



Desenvolvimento de *Frozen Yogurt* de iogurte em pó de leite de ovelha¹

Elisângela de Abreu², Daiane Preci³, Jamile Zeni⁴, Clarice Steffens⁴, Juliana Steffens^{4*}

10.1590/0034-737X201865010002

RESUMO

A busca do consumidor por alimentos saudáveis e diferenciados tem despertado o interesse e incentivado a constante atualização dos profissionais que atuam na pesquisa e desenvolvimento de novos produtos. O leite de ovelha é um alimento com alto teor de sólidos totais, dentre eles proteína e cálcio. A produção de derivados de leite de ovelha ainda é baixa. Por essa razão, com o intuito de expandir o mercado e a gama de produtos dessa matéria-prima, desenvolveram-se formulações de *Frozen Yogurt*, a partir do iogurte em pó de leite de ovelha por meio de planejamento experimental ², com triplicata no ponto central. As características físico-químicas foram avaliadas em função das variáveis concentração de emulsificante-estabilizante (0,50%, 0,75% e 1,00%) e de pó preparado para creme (2,75%, 3,00% e 3,25%). Verificou-se que a concentração do pó preparado para creme apresentou efeito positivo significativo, com 95% de confiança, nos teores de proteína, lactose, cálcio e acidez, e efeito negativo significativo, no pH.

Palavras-chave: leite de ovelha; iogurte em pó; *Frozen Yogurt*.

ABSTRACT

Development of frozen yogurt from powdered yogurt of sheep milk

The quest for healthy and unique foods by consumers has raised and encouraged an ever-constant update on skills for professionals who work on the development and research of new products. Sheep milk is a food with high levels of total solids, such as protein and calcium. The current production of sheep dairy products is still low. In this sense, aiming at expanding the market and product range of this raw product, *Frozen Yogurt* formulations were developed using powdered yogurt of sheep milk, applying an experimental planning ², with triplicate in the central point. The physicochemical characteristics were evaluated in function of the variables concentration of emulsifier/stabilizer at (0.50, 0.75, and 1.00%) and powder preparation for cream (2.75, 3.00, and 3.25%). Their physicochemical characteristics were also obtained. It was found that the concentration of powder preparation for cream presented a significant positive effect with 95% confidence on protein, lactose, and calcium and a significant negative effect on pH.

Key words: sheep milk; yogurt powder; *Frozen Yogurt*.

Submetido em 17/04/2015 e aprovado em 17/01/2018.

¹ Este trabalho é parte do trabalho de dissertação da primeira autora.

² Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil. elisangela@sc.senai.br

³ Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil. daiapreci@yahoo.com.br

⁴ Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Departamento de Ciências Agrárias, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil. jamilyzeni@uricer.edu.br; clarices@uricer.edu.br; julisteffens@uricer.edu.br

* Autora para correspondência: julisteffens@uricer.edu.br

INTRODUÇÃO

A indústria de produtos lácteos inovou-se significativamente nos últimos anos e, passou a produzir alimentos funcionais (iogurtes pré e pró-bióticos), alimentos *diet* e *light*, leites sem lactose e fortificados (cálcio e ferro) e sorvetes *premium* (sem aditivos, com redução de lipídio). Dentre os sorvetes *premium*, destaca-se o *Frozen Yogurt*, produto de grande aceitação pelo público que busca hábitos saudáveis, com destaque para o dos grandes centros urbanos (Tamime & Robinson, 1991; Martínez *et al.*, 2012; Damunupola *et al.*, 2014).

O *Frozen Yogurt* pode ser definido como o produzido basicamente com leite submetido à fermentação láctica por ação do *Streptococcus thermophilus* e do *Lactobacillus delbruekii subsp. bulgaricus*, com ou sem a adição de outras substâncias alimentícias, sendo posteriormente aerado e congelado (Brasil, 2005a). Esse produto combina as características físicas do sorvete com as propriedades sensoriais e nutricionais do leite fermentado (Tamime; Robinson, 1991). Além disso, o *Frozen Yogurt* apresenta vida de prateleira maior que a do iogurte (Salvador *et al.*, 2005).

Desse modo, a agregação de valor ao produto, utilizando matéria-prima diferenciada, como o leite de ovelha, excelente fonte de proteínas, cálcio, fósforo e lipídios de alta qualidade, pode conferir características particulares ao *Frozen Yogurt*. O leite de ovelha apresenta maiores teores de sólidos totais e de ácidos graxos de cadeia mais curta que os do leite de vaca. Essas características o tornam atrativo para a elaboração de produtos lácteos (McKusick *et al.*, 2002),

A produção de *Frozen Yogurt* de leite de ovelha é regionalizada, uma vez que aproximadamente 40% da produção de leite de ovelha do Brasil concentra-se nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Diante disso, para expandir o mercado deste produto, há a necessidade de conhecer melhor o processo de fabricação.

