

EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE AÇÚCAR E MEL EM PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E SENSORIAIS DE FROZEN YOGURT COM BAIXO TEOR DE GORDURA

Renata Rodrigues de Oliveira*, Maria Josiane Sereia, Thaise Pascoato Oliveira, Adriele Rodrigues Santos, Alexandre Santa Barbara Azevedo

*renattaoliveira_18@hotmail.com

Departamento de Engenharia de Alimentos – Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Campus Campo Mourão (UTFPR-CM)

Resumo: O apelo dos consumidores por produtos diferenciados é um reflexo do grande fluxo de informações sobre o mercado alimentício. O presente trabalho teve por objetivo produzir *frozen yogurt* probiótico com baixo teor de gordura adicionado de diferentes proporções de mel em substituição a parte de açúcar para verificar o efeito desta variável nas características físicas, químicas e sensoriais do produto final. Para a elaboração dos *frozen yogurt* foram utilizados: leite desnatado, glicose, açúcar, mel, leite em pó desnatado, soro de leite em pó, amido modificado, espessante, liga neutra, emulsificante e cultura mista de *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium ssp* e *Lactobacillus casei*. A partir de um delineamento composto central rotacional, 11 formulações foram definidas para o estudo, tendo como variáveis a adição de açúcar e mel em dois tratamentos, base e calda, utilizando métodos de superfícies de respostas (RMS). As amostras foram analisadas para teores de sólidos totais, gorduras, proteínas, pH, acidez, açúcares, overrun e avaliação sensorial por meio de testes de aceitação e intenção de compra. Dentre todas as análises somente açúcares redutores e os testes sensoriais diferiram significativamente ($p \leq 0,05$), comprovando a influência do mel nos parâmetros avaliados. É possível produzir gelado comestível com valor lipídico reduzido sem interferir nos padrões de identidade e qualidade estabelecidos pela legislação brasileira. O mel exerceu efeito negativo na aceitabilidade do produto, demonstrando-se viável somente quando adicionado na calda com uma proporção máxima de 2,0 %.

Palavras-chave: *Frozen yogurt*, Mel, Avaliação Sensorial, Composição química.

The effect of addition of different concentrations of sugar and honey in physical, chemical and sensory parameters of low-fat frozen yogurt: The appeal of consumers for different products is a reflex of much information about alimentary market. The present work had as objective to produce low fat probiotic frozen yogurt in different concentrations of honey to substitute part of sugar in order to find out the effect of this variable in the physicochemical and sensory characteristics of the final product. In order to prepare the frozen yogurt, skimmed milk, glucose, sugar, honey, skimmed powder milk, powder whey, modified starch, thicken additive, neutral mixture, emulsifier and blended culture of *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium ssp* and *Lactobacillus casei* were used. From a central rotational delineation compound, eleven formulas were defined for the study, having as variables the addiction of sugar and honey in two treatments, base and sauce, using the response surface methods. The samples were examined for the concentrations of total solids, fat, proteins, pH, acidity, simpler carbohydrates, overrun and sensorial evaluation to be checked through the acceptance tests and purchase intention of the consumers. Among all the analysis, only reducing simpler carbohydrates and the sensory tests differed significantly ($p \leq 0.05$), proving the influence of honey in the evaluated parameters. It is possible to produce icy edible food with reduced fat value without interfering in the identity and quality standards established by the Brazilian legislation. The honey performed negative effect in the acceptance of the product showing to be doable only when added in the sauce with a maximum proportion of 2.0 %.

Keywords: Frozen yogurt, Honey, Sensory evaluation, Chemical composition.

1 Introdução

O progresso da qualidade de vida da população vem despertando o interesse na indústria alimentícia em desenvolver produtos com características físico-químicas e sensoriais diferenciadas e que causem efeitos potencialmente favoráveis aos consumidores, nutrindo, prevenindo de doenças e proporcionando saúde e bem estar (CORTE, 2008). Em resposta os produtos “*clean label*” surgem como alternativas na elaboração de alimentos mais saudáveis, desenvolvidos sem adição de aromas e corantes artificiais, com valores calóricos reduzidos, com baixo teor de gordura, mantendo suas características sensoriais (MUNARETTO, 2008).

Dentre os produtos desenvolvidos pela indústria de laticínios, o *frozen yogurt* pode ser definido como um produto obtido basicamente com leite, submetido à fermentação láctica através da ação do *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, com ou sem a adição de outras substâncias alimentícias, sendo posteriormente aerado e congelado (BRASIL, 2005). Tendo em vista sua viabilidade em propriedades funcionais, é um veículo apropriado para a adição de probióticos e prebióticos à dieta humana, por garantirem, respectivamente, resistência contra patógenos por meio da colonização da mucosa intestinal (BECKER, 2009) e estimularem seletivamente a proliferação ou atividade de populações de bactérias desejáveis no cólon (SAAD, 2006; CORTE, 2008).

De maneira geral os produtos fermentados possuem um alto valor nutritivo e são considerados equilibrados e adequados a qualquer dieta. Durante a fermentação, a proteína, a gordura e a lactose do leite sofrem hidrólise parcial, facilitando a digestão do produto, sendo considerado agente regulador das funções digestivas, principalmente em indivíduos intolerantes (LONGO, 2006).

