvas de congelamento em função da temperatura e tempo, típicas de congelamento rápido e congelamento lento. FONTE: FELLOWS (2000).

Comparando as curvas com as obtidas no presente trabalho observa-se grande semelhança no comportamento do congelamento. Porém, durante a obtenção da curva, alguns problemas foram identificados para que o resultado final fosse alcançado: as câmaras frias onde se realizavam os experimentos eram utilizadas para o armazenamento de outros produtos da empresa que também necessitavam de congelamento, com isso, as câmaras eram constantemente abertas, gerando uma grande variação na temperatura interna da mesma. Ainda, segundo funcionários, a câmara de congelamento rápido perdia a eficiência após longos períodos de funcionamento, pois uma camada de gelo era formada na saída do circulador, momento que a mesma era desligada para degelo. Acredita-se, então, que isso tenha afetado o tempo de congelamento do molho, prolongando a zona crítica, que durou cerca de 2 horas e 30 minutos, para, então ocorrer o decréscimo de temperatura do produto de  $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  até  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

O tempo de congelamento do molho madeira foi determinado quando este atingiu a temperatura de congelamento, sendo esta  $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , depois de cerca de 4 horas e 30 minutos. Segundo Rahman et al. (2009), alimentos com alto teor de umidade possuem o ponto de congelamento entre  $-1$  e  $-3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 3.3. Análises Físico-químicas do Molho Madeira

Os resultados obtidos para a composição do molho madeira estão apresentados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Composição média ( $n^*=3$ ) do molho madeira.

Componente	% (m/m)	Desvio padrão
Água	87,86	1,42
Cinzas	1,63	0,03
Proteínas	0,94	0,02
Gordura	4,58	0,88
Carboidrato	4,99	0,49

\* $n$ =número de lotes utilizados para determinação da composição do molho.

O alto teor de umidade pode ser explicado pelo fato dos ingredientes em maior quantidade serem líquidos, como vinho e água. Além disso, nota-se que o teor de carboidrato e gordura totaliza quase 10% da composição do molho, sendo os componentes em maior quantidade depois da água. Ambos parâmetros podem ser explicados pela composição da mistura para molho madeira, que é basicamente amido de milho, farinha de trigo e gordura vegetal. Entretanto, observa-se um baixo desvio padrão em relação aos lotes utilizados na determinação da composição do molho madeira.

Com a determinação da composição química do molho madeira foi possível a determinar o calor específico, condutividade térmica e difusividade térmica, utilizados na determinação do tempo de congelamento do molho pelos modelos descritos.

### 3.4. Determinação das Propriedades Termofísicas do Molho Madeira

Os valores das propriedades termofísicas do molho madeira como massa específica, calor específico, condutividade e difusividade térmica, calculados a partir as Equações 1, 2, 3 e 4, respectivamente, estão apresentados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Propriedades termofísicas do molho madeira.

Propriedade	% (m/m)
Massa Específica (kg.m <sup>-3</sup> )	787,92
Calor Específico (kJ.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	3,85
Condutividade Térmica (W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	0,53
Difusividade Térmica (m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	1,3 x 10 <sup>-5</sup>

### 3.5. Cálculo do Tempo de Congelamento

O tempo de congelamento do molho foi estimado conforme modelo proposto por Plank, Pham e Nagaoka. Os resultados, juntamente com o tempo de congelamento experimental encontram-se na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3: Estimativa do tempo de congelamento do molho madeira.

Modelo	t <sub>lento</sub>	t <sub>rápido</sub>
Plank	10,97 h	1,83 h
Pham	173 h	51,37 h
Nagaoka	5,12 h	0,85 h
Experimental	-	4,5 h

Com isto observa-se que o modelo de Plank foi o que mais se aproximou com o tempo obtido pelo congelamento rápido. Isto implica que mesmo apresentando limitações, como considerar o mesmo tempo de congelamento do início ao fim, a densidade, a condutividade térmica e o calor específico do alimento permanecerem constantes, além das perdas de calor sensíveis ignoradas, as equações forneceram um resultado mais acurado e próximo ao da

realidade. Por outro lado os modelos de Pham e Nagoaka, mesmo com os parâmetros acrescentados nas equações, não revelaram resultados satisfatórios. O modelo de Pham apresentou valores muito superiores de tempo de congelamento, enquanto o modelo de Nagoaka apresentou valores muito menores do que o esperado.