Por essa razão, este trabalho teve por objetivo desenvolver formulações para *Frozen Yogurt* e caracterizar o produto obtido com a utilização de iogurte de leite de ovelha liofilizado.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração do iogurte de leite de ovelha, foram utilizados 10 L de leite integral de ovelha, pasteurizado, da raça *Lacaune*, produzido na Cabanha Chapecó, no município de Santa Catarina. O iogurte foi elaborado de acordo com a metodologia de Tamime & Robinson (1991), com modificações. O leite foi aquecido a 45°C e inocularam-se 2% de fermento láctico termofílico, composto de *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (Chr-

Hansen). O produto foi embalado em frascos de politeraftalato, de 2 L, e mantido por 5 h em banho-maria, a 45°C. Durante a fermentação, o pH foi monitorado a cada hora, por 3 h, com pHmetro (Micronal) e, a partir desse tempo, foi monitorado de 15 em 15 minutos, até atingir o valor de 4,6, correspondente ao ponto isoelétrico da caseína. Posteriormente, resfriou-se o produto em câmara fria (Sotronic), até 4°C. Em seguida, o iogurte de leite de ovelha (200 g) foi distribuído em bandejas do liofilizador e submetido ao congelamento em *freezer* vertical (Consul), a 18°C, por 24 h. As bandejas foram retiradas e inseridas em Liofilizador (Edwards), a -40°C, por 48 h, de acordo com a metodologia de Mishra e Kumar (2004). Após o processo de liofilização, o iogurte em pó obtido foi acondicionado em embalagens metálicas, com lacre, e armazenado, à temperatura ambiente, para uso em formulações de *Frozen Yogurt*. A liofilização do iogurte foi realizada para preservação da qualidade do produto e seu transporte aos locais de elaboração do *Frozen Yogurt*.

Desenvolvimento do Frozen yogurt

Para o desenvolvimento das formulações de *Frozen Yogurt*, foi realizado um planejamento experimental fatorial 2², com triplicata no ponto central. As variáveis independentes do planejamento experimental fatorial foram a concentração de emulsificante-estabilizante e a de pó preparado para creme. As variáveis fixas foram a glicose (3,00%), a sacarose (8,00%) e o aromatizante de iogurte natural em (1,00%). A proporção de iogurte reconstituído variou de 83,75 a 84,75%, de acordo com a quantidade de emulsificante-estabilizante e de pó preparado para creme, totalizando 100%. Foram utilizados, para cada formulação, 2 kg de calda (ingredientes), pois esta era a capacidade mínima da sorveteira - MAQSOFIT.

Para a preparação das formulações, reconstituiu-se o iogurte em pó de leite de ovelha (77,25%) com água mineral (22,75%), procedendo-se à homogeneização por dois minutos em misturador industrial (Caiçara), até a dissolução completa do pó. Em seguida, adicionaram-se o açúcar refinado, a glicose em pó, o aromatizante de iogurte natural, o emulsificante-estabilizante e o pó preparado para creme. A mistura foi homogeneizada por um minuto, conforme a metodologia descrita por Gonçalves e Eberle (2008) e Alves (2009). A formulação foi vertida em sorveteira (Maqsoft) e submetida ao processo de batimento e congelamento, por cinco minutos, a -10°C. O *Frozen Yogurt* elaborado foi acondicionado em embalagens plásticas de politeraftalato, de 2 L, e congelado em câmara (Solid), a -18°C, por 24 h.

Análises físico-químicas

A caracterização físico-química de cada produto: do iogurte de leite de ovelha; do iogurte em pó de leite de ovelha e do *Frozen Yogurt* foi realizada em triplicata.

No iogurte de leite de ovelha, foram avaliadas: umidade, lipídios, proteína, lactose, cinzas, acidez em ácido láctico e pH. No iogurte em pó de leite de ovelha, foram quantificados: umidade, lipídios, proteína, lactose, cinzas, acidez em ácido láctico, pH e atividade de água. No *Frozen Yogurt*, foram realizadas as mesmas análises feitas no iogurte de leite de ovelha, com exceção da umidade, e foram incluídas as quantificações de sólidos totais e de cálcio.