A aceitação de um determinado gelado comestível não depende exclusivamente do seu sabor e aparência, mas também de propriedades físicas como textura, propriedades de incorporação de ar, sólidos totais e químicas como: açúcares redutores, proteínas e gorduras totais ((CORREIA *et al.*, 2008; ZENEBON *et al.*, 2008).

Souza *et al.* (2010) afirmam que a quantidade de gordura láctea no sorvete pode variar de 0 a 24 %, dependendo de fatores como padrões legais, qualidade e preço. Este ingrediente contribui para o desenvolvimento de uma textura suave e melhora o corpo do produto, fornece energia, ácidos graxos essenciais, esteróis e interage com outros ingredientes desenvolvendo o sabor e conferindo cremosidade (COELHO; ROCHA, 2005).

As proteínas contribuem para o desenvolvimento da estrutura do sorvete, inclusive para emulsificação e aeração, além de apresentar propriedades funcionais como a interação com outros estabilizantes e capacidade de retenção de água (CORREIA, CRUZ, 2006; SOUZA *et al.*, 2010).

Segundo Correia e Cruz (2006), o *overrun* é um parâmetro importante pertinente à estrutura dos sorvetes definido como o aumento percentual do volume obtido a partir de um volume inicial de calda. É um índice relacionado à quantidade de ar incorporado durante o processo de fabricação e é regulamentado por lei através da definição da densidade aparente (SOUZA *et al.*, 2010).

Apesar do alto valor calórico, os açúcares desempenham funções básicas nos alimentos como agente de corpo contribuindo para dar textura, aumento de sólidos, retenção de água e como adoçante (edulcorante), para conferir sabor doce aos alimentos fabricados (VASCONCELLOS, 2012).

Um interesse crescente tem sido despertado pelo mel devido à presença de frutoligossacarídeos (FOS), que estimulam a atividade do trato gastrointestinal, conferindo poder laxativo e atuando no aumento da resistência imunológica (HARTEMINK *et al.*, 1997). Conhecidos como prebióticos os FOS promovem o crescimento de probióticos como *Acidophilus* e *Bifidus*, promovendo, estabilizando e aumentando a proliferação dessas bactérias no trato gastrointestinal do hospedeiro, modificando sua microbiota (ORDÓÑEZ *et al.* 2005).

Alimentos para fins especiais obtidos pela redução ou ausência de açúcar ou ainda pela redução ou substituição de gorduras encontram mercado promissor, atendendo pessoas sensíveis aos apelos de marketing ou preocupadas com melhores condições de saúde ou redução de peso. O incentivo proporcionado pela demanda destes produtos tem permitido o aprimoramento da tecnologia e o desenvolvimento de melhores ingredientes e métodos de produção (NABESHIMA *et al.*, 2001).

Baseado nestes indícios o presente trabalho teve por objetivo produzir *frozen yogurt* probiótico com baixo teor de gorduras, adicionado de diferentes proporções de mel em substituição a parte de açúcar para verificar o efeito desta variável nas características físicas, químicas e sensoriais do produto final elaborado.

2 Material e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido nos laboratórios de Processamento e de Análise de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus de Campo Mourão, no período entre novembro de 2011 a março de 2012. As formulações foram avaliadas por meio de análises físico-químicas e sensoriais.

Para a elaboração dos *frozen yogurt* foram utilizados: leite desnatado UHT (Líder), 5,0 % de glicose, 5,0 % de leite em pó (Alibra), 1,0 % de soro em pó (Alibra), 1,0 % de amido modificado (Gemacon), 1,0 % de espessante (mix de goma-guar), 1,0 % de liga neutra (Selecta), 1,3 % de emulsificante Emustab (Selecta), 2,0 % de cultura mista “ABC 1” composta por cepas de *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium ssp* e

Lactobacillus casei (SACCO) em relação ao produto final (m/m) e diferentes proporções de açúcar e mel (Tabela 1).

As formulações elaboradas foram definidas por meio de um delineamento composto central rotacional (DCCR) 22, devido à facilidade em efetuar combinações perante os fatores em estudo, incluindo quatro ensaios nas condições axiais e três repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios, tratados pelo programa *Statistica* (*Statsoft*) versão 8.0 e variando quanto à proporção de

açúcar e mel nos tratamentos, base e calda, conforme Tabela 1.

2.1 Pré-ativação da cultura

Uma alíquota de dois gramas de cultura probiótica mista “ABC 1” foi dissolvida assepticamente em um béquer de 500mL de leite desnatado UHT, previamente esterilizado e resfriado e incubada em estufa a 40°C por um período de 12 horas.

Tabela 1 – Quantidades de mel e açúcar adicionado na base e na calda para cada 100 g das formulações elaboradas.

Formulação	Mel (g.100g ⁻¹ frozen)				Açúcar (g.100g ⁻¹ frozen)			
	Base (X)		Calda (Y)		Base (X)		Calda (Y)	
	VC*	VR**	VC	VR	VC	VR	VC	VR
F1	-1	1,5	-1	1,5	+1	8,5	+1	8,5
F2	+1	8,5	-1	1,5	-1	1,5	+1	8,5
F3	-1	1,5	+1	8,5	+1	8,5	-1	1,5
F4	+1	8,5	+1	8,5	-1	1,5	-1	1,5
F5	-1,41	0,0	0	5,0	+1,41	10,0	0	5,0
F6	+1,41	10,0	0	5,0	-1,41	0,0	0	5,0
F7	0	5,0	-1,41	0,0	0	5,0	+1,41	10,0
F8	0	5,0	+1,41	10,0	0	5,0	-1,41	0,0
F9	0	5,0	0	5,0	0	5,0	0	5,0
F10	0	5,0	0	5,0	0	5,0	0	5,0
F11	0	5,0	0	5,0	0	5,0	0	5,0

*VC = Variável Codificada; **VR = Valor Real.

