

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE ALIMENTO PASTOSO DESTINADO A PESSOAS DISFÁGICAS CONGELADO EM TROCADOR DE CALOR DE SUPERFÍCIE RASPADA

Érico Tiberio Figueira ¹; Tatiana Guinoza Matuda ²

¹ Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

² Professora da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

Resumo. *A disfagia é uma condição alimentar que promove dificuldade ou impossibilidade de alimentação por via oral, dessa forma, desenvolveu-se uma sopa creme de mandioquinha com amido modificado congelada em trocador de calor de superfície raspada (TCSR) com o intuito de reduzir a separação de líquido durante o descongelamento, uma vez que pessoas disfágicas ao aspirá-lo podem apresentar problemas pulmonares. Foram estudadas cinco formulações da sopa creme, variando o processo de congelamento (TCSR e freezer convencional), a origem da gordura (animal e vegetal), o uso de espessante e o teor de proteínas. Verificou-se a homogeneidade e a não liberação de água após o descongelamento de todas as amostras, com exceção da congelada em freezer convencional. O comportamento reológico foi descrito segundo o modelo da Lei de Potência e a análise de textura indicou a influência do amido modificado nos parâmetros de firmeza, consistência, índice de viscosidade e coesividade. Foram realizados ciclos de congelamento e descongelamento a fim de simular o transporte do produto até o consumidor, os quais demonstraram que o creme manteve suas características organolépticas até o terceiro ciclo.*

Introdução

A disfagia é classificada como um distúrbio alimentar ocasionado por complicações neurológicas e/ou por alterações físicas nos membros responsáveis pelo trajeto de um alimento desde a cavidade oral até o esôfago, o que dificulta ou impossibilita a alimentação segura por um indivíduo. Pessoas em graus mais avançados de disfagia podem apresentar casos de desidratação e desnutrição, além de estarem susceptíveis a problemas pulmonares decorrentes da entrada de um alimento pela via respiratória (ASLHA, 2004). Isso reflete a necessidade de uma dieta especial para este grupo de pessoas, seja pela alteração da consistência da refeição, no caso da disfagia leve à moderada, ou pela alimentação enteral, comum em casos de disfagia moderada à grave (Padovani *et al.*, 2007). Dessa forma, pessoas que apresentam tal condição alimentar devem seguir uma dieta composta por alimentos pastosos, como cremes de vegetais e frutas (Cruz *et al.*, 2012).

Sopas e cremes a partir de vegetais são alimentos práticos e de baixo custo (Franco, 2011) e estão presentes na alimentação desde os primórdios da humanidade. Fizeram parte do surgimento dos primeiros restaurantes em meados do século XVII (Nicastro, 2013) e apesar de não estarem entre os alimentos mais consumidos no Brasil (Souza *et al.*, 2008), entre 2003 e 2011 sua comercialização apresentou significativa estabilidade (Franco, 2011).

Em geral, sopas são comercializadas em pó ou em líquidos concentrados, os quais demandam maior tempo de preparo em relação à primeira variedade (Touba, 1970). Todavia, a demanda por alimentos práticos e econômicos tem crescido de acordo com as alterações e evoluções comportamentais (Souza *et al.*, 2013), sendo necessário que a indústria alimentícia acompanhe esta tendência (Caballero-Córdoba, Sgarbieri e Wang, 1994). Uma opção para atender essa exigência são os produtos congelados.

No congelamento de alimentos é de suma importância a velocidade com que este processo é realizado, visto que interfere diretamente na nucleação e crescimento dos cristais de gelo. Quando realizado em câmara fria ou freezer convencional, ou seja, de forma lenta, os cristais tornam-se maiores, ocasionando ruptura das células do alimento, promovendo

exsudação de água e perda dos aspectos organolépticos, quando comparados aos aspectos do produto antes do congelamento (Prentice-Hernández e Colla, 2003). Estas variações estruturais pouco ocorrem no congelamento rápido, visto que os cristais são formados em maior quantidade e menor tamanho, esta operação unitária pode ser obtida em trocador de calor de superfície raspada (TCSR), equipamento amplamente utilizado na obtenção de sorvetes, uma vez que este processamento garante a incorporação de ar ao produto, promovendo sua cremosidade (Tharps, 2009).

Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma sopa creme de mandioquinha (*Arracacia xanthorrhiza*) congelada em trocador de calor de superfície raspada, a fim de minimizar os efeitos negativos do congelamento lento. Este estudo é de fundamental importância para os portadores da condição de disfagia já que a sopa de sua dieta, se preparada de forma caseira, não deve ser congelada uma vez que ocorrerá separação de água e, por consequência, o indivíduo estará sujeito a aspirar ao líquido sobrenadante (Araújo, 2017).