Quanto ao congelamento lento, não foi possível uma comparação, uma vez que não se pode concluir a respeito do tempo de congelamento em relação à curva construída. Não se conseguiu atingir uma temperatura inferior a  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  e conseqüentemente construir a curva até a temperatura de  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  para determinação do ponto de congelamento.

### 3.6. Descongelamento do Molho

O descongelamento do molho foi realizado de duas maneiras: seguindo o procedimento da empresa, utilizando fogão a gás e, de uma maneira mais rápida, utilizando um microondas. As Figuras 6 e 7 mostram a diferença na aparência dos dois tipos de congelamento e descongelamento do molho madeira. O molho descongelado no fogão apresentou melhor aparência em relação ao descongelado no microondas.



**Figura 6:** Processo empregado pela empresa. Molho congelado lentamente e descongelado no fogão a gás (à esquerda) e descongelamento em forno em microondas (à direita).



**Figura 7:** Processo proposto de congelamento rápido. Molho congelado rapidamente e descongelamento em fogão a gás (à esquerda) e descongelamento em forno de microondas (à direita).

Ainda pode-se notar que, após o descongelamento em fogão à gás, o molho que sofreu congelamento rápido apresentou uma aparência mais uniforme, sem formação de grumos, ou seja, mais próxima do molho recém-preparado, que aquele que sofreu congelamento lento. A Figura 8 ilustra a diferença na aparência do molho nos dois processos.



**Figura 8:** Molho após congelamento rápido (à esquerda) e após congelamento lento (à direita).

## 4. CONCLUSÃO

A modelagem matemática proposta por Plank para tempo de congelamento rápido foi mais apropriada quando comparada com o tempo de congelamento obtido experimentalmente. Já os modelos propostos por Pham e Nagoaka não forneceram um resultado satisfatório.

Observando o aspecto do molho no descongelamento no fogão à gás, que foi considerado o mais ideal, nota-se que o congelamento rápido teve uma influência positiva na aparência do molho. Com o congelamento rápido, a aparência final do molho foi similar a do molho recém-preparado, ao contrário do congelamento lento. Portanto, o problema pode ser solucionado adequando-se o tipo de congelamento do molho, porém estudos mais aprofundados, como uso de amido modificado como ingrediente devem ser realizados para avaliar a influência na aparência do molho após o descongelamento.

## REFERÊNCIAS

- COLLA, L. M.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Congelamento e Descongelamento - Sua influência Sobre os Alimentos. **Vetor, Rio Grande**, 13: 53-66, 2003.
- FELLOWS, P. J. **Freezing. Food Processing Technology: Principles and Practices**. 2<sup>a</sup>. ed. London: Woodhead Publishing Ltd., p. 418-439, 2000.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Químicos e Físicos para Análises de Alimentos**. Normas Analíticas v1, 3<sup>a</sup> ed. São Paulo, 1985.
- NAGAOKA, J.; TAKAJI, S.; HOTANI, S. Experiments on the freezing of fish by the air-blast freezer. **Fish**, v. 42, n. 1. Tokyo: Tokyo Univ. 1955.
- ORREGO, C. E. **Processamiento de Alimentos**. Primeira Edição. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 321 p. 2003.
- RAHMAN, M. S.; MACHADO-VELASCO, K. M.; SOSA-MORALES, M. E., VELEZRUIZ, J. F. Freezing Point: Measurement, Data and Prediction. **In: RAHMAN, M.S. Food properties handbook**. 2<sup>a</sup> ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. p. 154-192.
- Resolução CNNPA, de 27 de dezembro de 1977 - **ANVISA**. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/35\\_77.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/35_77.htm)>. Acesso em 04/12/2015.
- RIEDEL, L. Measurement of thermal diffusivity of foodstuffs rich in water. **Kaltetechnik – Klimatisierung**, v.21, n. 11, p. 315-316. Karlsruhe, 1969.
- RODRIGUEZ, E. A. M. Implementação do Referencial IFS Alimentar numa Indústria de Produtos Pré-Confecionados e Ultracongelados. Integração com a NP EN ISO 9001:2008. 187f. **Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar – Qualidade Alimentar)** - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal. 2012.
- SINGH, R. P.; HELDMAN, D. R. Introducción a la Ingeniería de los alimentos. **Zagaroa: Acribia**, 1998, 544p.