2.2 Elaboração das formulações

As formulações dos *frozen yogurt* foram elaboradas em duas etapas, sendo elas o preparo da base e da calda. Para a base foram pesados e misturados os ingredientes sólidos: espessante, amido modificado e açúcar, que depois de incorporados ao leite, foram homogeneizados em liquidificador industrial por cinco minutos. Em seguida, a mistura sofreu tratamento térmico em fogo direto, com agitação manual intermitente até atingir 90°C, permanecendo em repouso por 10 minutos e resfriado a 60°C para adição proporcional do mel. O resfriamento continuou até a temperatura atingir 36°C, quando foi realizada a inoculação da “cultura pré-ativada”. A mistura permaneceu incubada em estufa a 40 °C por 10 horas até pH 4,5 ou 0,65 % de acidez, indicando o fim da fermentação. Posteriormente, foi realizada a maturação sob resfriamento lento a 10 °C em ambiente refrigerado por 10 horas.

O preparo da calda ocorreu com a mistura dos ingredientes sólidos: açúcar, liga neutra, leite em pó e

soro de leite em pó com a base fermentada, em liquidificador contínuo por 10 minutos. Durante homogeneização foram adicionados glicose, mel e emulsificante. Por fim, a mistura foi agitada e congelada em sorveteira vertical (FortFrio) à temperatura de -20 °C.

As amostras foram acondicionadas em potes plásticos (capacidade 100 g) com tampa, identificadas e armazenadas em congelador vertical à temperatura de -20 °C.

2.3 Características físicas e químicas

Para avaliação das propriedades físicas e químicas do *frozen*, foram realizados em triplicata, análises de sólidos totais, lipídeos, proteínas, pH, acidez, açúcares e *overrun*, conforme métodos analíticos descritos por Lanara (1981b), Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1998) e Instituto Adolfo Lutz (2008).

Tabela 2 – Valores médios percentuais dos teores de sólidos totais (g 100 g⁻¹), lipídeos (g 100 g⁻¹), proteínas (g 100 g⁻¹), *overrun* (g 100 g⁻¹), açúcares (g 100 g⁻¹), pH e acidez (g 100 g⁻¹), das formulações estudadas.

F	ST	Gorduras	Proteínas	Overrun	AR*	ANR*	pH*	Acidez*
F1	30,8 ^{bcd} ± 0,07	2,5 ^a ± 1,30	4,5 ^a ± 0,54	25,3 ^{bcd} ± 0,00	10,0 ^a ± 0,06	3,7 ^{bce} ± 0,05	4,2 ^e ± 0,03	0,73 ^a ± 0,01
F2	32,1 ^d ± 1,69	2,6 ^a ± 0,64	4,4 ^a ± 0,01	46,0 ^a ± 0,28	18,3 ^c ± 0,00	4,1 ^a ± 0,02	4,4 ^{bc} ± 0,03	0,66 ^a ± 0,09
F3	30,6 ^{bcd} ± 0,19	2,5 ^a ± 0,07	4,4 ^a ± 0,31	23,7 ^d ± 0,18	17,3 ^{ce} ± 0,48	3,8 ^{bc} ± 0,04	4,3 ^{de} ± 0,01	0,65 ^a ± 0,00
F4	28,0 ^a ± 0,58	2,6 ^a ± 0,24	4,4 ^a ± 0,03	24,0 ^{cd} ± 0,23	20,2 ^b ± 0,16	3,4 ^d ± 0,01	4,2 ^e ± 0,04	0,65 ^a ± 0,00
F5	32,0 ^d ± 0,72	2,5 ^a ± 0,05	4,5 ^a ± 0,52	44,1 ^a ± 0,06	12,7 ^d ± 0,03	3,9 ^b ± 0,11	4,5 ^a ± 0,02	0,76 ^a ± 0,10
F6	28,4 ^{ac} ± 1,09	2,6 ^a ± 0,18	4,4 ^a ± 0,06	27,7 ^{bcd} ± 0,12	17,3 ^e ± 0,42	3,4 ^d ± 0,01	4,4 ^{cd} ± 0,00	0,62 ^a ± 0,02
F7	30,8 ^{bcd} ± 0,28	2,6 ^a ± 0,05	4,4 ^a ± 0,60	45,5 ^a ± 0,00	12,8 ^d ± 0,13	3,7 ^{ce} ± 0,06	4,2 ^e ± 0,02	0,68 ^a ± 0,09
F8	30,1 ^{abcd} ± 0,60	2,5 ^a ± 0,35	4,6 ^a ± 0,05	42,5 ^a ± 0,16	19,7 ^b ± 0,08	3,4 ^d ± 0,05	4,5 ^{ab} ± 0,02	0,62 ^a ± 0,00
F9	30,8 ^{abc} ± 1,51	2,5 ^a ± 0,73	4,5 ^a ± 0,78	29,3 ^{bcd} ± 0,08	16,6 ^e ± 0,39	3,6 ^e ± 0,02	4,3 ^{cd} ± 0,00	0,75 ^a ± 0,00
F10	31,8 ^d ± 0,12	2,5 ^a ± 0,01	4,5 ^a ± 0,01	28,9 ^{bcd} ± 0,00	16,4 ^e ± 0,27	3,6 ^e ± 0,05	4,3 ^{de} ± 0,02	0,75 ^a ± 0,04
F11	31,0 ^{bd} ± 0,14	2,5 ^a ± 1,37	4,5 ^a ± 0,02	29,4 ^{bcd} ± 0,10	17,0 ^e ± 0,06	3,5 ^{de} ± 0,01	4,2 ^e ± 0,04	0,75 ^a ± 0,00
**P. Mín.	26,0	2,5	2,5	20,0				