Material e Métodos

Esta seção apresenta os materiais e as metodologias utilizados para obtenção do produto, bem como as análises realizadas no creme de mandioquinha, também conhecida como batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza*).

Formulação

Para obter consistência semelhante à de sorvetes, foi utilizado o creme de leite fresco (Fazenda) na primeira formulação, que foi congelada de duas formas (P0 – congelamento convencional em *freezer* a -18 °C e P1 – TCSR). Nas formulações P2 e P3, o creme de leite foi substituído por azeite de oliva e diferentes concentrações de espessante para disfágicos, amido modificado de marca Espessa Mais (MaisCare), foram utilizadas.

A partir da formulação P2, foi desenvolvida a P5 com suplementação de proteínas do soro do leite (IntegralMedica). A formulação P5 foi desenvolvida em um momento diferente de P0 a P3 e, assim, para comparação, repetiu-se a P2 nomeando-a por P4.

Com exceção da formulação P0, as demais foram congeladas em TCSR. A Tabela 1 apresenta as formulações estudadas.

Tabela 1 – Formulações do creme de mandioquinha (P0: congelada em *freezer* a -18 °C, P1 a P5: congeladas em TCSR).

Formulação	P0/P1	P2/P4	P3	P5
Ingredientes	(%)	(%)	(%)	(%)
Mandioquinha cozida	44,7	46,2	46,6	43,4
Creme de Leite	10	-	-	-
Azeite de Oliva	-	5,2	5,2	4,9
Água	44,7	46,2	46,6	43,4
Temperos	0,1	0,1	0,1	0,4
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5
Espessante	-	1,8	0,9	1,8
Suplemento proteico	-	-	-	5,6

Fluxograma de processo

A Figura 1 mostra as etapas do processo de fabricação do creme de mandioquinha. Após recepção, higienização e preparo do creme foi realizada a etapa de pasteurização, na qual o produto foi aquecido a 90 °C durante 1 minuto (Snyder, 1997) a fim de eliminar possíveis

microrganismos patogênicos e reduzir os deteriorantes, este processo levou cerca de 22 minutos. Na sequência, P0 foi levada ao *freezer* e P1, P2/P4, P3 e P5 passaram por um processo de resfriamento e congelamento em TCSR até -6°C, com duração aproximada de 16 minutos, para que posteriormente fossem congeladas até -18°C no mesmo equipamento de P0. Tanto a pasteurização quanto o congelamento com incorporação de ar, foram realizados na sorveteira, marca Telme (Codogno, Itália). Foram acoplados termopares (MadgeTech) aos potes do creme para acompanhar o histórico de temperatura ao longo das primeiras horas no *freezer* a -18 °C.