Médias na mesma coluna seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si ao nível de 5 % de significância. *Não há nenhuma padronização estabelecida. ** Padrão mínimo definido pela RDC nº 266 da Anvisa (BRASIL, 2005). F = Formulações; ST = Sólidos Totais; AR = Açúcares Redutores; ANR = Açúcares não Redutores; P. Mín. = Padrão Mínimo

A porcentagem de *overrun* ou densidade relativa que representa a quantidade de incorporação de ar à calda durante o processo de congelamento foi calculada segundo a Equação 1, descrita por Mosquim (1999):

$$\% \text{ Overrun} = \left[\frac{V_f(\text{frozen}) - V_i(\text{calda})}{V_i(\text{calda})} \right] * 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

V_i (calda): Volume inicial de calda, em mL.

V_f (frozen): Volume final de frozen, em mL.

2.4 Avaliação sensorial

Para garantir a segurança microbiológica do produto elaborado foram realizadas análises de coliformes totais e termotolerantes, segundo metodologia proposta por Lanara (1981a).

A avaliação sensorial foi realizada no sétimo dia após a fabricação dos *frozen*, no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos com 50 provadores não treinados, entre alunos e funcionários da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A aceitabilidade dos provadores foi realizada pela aplicação da Escala Hedônica de 9 pontos, tendo como extremos “1” (Desgostei muitíssimo) e “9” (Gostei muitíssimo) (ABNT, 1998). Os provadores foram orientados a avaliarem as amostras em relação à percepção global de suas características. Juntamente a esse teste, foram estabelecidas notas quanto à intenção de compra para cada produto, com escala estruturada em

5 pontos, variando de “1” (Certamente não compraria” até “5” (Certamente compraria) (ABNT, 1998).

Os provadores receberam individualmente 20g de cada amostra na temperatura usual de consumo (aproximadamente -10 °C em copos plásticos descartáveis codificados com números aleatórios de três dígitos, acompanhados de uma colher descartável, um copo com água potável e as fichas de respostas.

2.5 Análise estatística

Os dados obtidos nos testes foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ao nível de 5,0 % de probabilidade de erro. Os resultados foram analisados por meio do programa *Statistica (Statsoft)* versão 8.0 de acordo com Granato (2010).

3 Resultados e Discussão

3.1 Parâmetros físicos e químicos

Na Tabela 2 são apresentados os resultados referentes às análises físicas e químicas das formulações elaboradas com diferentes quantidades de mel.

A legislação brasileira atual não dispõe de padrões específicos para *frozen yogurt*. Nesse caso, adota-se a Resolução RDC nº. 266, de 22 de setembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que aprova o regulamento técnico para fixação de

identidade e qualidade de gelados comestíveis, preparados, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis, para efeitos de comparação (BRASIL, 2005).

Foi observado que somente o teor de açúcares redutores das amostras diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$), comprovando a influência do mel nos parâmetros avaliados. Em relação às demais análises verificou-se frente à legislação e a termos de composição, que estavam de acordo com o padrão específico estabelecido.

O teor de sólidos totais do *frozen yogurt* que variou de 28,0 % a 32,1 % ($p > 0,05$), está de acordo com a legislação citada, a qual exige um mínimo de 26,0 % de sólidos totais. Estes valores atendem também o recomendado por Ordóñez *et al.* (2005) que recomenda valor ideal de aproximadamente 30,0 % para manter uma textura adequada.

A substituição do creme de leite pelo soro em pó proporcionou um produto de elevado índice protéico e reduzido teor lipídico, apresentando assim um teor de proteínas acima do recomendado e um teor de gorduras dentro do padrão mínimo (BRASIL, 2005). Estudos realizados por Gonçalves e Eberle (2008), utilizando creme de leite na composição do *frozen*, mostraram que a quantidade de gordura variou de 14,0 % a 17,0 %, sendo classificado como *Frozen Yogurt Premium*, pois obteve uma maior quantidade de gordura do que os sorvetes tradicionais.

Segundo GUINARD *et al.* (1994), a gordura do leite favorece a qualidade do *frozen yogurt* por melhorar suas características sensoriais como sabor e atributos de textura, como maciez e cremosidade. Proporciona também corpo e suavidade ao produto, diminuindo a sensação de frio do sorvete na boca (COELHO; ROCHA, 2005).