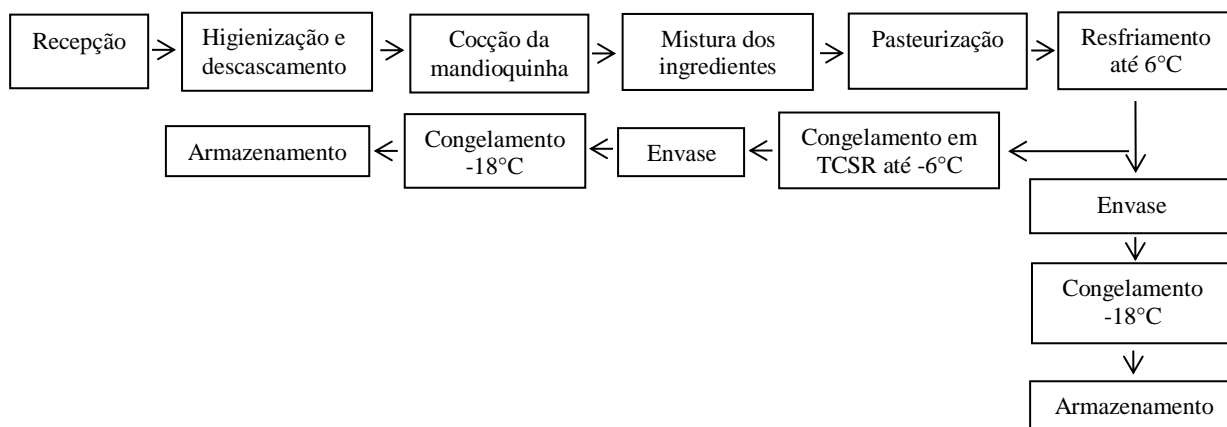


Figura 1 - Etapas de produção da sopa creme de mandioquinha congelada

Cálculo de letalidade

Para verificar a eficiência da pasteurização, foi adotado um critério de doze reduções decimais (12D) para o cálculo de letalidade dos microrganismos patogênicos de possível crescimento no creme de mandioquinha descongelado quando exposto a temperaturas superiores a 10 °C, ou no caso de bactérias psicrófilas, superiores a 4 °C, como: *Salmonella* spp, *Escherichia coli* O157:H7 e *Listeria monocytogenes*. O *Clostridium botulinum* não foi considerado como alvo visto que o potencial de oxirredução do alimento analisado é positivo, o que pode ser verificado pela análise de *overrun*. O cálculo foi realizado, com auxílio do programa Microsoft® Excel, por meio da área sob a curva da letalidade (Equação 1) pelo tempo, obtida do histórico de temperatura em função do tempo durante o aquecimento no pasteurizador. A área foi calculada por integral numérica, método de Simpson I, o qual apresenta menor erro quando comparado a outros, como o do trapézio (Tadini *et al.*, 2016).

$$\text{Sendo } L \text{ a função letalidade, } L = 10^{\frac{(T-T_{ref})}{z}} \quad (\text{Equação 1})$$

Também foi medido, por meio de pHmetro, o potencial hidrogeniônico das formulações P4 e P5.

Temperatura inicial de congelamento

A temperatura inicial de congelamento foi determinada de forma teórica pela Equação 2, e de forma experimental pelo histórico de temperatura pelo tempo por meio das curvas de congelamento, obtidas pelo uso de termopares (Madgtech) acoplados aos potes que continham o creme de mandioquinha. Sobre essas curvas, foram traçadas tangentes às regiões de calor sensível e calor latente, a fim de obter o ponto inicial de congelamento, simbolizado pelo encontro das tangentes (Matuda, 2008) (Figura 3).

$$\ln a_w = \frac{\Delta_{fus} \hat{H}}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_{ic}} \right) \quad \text{Equação 2}$$

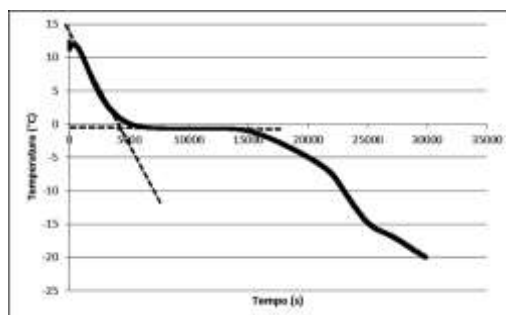


Figura 3 – Exemplo da determinação experimental da temperatura inicial de congelamento

Ciclo de congelamento e descongelamento

O produto foi submetido a três ciclos de congelamento e descongelamento para observar possíveis alterações decorrentes do percurso do mesmo da fábrica até o consumidor, ou seja, o primeiro derretimento ocorreria no transporte do produto até o mercado, o segundo do mercado ao consumidor e o terceiro seria o descongelamento intencional para consumo.

Dessa forma, o creme congelado foi exposto a condições indesejáveis como congelamento lento em *freezer* a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e descongelamento em estufa (Vipao) a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, para que posteriormente fossem analisados os parâmetros reológicos e de textura. Também foram observadas, por meio de termopar (Madgtech), as oscilações de temperatura no decorrer do tempo. Para as formulações P0 a P3 a análise foi realizada 49 dias após a produção, enquanto as formulações P4 e P5 foram analisadas uma semana após o processamento.

Análises

As análises permitiram estudar as variações das formulações, dos ciclos de congelamento e descongelamento e o tipo de processamento na qualidade do produto final.

Composição centesimal

Foram analisados os teores de proteínas pelo método de Kjeldahl (IAL, 2004), cinzas por incineração em mufla a $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ (IAL, 2004), lipídeos pelo método de Bligh Dyer (IAL, 2004), carboidratos por diferença e umidade em medidor de umidade SHIMADZU (Filipinas). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Reologia

Realizada em reômetro digital DV3T-LV Extra (Brookfield, Stoughton, EUA) interligado a um banho a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, com auxílio do software Rheocalc T versão 1.2.19. Foram utilizados dois sensores de cisalhamento, o SC4-34 (para P0) e o SC4-25 (para P1, P2 e P3). A velocidade variou de 20 a 200 rpm, o que corresponde à taxa de cisalhamento variando de $4,4$ a 44 s^{-1} , entretanto nem todas as amostras de P0 se adequaram a esta faixa, visto que não se mantinha homogênea durante a análise. A formulação P5 não se adequou a nenhum dos sensores disponíveis, pois se encontrava mais espessa que as demais, por este motivo os resultados de P4 também não são apresentados. As análises foram realizadas em duplicata.

O modelo geral de caracterização dos fluidos é expresso por: $\tau = \tau_0 + k \cdot \dot{\gamma}^n$, no qual τ é a tensão de cisalhamento (Pa), τ_0 é a tensão de cisalhamento inicial, k é o índice de consistência ($\text{Pa} \cdot \text{s}^n$), $\dot{\gamma}$ é a taxa de cisalhamento (s^{-1}) e n é o índice de comportamento do fluido. O ajuste foi feito pela Lei de Potência, podendo ser expressa como: $\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n$.

A consistência adequada de alimentos para pessoas disfágicas é quando este se comporta como pudim, ou seja, ao retirá-lo do recipiente com uma colher, deve manter-se firme ou cair em blocos, esta consistência é atingida com valores de viscosidade aparente acima de 1750 cP (Schmidt e Oliveira, 2015).

Textura

A textura do creme foi analisada no analisador de textura HD Plus Upgrade (Stable Micro Systems, Surrey, UK) com o software Exponent Lite v. 6.1.4.0. Esta análise foi adaptada do método *Tomato Ketchup* (força por compressão, velocidade de pré-teste de 1,0 mm/ s, velocidade de teste 1,0 mm/ s, pós-teste de 1,0 mm/ s e distância de 30 mm) (SMS, 2012). As análises foram realizadas em duplicata. A partir da curva de força pelo tempo (Figura 2) foi possível analisar os parâmetros de firmeza (dureza/maciez), consistência (fluido/ espesso), coesividade (habilidade das moléculas se manterem unidas) e índice de viscosidade das sopas creme estudadas.

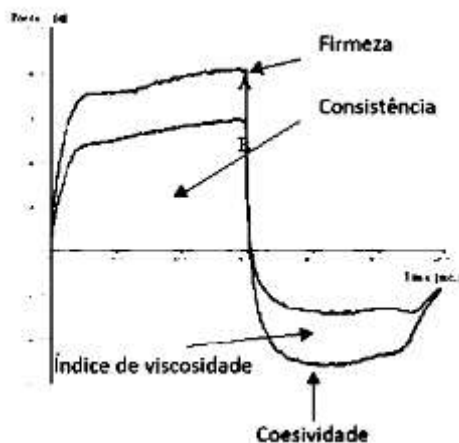


Figura 2 – Exemplo de curva de força pelo tempo da análise de textura (SMS, 2012).

Atividade de água

A atividade de água foi determinada no medidor de atividade de água, marca Decagon (Pullman, EUA), com controle interno de temperatura e medição pelo ponto de orvalho. As análises foram realizadas apenas no creme de mandioquinha fresco, em duplicata.

Overrun

O *overrun* é um parâmetro utilizado pela indústria de sorvetes para quantificar a incorporação de ar durante o congelamento. Como o processamento e a formulação do creme são similares ao de um sorvete, determinou-se tal parâmetro pela medição da massa para um volume fixo antes e depois do produto entrar na fase de incorporação de ar. Este cálculo foi realizado apenas para as formulações P4 e P5 (Equação 3).

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{m_i - m_f}{m_f} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

Tratamento estatístico

A variação entre ciclos de congelamento-descongelamento foi avaliada por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey no programa MINITAB (Minitab Inc, Pensilvânia, EUA) com significância de 5 %. Em relação às formulações, utilizaram-se os mesmos métodos para P0 a P3. O *Student's t-test (Two-sample)*, no mesmo programa e grau de significância, foi utilizado para as formulações P4 e P5, visto que este é mais adequado à variação entre duas amostras.

Resultados e Discussão

Os resultados de composição centesimal e atividade de água para as diferentes formulações estudadas estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Resultados de composição centesimal e atividade de água das formulações P0 a P3.