De acordo com Rodrigues *et al.* (2006), o balanço entre gordura e sólidos na fase aquosa do sorvete, ajuda a promover a estabilidade da emulsão durante o processamento da mistura. Ruger *et al.* (2002), ainda afirmam que menores níveis de gordura produzem redução da percepção de riqueza, devido a menor liberação de componentes aromáticos solúveis em gordura, prevenindo a aglomeração dos glóbulos de gordura, evitando defeitos comuns, como textura gordurosa, corpo fraco e tendência ao encolhimento ou contração.

Desta forma, foi observado que a adição das proteínas do soro desempenham um papel importante na estabilidade da emulsão por apresentarem funcionalidade semelhante aos emulsificantes tradicionais e por constituir uma alternativa de substituição da gordura do leite (RODRIGUES *et al.*, 2006). No entanto, o uso excessivo de lactose pode promover a cristalização durante o armazenamento resultando em textura arenosa do sorvete e este fenômeno indesejável depende da quantidade de sólidos

da mistura, além da temperatura de armazenamento e presença de estabilizadores (COELHO; ROCHA, 2005; SOUZA, *et al.*, 2010).

Andrade *et al.* (2004) observaram em sorvetes simbióticos um teor médio de proteínas de 2,6 %, menores do que os encontrados no presente trabalho. Estudos mostram que a retenção da água é importante, pois, quanto menor a quantidade de água livre no produto, menor será a quantidade e o tamanho dos cristais de gelo formados (SOUZA *et al.*, 2010).

Os percentuais de *overrun* variaram de 23,7 a 46,0 % não apresentando diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos. Os valores médios determinados atendem ao padrão estabelecido pela legislação vigente de no mínimo 20,0 % (BRASIL, 2005).

A quantidade de ar incorporado é importante devido a sua influência na qualidade do produto final, ao qual confere maciez, leveza, influência nas propriedades físicas de derretimento, dureza e maior estabilidade durante o armazenamento (OLIVEIRA, 2005; SOUZA *et al.*, 2010). Todavia, não é apenas a quantidade de ar incorporado, mas também a distribuição e o tamanho das células de ar que influenciam essas propriedades (SOUZA *et al.*, 2010; SOFJAN; HARTEL, 2004).

Segundo Rodrigues *et al.* (2006), as proteínas do soro do leite possuem propriedades funcionais que facilitam a incorporação de ar na elaboração dos sorvetes. A aeração, de um modo geral, depende da composição da calda envolvendo o conteúdo de sólidos totais. Quanto maior o conteúdo de sólidos e menor a quantidade de gordura, maior será a incorporação de ar ao sorvete. As propriedades de processo, o tipo e quantidade de emulsificantes e estabilizantes adicionados e o tipo do equipamento de congelamento, influenciam nas características adequadas de corpo, textura e palatabilidade do sorvete (OLIVEIRA, 2005; LEANDRO *et al.*, 2006).

O delineamento estatístico para a análise de açúcares redutores, cujos valores médios variaram de 10,0 a 20,2 %, indicou que a porcentagem de mel na base e na calda apresentaram efeitos estatisticamente significativos ($p \leq 0,05$) e positivos com um coeficiente de determinação adequado ($R^2 = 95,54$ %), conforme a Figura 1 e Equação 2.

Na Figura 1 verifica-se que os aumentos do percentual de mel na base e na calda aumentam a concentração desses açúcares dentro da faixa estudada.

A redução no teor de açúcares não redutores pode ser explicada pela inversão da sacarose em D-glicose e D-frutose em decorrência do tratamento térmico e do aumento da acidez, fatores que contribuem para este fenômeno químico (RODRIGUES *et al.*, 2000). Em condições normais, o aumento da taxa de inversão da sacarose promove a redução na concentração deste constituinte e a elevação no teor de açúcares redutores (DAMIANI *et al.*, 2009).

$$Z = 6,119 + 1,69x - 0,0519x^2 + 1,242y - 0,002y^2 - 0,11xy$$

Equação (2)

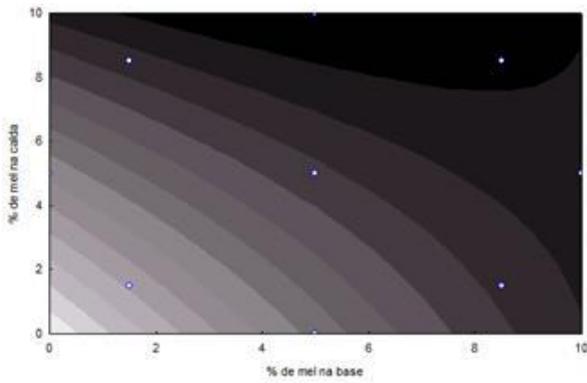


Figura 1 – Superfície de resposta para açúcares redutores em *frozen yogurt* elaborados com diferentes concentrações de mel na base e na calda

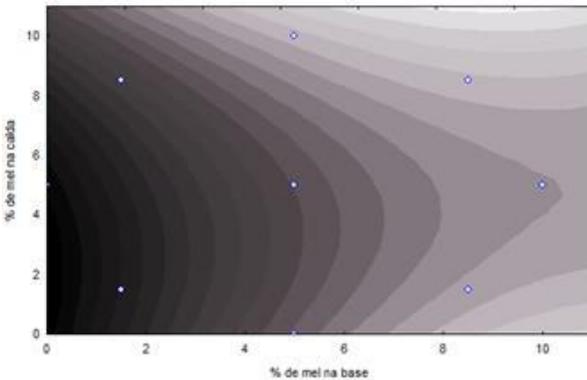


Figura 2 - Superfície de resposta para aceitação sensorial dos tratamentos de *frozen yogurt* elaborados com diferentes concentrações de mel.