Formulação	P0/P1(%)	P2(%)	P3(%)
Umidade	85,67 ^a	83,40 ^b	84,13 ^c
Proteína	0,76 ^a	0,29 ^b	0,25 ^b
Lipídios	3,93 ^b	4,61 ^a	4,21 ^{ab}
Cinzas	0,85 ^a	0,82 ^a	0,84 ^a
Carboidratos	8,79	10,88	10,57
Aw	0,994 ^a	0,996 ^a	0,996 ^a

* resultados com a mesma letra na linha não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$)

Tabela 3 – Resultados de composição centesimal e atividade de água das formulações P4 e P5

Formulação	P4(%)	P5(%)
Umidade	81,5 ^a	76,4 ^b
Proteína	0,52 ^a	5,3 ^b
Lipídios	5,17 ^a	4,58 ^a
Cinzas	1,12 ^a	1,12 ^a
Carboidratos	11,69	12,60
Aw	0,992 ^a	0,990 ^a

* resultados com a mesma letra na linha não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$)

A atividade de água não apresentou diferença significativa em relação à formulação, assim como o teor de cinzas. Em relação aos lipídios, observou-se diferença significativa entre P0/P1 e P2, ocasionada pela substituição do creme de leite, uma vez que o azeite apresenta maior concentração de ácidos graxos. Já o teor de proteínas apresentou diferença relevante explicada pela presença das caseínas no creme de leite (P0/P1) e pela suplementação proteica em P5. A formulação P5 também retratou uma menor umidade, fato que pode ser justificado pelo aumento do teor de sólidos.

A Figura 4 mostra um exemplo do comportamento da tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento no decorrer dos ciclos de congelamento e descongelamento. A redução da inclinação das curvas ao longo dos ciclos pode ser justificada pela exsudação de água ocasionada pela sequência dos mesmos. As curvas foram ajustadas ao modelo de Lei de Potência para as formulações P1, P2 e P3, apresentando coeficiente de determinação do ajuste (R^2) do modelo matemático superior a 0,977 (Tabela 4), indicando fluido não-newtoniano, pseudoplástico e independente do tempo.

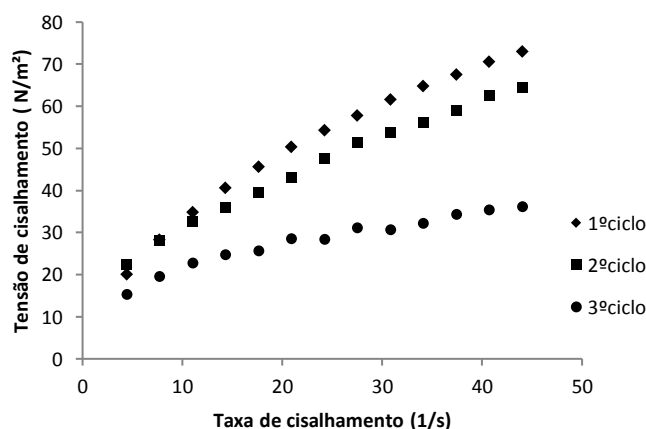


Figura 4 – Curvas de tensão por taxa de cisalhamento da formulação P2 com óleo vegetal e espessante 1,8 %.

Tabela 4 – Parâmetros reológicos obtidos a partir do modelo de Lei de Potência na sopa creme das formulações P1 a P3 frescas e após ciclos de congelamento-descongelamento

k (Pa · sⁿ)				
	<i>Fresco</i>	<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>	<i>3° Ciclo</i>
P1	6,91 ^{aB}	6,45 ^{aC}	4,63 ^{aB}	6,22 ^{aA}
P2	10,22 ^{aA}	9,13 ^{aA}	11,08 ^{aA}	11,02 ^{aA}
P3	9,70 ^{aA}	8,46 ^{bB}	9,74 ^{aA}	9,70 ^{aA}
n				
	<i>Fresco</i>	<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>	<i>3° Ciclo</i>
P1	0,35 ^{aB}	0,54 ^{aA}	0,57 ^{aA}	0,46 ^{aA}
P2	0,57 ^{aA}	0,55 ^{aA}	0,46 ^{aAB}	0,30 ^{bA}
P3	0,54 ^{aA}	0,54 ^{aA}	0,41 ^{bB}	0,31 ^{cA}

* resultados com mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não apresentam diferença (p>0,05)

A formulação P0, analisada com o sensor SC4-34, quando fresca é a mesma de P1 fresca. O primeiro ciclo de P0 apresentou k = 17,513 Pa.s e n = 0,408 do modelo de Lei de Potência com R² = 0,988, indicando comportamento pseudoplástico. Ao comparar os parâmetros k e n do 1° ciclo de P0 e P1, verifica-se o efeito do processamento na reologia do produto. Nos demais ciclos para P0, o comportamento reológico foi de Plástico de Bingham e por este motivo, não foi considerada na análise estatística. Também foi observada uma considerável liberação de água.

Assim, verificou-se que as formulações se aproximaram da consistência de “mel”, proposta por Schmidt e Oliveira (2014) para valores de viscosidade aparente de 0,351 a 1,750 Pa.s.