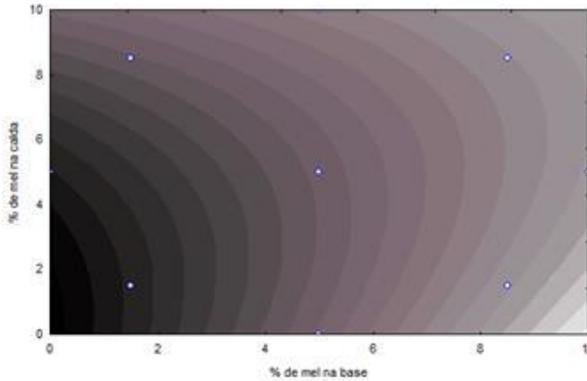


Figura 3 - Superfície de resposta a intenção de compra dos tratamentos de *frozen yogurt* elaborados com diferentes concentrações de mel na base (X) e na calda (Y).

Os valores de pH encontrados variaram de 4,2 a 4,5 ($p > 0,05$), resultados semelhantes aos observados por Inoue *et al.* (1998), Gonçalves e Eberle (2008), que avaliaram *frozen yogurt* probiótico elaborados com *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium ssp.*, e encontraram pH próximos a 4,5.

A determinação de acidez resultou em uma variação de 0,62 a 0,75 %, ficando maior que os observados por Pereira *et al.* (2012), que determinaram acidez titulável para mistura base de *frozen yogurt* e encontraram valores de 0,51 a 0,58 %. Davidson *et al.* (2000) afirmaram que as indústrias norte-americanas procuram atingir uma acidez titulável mínima de 0,30 % para esse produto.

De maneira geral, quanto maior a acidez titulável encontrada em um produto lácteo fermentado, menor será o valor de pH e o teor de lactose, em decorrência da produção de ácido láctico por ação de bactérias fermentativas (TRAMONTINA *et al.*, 2001).

3.2 Análise sensorial

Os resultados das análises microbiológicas obrigatórias para a avaliação das condições higiênico-sanitárias dos *frozen yogurt* demonstraram que todas as formulações atenderam aos padrões estabelecidos, não representando riscos ao consumidor e tornando segura a análise sensorial (BRASIL, 2001).

Os dados referentes às notas médias para os diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 3 e representados nas Figuras 2 e 3.

As notas médias referentes ao teste de aceitação observadas variaram de 6,3 a 8,0 que correspondem de “gostei ligeiramente” a “gostei muito” e a resposta para o teste de intenção de compra ficou próximo a “provavelmente compraria”, para ambas as formulações, com destaque para os tratamentos F1, F3 e F5. Conforme as Figuras 2 e 3, verifica-se que a quantidade de mel adicionada na base influenciou negativamente na avaliação dos consumidores com um coeficiente de determinação (R^2) igual a 89,65 % para o teste de aceitação descrito matematicamente pela Equação 3 e de 86 % para o teste de intenção de compra (Equação 4). Quanto à aceitabilidade, a adição de mel na calda não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$), mas demonstrou um comportamento decisivo na aceitação do produto quando o teor foi próximo a 2,0 %. Verificou-se que quanto menor a adição de mel na base e na calda maior será sua intenção de compra.

Tabela 3 - Notas de aceitação sensorial e intenção de compra de *frozen yogurt* elaborados com diferentes concentrações de mel.

Formulações	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
Teste de aceitação*	7,7 ^a	6,3 ^a	7,5 ^a	6,5 ^a	8,0 ^a	6,9 ^a	7,3 ^a	6,4 ^a	7,2 ^a	7,0 ^a	7,0 ^a
Intenção de compra**	4,2 ^a	2,8 ^a	4,0 ^a	3,2 ^a	4,2 ^a	3,1 ^a	3,8 ^a	3,0 ^a	3,8 ^a	3,6 ^a	3,6 ^a

Médias na mesma linha seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5 % de significância. *Escala hedônica estruturada mista de nove pontos. **Escala hedônica estruturada mista de cinco pontos (ABNT, 1998).

$$Z = 8,134 - 0,29x + 0,012x^2 + 0,054y - 0,013y^2 + 0,0069xy \quad \text{Equação (3)}$$

$$Z = 4,552 - 0,19x + 0,0008x^2 + 0,0017y - 0,01y^2 + 0,013xy \quad \text{Equação (4)}$$

O aumento na proporção de mel exerceu efeito negativo, devido ao sabor ácido acentuado atribuído pelos provadores durante o teste.

Conforme os estudos de Man e Jones (1996), Kailasapathy e Rybka (1997) e Shah (2000), o uso de algumas culturas probióticas em leites fermentados é limitado, devido às substâncias produzidas por estes microrganismos, as quais podem ocasionar sabores estranhos ou *off-flavors* nos produtos finais, além da sensibilidade a uma série de fatores, como pH ácido e a presença de oxigênio.