Tabela 5 – Resultados da análise de textura da sopa creme de mandioquinha fresca e após ciclos de congelamento-descongelamento

Firmeza (N)				
	<i>Fresco</i>	<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>	<i>3° Ciclo</i>
P0	0,24 ^{bB}	0,25 ^{bA}	0,28 ^{aC}	0,26 ^{abC}
P1	0,24 ^{bB}	0,26 ^{bA}	0,30 ^{aBC}	0,32 ^{aC}
P2	0,27 ^{cA}	0,22 ^{cB}	0,48 ^{bA}	0,59 ^{aB}
P3	0,28 ^{cA}	0,22 ^{dB}	0,36 ^{bB}	0,45 ^{aA}
Consistência (N·s)				
	<i>Fresco</i>	<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>	<i>3° Ciclo</i>
P0	6,30 ^{aB}	6,38 ^{aA}	6,71 ^{aC}	6,28 ^{aC}
P1	6,30 ^{bB}	6,67 ^{bA}	7,76 ^{aBC}	8,00 ^{aC}
P2	6,97 ^{bA}	5,70 ^{bB}	12,28 ^{aA}	15,01 ^{aA}
P3	7,20 ^{cA}	5,69 ^{dB}	9,02 ^{bB}	11,41 ^{aB}
Coesividade (N)				
	<i>Fresco</i>	<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>	<i>3° Ciclo</i>
P0	-0,14 ^{aA}	-0,14 ^{aAB}	-0,14 ^{aA}	-0,13 ^{aA}
P1	-0,14 ^{aA}	-0,15 ^{aB}	-0,17 ^{aA}	-0,17 ^{aAB}
P2	-0,16 ^{aA}	-0,14 ^{aAB}	-0,28 ^{bC}	-0,36 ^{bC}
P3	-0,16 ^{bA}	-0,13 ^{aA}	-0,20 ^{cB}	-0,24 ^{dB}
Índice de Viscosidade (N·s)				
	<i>Fresco</i>	<i>1° Ciclo</i>	<i>2° Ciclo</i>	<i>3° Ciclo</i>
P0	-0,97 ^{aA}	-0,80 ^{aA}	-0,93 ^{aA}	-0,35 ^{aA}
P1	-0,97 ^{aA}	-1,77 ^{bB}	-2,31 ^{bB}	-2,34 ^{bA}
P2	-1,71 ^{aB}	-1,35 ^{aAB}	-6,31 ^{bC}	-8,48 ^{bC}
P3	-1,89 ^{bB}	-1,02 ^{aA}	-3,39 ^{cB}	-5,41 ^{dB}

* resultados com mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não apresentam diferença significativa (p>0,05)

Tabela 6 – Resultados da análise de textura da sopa creme de mandioquinha fresca e após ciclos de congelamento-descongelamento

Firmeza (N)				
	<i>Fresco</i>	<i>1º Ciclo</i>	<i>2º Ciclo</i>	<i>3º Ciclo</i>
P4	0,26 ^{cA}	0,80 ^{bA}	0,87 ^{bA}	3,08 ^{aA}
P5	0,83 ^{bB}	1,71 ^{aB}	1,69 ^{aB}	1,80 ^{aB}
Consistência (N·s)				
	<i>Fresco</i>	<i>1º Ciclo</i>	<i>2º Ciclo</i>	<i>3º Ciclo</i>
P4	6,58 ^{cA}	21,21 ^{bA}	22,47 ^{bA}	68,72 ^{aA}
P5	21,84 ^{bB}	43,07 ^{aB}	41,35 ^{aB}	44,66 ^{aB}
Coesividade (N)				
	<i>Fresco</i>	<i>1º Ciclo</i>	<i>2º Ciclo</i>	<i>3º Ciclo</i>
P4	-0,14 ^{aA}	-0,57 ^{bA}	-0,62 ^{bA}	-1,50 ^{cA}
P5	-0,64 ^{aB}	-1,37 ^{bB}	-1,29 ^{bB}	-1,35 ^{bB}
Índice de Viscosidade (N·s)				
	<i>Fresco</i>	<i>1º Ciclo</i>	<i>2º Ciclo</i>	<i>3º Ciclo</i>
P4	-1,63 ^{aA}	-13,74 ^{bA}	-13,49 ^{bA}	-25,43 ^{cA}
P5	-15,37 ^{aB}	-29,48 ^{cB}	-24,20 ^{bB}	-24,86 ^{bB}

* resultados com mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$)

A diferença de processamento entre P0 e P1 não apresentou significativa alteração de textura, mesmo que visualmente tenha sido observada grande separação de água na formulação congelada apenas em *freezer*.

Observou-se um aumento em módulo, de todos os parâmetros de textura, com o aumento dos ciclos, fator este possivelmente decorrente da sequência de congelamentos lentos, uma vez que favorece a liberação de água na sopa. O equipamento analisa o creme de mandioquinha que permanece coeso, desconsiderando a água sobrenadante. Assim, a medida que ocorrem os ciclos o produto fica mais firme, consistente, coeso e viscoso já que a água exsudada não consegue retornar ao local de origem.

Comparando-se as formulações P4 e P2, as quais deveriam apresentar semelhança de resultados, observaram-se valores bastante diferentes. Este fato pode ter sido ocasionado pelo momento em que a análise foi realizada, visto que os ciclos na formulação P2 foram realizados após sete semanas de armazenamento em *freezer*, enquanto na P4 após uma semana. Isso poderia ter influenciado nas estruturas dos grânulos de amido, já que com menos tempo de armazenamento o mesmo estaria menos susceptível a retrogradação, levando a uma menor liberação de água.

As formulações P4 e P5 apresentaram na análise de *overrun*, respectivamente, 10,62 % e 10,47 %, valores baixos comparados a sorvetes, mas altos ao considerar sopas congeladas em *freezer*, nas quais não há incorporação de ar. Isso indica que o congelamento de sopas em TCSR promove aeração do produto e, conseqüentemente, um aumento de sua cremosidade, o que ocorre de forma similar no congelamento de sorvetes. Ao descongelar as amostras verificou maior homogeneidade em P1 a P5 quando comparadas a P0, visto que o processo auxilia na interação entre os componentes da sopa.

O cálculo de letalidade mostrou que a pasteurização foi eficiente considerando as bactérias *Salmonella* spp., $D_{62,8^{\circ}\text{C}} = 0,11$ min (Doyle e Mazzotta, 2000), *Escherichia coli* O157:H7, $D_{63^{\circ}\text{C}} = 0,27$ min (D'Aoust *et al.*, 1988) e *Listeria monocytogenes*, $D_{63,3^{\circ}\text{C}} = 0,56$ min (Bunning *et al.*, 1986), demonstrando que o tempo de pasteurização foi cerca de 1053, 410 e 184 vezes superior ao necessário para atender o critério de doze reduções logarítmicas, respectivamente. O pH foi de 5,76 para a formulação P4 e 6,06 para a P5, e a análise de *overrun* mostrou presença de oxigênio, o que indica um meio propício para o desenvolvimento de

microrganismos quando expostos a temperaturas superiores a 10 °C, no caso das bactérias *Salmonella* spp. e *Escherichia coli* O157:H7, e superiores a 4 °C, no caso da *Listeria monocytogenes*.

A partir da Equação 2 e das curvas de congelamento construiu-se a Tabela 7.

Tabela 7 – Comparação da temperatura inicial de congelamento experimental ($T_{ic,exp}$) e calculada ($T_{ic,cal}$) do creme de mandioquinha

	$T_{ic,exp}$ (°C)	$T_{ic,cal}$ (°C)	Erro (%)
P0	-1,59	-0,62	156,45
P1	-1,57	-0,62	153,22
P2	-1,32	-0,41	221,95
P3	-1,07	-0,41	160,97
P4	-1,41	-0,83	69,88
P5	-1,95	-1,03	89,32

Observou-se que a temperatura inicial de congelamento variou de acordo com a composição das formulações. Também foi verificada certa discrepância entre o valor teórico e experimental, o que pode ser justificado pelo fato da aquisição de dados ser realizada de forma manual no TCSR. Como esperado, a formulação com suplementação proteica apresentou menor temperatura inicial de congelamento, já que apresentava um teor de sólidos superior ao das demais formulações.

Conclusões

Os resultados confirmaram as premissas iniciais de que o congelamento em trocador de calor de superfície raspada apresenta melhoria nos aspectos organolépticos do produto, quando comparado ao congelamento lento em *freezer* a -18 °C. As análises de reologia indicaram que a sopa creme apresentou baixa variação entre os ciclos de congelamento e descongelamento, com exceção da formulação P0 que apresentou significativa separação de água no decorrer dos mesmos. Em relação às formulações, a P2 apresentou maiores valores do parâmetro k, indicando maior consistência pelo maior teor de espessante em sua composição, o que é reforçado pelos resultados de firmeza, consistência, coesividade e índice de viscosidade na análise de textura.