O sabor ácido é uma característica comum ao produto estudado, mas de acordo com Pereira *et al.* (2012) ao estudar a influência do pH nas características físicas, químicas e sensoriais de *frozen yogurt*, o aumento do ponto de fermentação para pH 5,5 apresentou maior aceitação ($p \leq 0,05$), em relação ao pH 4,5 também testado, indicando que os consumidores preferem amostras com maior pH final de fermentação. O mesmo foi analisado por Inoue *et al.* (1998), ao testar faixas distintas de pH em sorvete tipo *frozen yogurt*. Resultado semelhante foi relatado por Guinard *et al.* (1994), ao avaliar o efeito da acidez e concentração de açúcar na aceitabilidade de *frozen*.

Estudos de Pereira *et al.* (2012) demonstram que maiores teores de acidez titulável no *frozen* propiciam menores escores de aceitação para o sabor do produto.

A variação de pH está diretamente relacionada à acidez e esta, por sua vez, ao aroma do produto. A atividade das culturas lácticas causa mudanças químicas específicas, liberando compostos voláteis com grupamento carbonil, como ácido láctico e acético, acetaldeído, cetonas e diacetil, que contribuem para a percepção de acidez, aroma e sabor do *frozen yogurt* (TAMIME; ROBINSON, 2007).

Durante a realização da análise sensorial alguns provadores mencionaram que as amostras analisadas apresentaram sabor e aroma característico de produto fermentado e em alguns casos, um leve sabor de coalhada. O sabor e aroma do *frozen yogurt* dependem inteiramente da cultura láctica usada e de seu metabolismo durante a fermentação. Sabores e odores estranhos são geralmente causados por subprodutos da fermentação inadequada. Estes atributos devem-se ao ácido láctico e em quantidades muito pequenas de acetaldeído, diacetil e ácido acético e dependem também do tipo e da qualidade dos ingredientes utilizados na mistura do *frozen yogurt*, do tempo e da temperatura de fermentação (CORTE, 2008).

Os açúcares, por sua vez, influenciam no sabor durante a fixação dos compostos aromáticos interrompendo sua volatilização, deixando a sensação de sabor por mais

tempo na boca (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005), além de contribuírem com a diminuição do ponto de congelamento, aumento da viscosidade e cremosidade do produto (EPAMIG, 2001).

4. Considerações finais

A substituição do creme de leite pelo soro de leite em pó na elaboração de um produto com valor lipídico reduzido e valor protéico elevado foi satisfatória, sem interferir em sua capacidade de incorporação de ar e padrões de identidade e qualidade impostos.

Por meio do delineamento utilizado, verificou-se que a adição de mel influenciou significativamente nos teores de açúcares redutores e na avaliação sensorial do produto.

Quanto maior a adição de mel na base e na calda, maior foi a concentração final de açúcares redutores, exercendo efeito negativo sobre os parâmetros sensoriais avaliados, sendo que somente sua adição na calda demonstrou-se viável, com proporção máxima de 2,0 %.

5. Referências Bibliográficas

- ANDRADE, V. T.; BRANDÃO, S. C. C. B.; SARAIVA, C. B.; LEITE, M. O. Desenvolvimento de Sorvete com Prebiótico e Probiótico. In: **XXI Congresso nacional de laticínios**. Juiz de Fora. Minas Gerais: Anais, p. 122-126, 2004.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. **Official methods as analysis of the association of official analytical chemists**. 16.ed. Washington: AOAC International Method, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14141**: Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1998.
- BECKER, L. V. **Iogurte probiótico com teor reduzido de lactose adicionado e óleo de linhaça**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República**

- Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF. 2001.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de gelados comestíveis e, preparados para gelados comestíveis, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis. Resolução RDC n. 266 de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF. 2005.
- COELHO, D. T.; ROCHA, J. A. A. **Práticas do processamento de produtos de origem animal**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005.
- CORREIA, R. T. P.; MAGALHÃES, M. M. A.; PEDRINI, M. R. S.; CRUZ, A. V. F.; CLEMENTINO, I. Sorvetes elaborados com leite caprino e bovino: composição química e propriedades de derretimento. **Revista de Ciências Agrônomas**, v. 39, n. 02, p. 251-256, 2008.
- CORREIA, R. T. P.; CRUZ, V. M. F. **Leite de cabra e derivados**. 1. ed. São Paulo: ACOSC, 2006.
- CORTE, F. F. D. **Desenvolvimento de frozen yogurt com propriedades funcionais**. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.
- DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E. V. B.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; PAULA, M. L.; ASQUIERI, E. R. Avaliação química de geléias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 177-184, 2009.
- DAVIDSON, R. H.; DUNCAN, S. E.; HACKNEY, C. R.; EIGEL, W. N.; BOLING, J. W. Probiotic culture survival and implications in fermented frozen yogurt characteristics. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 4, p. 666-673, 2000.
- EPAMIG, A. **Apostila de sorvete**. 1.ed. Juiz de Fora: CT-ILCT, 2001.
- GRANATO, D.; RIBEIRO, J. C. B.; CASTRO, I. A.; MASSON, M. L. Sensory evaluation and physicochemical optimisation of soy-based desserts using response surface methodology. **Food Chemistry**, v. 121, p. 899-906, 2010.
- GONÇALVES, A., EBERLE, I. Frozen yogurt com bactérias probióticas. **Alimentação e Nutrição**, v. 1, n. 1, p. 32-41, 2008.
- GUINARD, J. X.; C. LITTLE, C.; MARTY, C., PALCHACK, T. R. Effect of sugar and acid on the acceptability of frozen yogurt to a student population. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 5, p. 1232-1238, 1994.
- HARTEMINK, R.; VANLAERE, K. M. J.; ROMBOUTS, F. M. Growth of enterobacteria on fructo-oligosaccharides. **Journal of Applied Microbiology**, v. 383, n. 1, p. 367-374, 1997.
- INOUE, K.; SHIOTA, K.; ITO, T. Preparation and properties of ice cream type frozen yogurt. **International Journal of Dairy Technology**, v. 51, n. 2, p. 44-50, 1998.
- IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas**: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4.ed. São Paulo, 2008.
- KAILASAPATHY, K.; RYBKA, S. L. Acidophilus and Bifidobacterium spp: their therapeutic potential and survival in yoghurt. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 52, n. 1, p. 28-45, 1997.
- LANARA. LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA ANIMAL. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes**. I – Métodos microbiológicos. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981a.
- LANARA. LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA ANIMAL. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes**. II: Métodos físico-químicos. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981b.
- LEANDRO, E. S.; PAULA, R. A.; CARVALHO, A. F.; BRANDÃO, S. C.; MORAES, C. A. Sobrevivência de Lactobacillus delbrueckii UVF H2b20 em sorvete. **Instituto Cândido Tostes**, v. 64, n. 1, p. 300-303, 2006.
- LONGO, G. **Influência da adição de lactase na produção de iogurtes**. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2006.
- MAN, C. M. D.; JONES, A. A. **Shelf life evaluation of foods**. Brno: Aspen Publication, 1996.
- MOSQUIM, M. C. A. **Fabricando sorvetes com qualidade**. São Paulo: Fonte Comunicações, 1999.
- MUNARETTO, R. Alquimia dos alimentos. **Revista Agromais**, v. 10, n. 1, p. 20-22, 2008.
- NABESHIMA, E. H., OLIVEIRA, E. S., HASHIMOTO, J. M.; JACKIX, M. N. H. Propriedades físicas do sorvete de baunilha elaborado com substitutos de gordura e sacarose. **B. CEPPA**, v. 19, n. 2, p. 109-119, 2001.
- OLIVEIRA, K. H. **Comportamento reológico de diferentes tipos de sorvetes**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2005.
- ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PASSOS, L. M. L.; PARK, Y. K. Frutooligosacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2 p. 385-390, 2005.
- PEREIRA, G. G.; RAFAEL, L. M.; GAJO, A. A.; RAMOS, T. M.; PINTO, S. M.; ABREU, L. R.; RESENDE, J. V. Influência do pH nas características físico-químicas e sensoriais de frozen yogurt de morango. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 675-686, 2012.

RODRIGUES, A. P.; FONTANA, C. V. PADILHA, E. SILVESTRIN, M. AUGUSTO, M. M. M. Elaboração de sorvete sabor chocolate com teor de gordura reduzido utilizando soro de leite em pó. **Vetor**, v. 16, n. 2, p. 55-62, 2006.

RODRIGUES, M. V. N.; RODRIGUES, R. A. F.; SERRA, G. E.; ANDRIETTA, S. R.; FRANCO, T. T. Produção de xarope de açúcar invertido obtido por hidrólise heterogênea, através de planejamento experimental. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 103-109, 2000.

RUGER, P. R.; BAER, R. J.; KASPERSON, K. M. Effect of double homogenization and whey protein concentrate on the texture of ice cream. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1684-1692, 2002.

SAAD, S. M. I. Probiotics and prebiotics: the state of the art. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 1, p. 239-256, 2006.

SHAH, N. P. Probiotic bacteria: selective enumeration and survival in dairy foods. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 4, p. 894-907, 2000.

SOFJAN, R. P; HARTEL; R. W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, v. 14, n. 3, p. 255-262, 2004.

SOUZA, J. C. B.; COSTA, M. R.; RENSIS, C. M. V. B.; SIVIERI, K. Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Alimentos Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 1, p. 155-165, 2010.

TAMIME, A. Y.; ROBINSON, R. K. **Tamime and Robinson's yoghurt: Science and technology**. 3.ed. Cambridge: CRC, 2007.

TRAMONTINA, T.; RICHARDS, N. S. P. S.; SILVA, M. E. Desenvolvimento e Caracterização Físico-química, Microbiológica e Sensorial de Iogurte Adicionado de Cereais Integrais. In: **XXVIII Congresso nacional de laticínios**. Juiz de Fora, Minas Gerais: Anais, p. 225-229, 2001.

VARGHESE, K. S.; MISHRA, H. N. Modelling of acidification kinetics and textural properties in dahi (Indian yogurt) made from buffalo milk using response surface methodology. **International Journal of Dairy Technology Huntingdon**, v. 61, n. 3, p. 284-289, 2008.

VASCONCELLOS, M. F. B. Produtos Lights e Diets. **Revista Flavors Magazine**, n. 1, p. 48-49, 2012.

ZENEBO, O.; PASCUET, S. P; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.