A origem da gordura não prejudicou as características do creme de mandioquinha. Os resultados indicam que o alimento se aproximou da dieta ideal de um disfágico, entretanto, ainda é necessário que haja suplementação vitamínica e mineral do produto, além de uma análise sensorial, tendo como público alvo pessoas com disfagia. Por meio deste trabalho verificou-se que é possível produzir sopas congeladas, com baixa exsudação de água, em trocadores de calor de superfície raspada destinada a pessoas disfágicas. A melhor formulação, considerando este público, foi a P5 visto que atendeu os requisitos textura, viscosidade e suplementação proteica.

Referências Bibliográficas

- Araújo, I. S. (2017) Guia multiprofissional de orientação para pacientes em uso de nutrição enteral domiciliar. *Hospital de Ensino Dr. Washington Antônio de Barros* – Petrolina (PE).
- American Speech Language Hearing Association (ASHA) (2004) *Model Medical Review Guidelines for Dysphagia Services*. FTRP.
- Bunning, V. K.; Bradshaw J. G.; Crawford R. G.; Peeler J. T.; Tierney J. T.; Twedt R. M. (1986) Thermal resistance of intracellular *Listeria monocytogenes* cells suspended in raw bovine milk. *Applied Environ. Microbiol.*, **52**: 1398-1402.

- Caballero-Córdoba, G. M.; Sgarbieri, V. C.; Wang, S. H. (1994) Características nutricionais e sensoriais de sopa cremosa semi-instantânea à base de farinhas de trigo e soja desengordurada. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.29 .n.7, p.1137-1143.
- Cruz, L. D. F.; Fávero F.; Lunardi, T. C. P.; Molina, M. B.; Moriguti, E. K. U.; Okubo, P. C. M. I.; Reis, E. C.; Santos, V. M. C. B.; Tanaka, N. Y. Y. (2012) Adequação e padronização de dietas utilizadas por pacientes com disfagia orofaríngea do HCFMRP- USP. N°3 – *Revista HC*.
- D'Aoust, J. Y.; Emmons, D. B.; Mckellar, R. C.; Park, C. E.; Szabo, R. A.; Todd, E. C. D.; (1988) Thermal inactivation of *Campylobacter* species, *Yersinia enterocolitica* and hemorrhagic *Escherichia coli* 0157: H7 in fluid milk. *J. Dairy Sci.*, 71: 3230-3236.
- Doyle, M. E.; Mazzaotta, A. S. (2000) Review of studies on the thermal resistance of salmonellae. *J. Food Protect.*, 63: 779-795.
- Franco, D. (2011) Sopas y Caldos. *Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca p. 6*, Argentina.
- Instituto Adolfo Lutz (2004) *Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos - 4ª Edição*. São Paulo.
- Matuda, T. G. (2008) Estudos do congelamento da massa de pão: determinação experimental das propriedades termofísicas e desempenho de panificação, *Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*.
- Nicastro, M. L. (2013) Comida como interface de interação social. *Universidade Positano*.
- Padovani, A. R.; Andrade, C. R. F.; Mangili, L. D.; Moraes, D. P. (2007) Protocolo fonoaudiológico de avaliação do risco para disfagia (PARD). *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, v. 12, n. 3, p. 199–205.
- Prentice-Hernández, C.; Colla, L. M. (2003) Congelamento e Descongelamento - Sua Influência sobre os Alimentos. *Vetor*, v. 13, p. 53–66.
- Schmidt, H.; Oliveira, V. R. (2015) Avaliação reológica e sensorial de espessantes domésticos em diferentes líquidos como alternativa na disfagia. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 18, n. 1, p. 42–48.
- Snyder O. P. (1997) Safety of pasteurized-chilled food, *Hospitality Institute of Technology and Management*.
- Souza, A. M.; Pereira, R. A.; Yokoo, E. M.; Levy, R. B.; Sichieri, R. (2013) Alimentos mais consumidos no Brasil: Inquérito Nacional de Alimentação 2008-2009, *Rev. Saúde Pública*, 47: 1905-95.
- Stable Micro Systems (2012) Application Study for TA.XT Express. *Tomato Ketchup*. Surrey, UK.
- Tadini, C.C.; Pessôa Filho. A. P.; Telis V. R. N; Meirelles A. J. A. (2016) *Operações Unitárias na indústria de alimentos*, Volume I, LTC.
- Tharps, B. W. (2009) Diretrizes para Formulação de Sorvete Lácteo. *Revista Sorvetes e Casquinhas*, p. 22-26.
- Touba, A. R. (1970) Instant soup product and method of preparation, *General Mills Inc, United States Patent Office*.