A umidade dos produtos foi medida, pelo método gravimétrico, em estufa de recirculação (Fanem – 320 - SE), a 105°C, por aproximadamente 4 h, ou até peso constante, segundo metodologia descrita pela AOAC (2000).

As concentrações de nitrogênio total das amostras foram determinadas pelo método de Kjeldahl, segundo metodologia da AOAC (2000), usando-se o fator de correção 6,38 (IAL, 2008).

A concentração de lactose foi determinada pelo do método Munson-Walker, conforme metodologia descrita pela norma FIL-IDF 28 A (1974).

A concentração de lipídios foi determinada por método gravimétrico, conforme metodologia descrita pela norma FIL-IDF 5B (1986), usando-se estufa de recirculação (Fanem-32-SE), a 105°C, até peso constante. A amostra foi previamente digerida em ácido clorídrico (VETEC) a 25% (v/v) e, a extração, realizada com mistura de éter de petróleo (SYNTH) e etílico (SYNTH) (1:1, v/v).

A acidez total foi determinada por titulação da amostra com hidróxido de sódio (SYNTH), na concentração N/9 (solução Dornic), usando-se o indicador fenolftaleína, segundo método descrito por AOAC (2000).

O pH foi medido com pHmetro (Marconi PA – 200) previamente calibrado em soluções-tampão pH 4 e pH 7, usando-se 10 mL de leite, a 20°C, conforme método da AOAC (2000).

A atividade de água foi determinada pelo equipamento Aqualab, cujo funcionamento baseia-se nos higrômetros de resposta rápida.

O conteúdo de cinzas foi determinado conforme metodologia descrita por Foschiera (2004). O teor de cálcio foi analisado a partir da análise de cinzas, conforme metodologia descrita pela IN nº 68 (Brasil, 2006), utilizando-se o método titulométrico.

Os sólidos totais foram determinados pelo método gravimétrico em estufa de recirculação (Fanem – modelo 320 - SE), a 105°C, até peso constante (IAL, 2008).

Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas foram tratados de acordo com a metodologia de planejamento de experimentos e análise de variância (ANOVA) e, as médias, por teste de Tukey, utilizando-se o *software* STATISTIC versão 5.0 (Stasoft Inc, USA). Para as análises, foi considerada a significância de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Características físico-químicas do iogurte de Leite de Ovelha

A lactose presente no leite de ovelha é o substrato utilizado pelo fermento termofílico (cultura láctica) para a fermentação láctica do iogurte, sendo que, com o consumo deste substrato há a produção de ácido láctico, com conseqüente diminuição do pH do produto e aumento da acidez, com o tempo (Galvão *et al.*, 1995). O iogurte de leite de ovelha apresentou pH inicial de $6,88 \pm 0,01$ e acidez de $0,64 \pm 0,03$ g/100g e, após 5h de fermentação, o pH decresceu para $4,63 \pm 0,06$ e a acidez aumentou para $1,10 \pm 0,04$ g/100g (Figura 1), caracterizando o consumo de substrato. Valor semelhante de pH (4,6) foi obtido por Gonçalves e Eberle (2008) e Pinto *et al.* (2012), sendo ele característico da produção de iogurte.

O resultado de acidez encontrado está de acordo com o padrão estabelecido pela IN nº 46, do regulamento técnico de identidade e qualidade de leites fermentados (Brasil, 2007), que é de 0,6 a 2 g/100g. O valor de acidez obtido neste trabalho foi similar aos encontrados por Pinto *et al.* (2012) e Hilali *et al.* (2011), que foram de 1,2g/100g e 1,52g/100g, respectivamente, ao final da fermentação em iogurte de leite de ovelha.

Após o processo de fermentação, o iogurte apresentou $83,77 \pm 0,42\%$ de umidade, $5,84 \pm 0,52\%$ de lipídios, $5,56 \pm 0,55\%$ de proteína, $4,59 \pm 0,47\%$ de lactose e $0,94 \pm 0,65\%$ de cinzas. Serafeimidou *et al.* (2013) encontraram, para iogurte de leite de ovelha, 79,39% de umidade, 6,08% de lipídio, 4,54% de proteína e 0,92% de cinzas. Katsiari *et al.* (2002) obtiveram valores de 6,6% de lipídio, 5,85% de proteína, 0,86% de cinzas e 4,87% de lactose, em iogurte elaborado com leite de ovelha congelado. Neste trabalho, os teores de lipídio, lactose e cinzas mostraram-se inferiores aos encontrados pelos autores acima citados, sendo essas diferenças associadas, entre outros fatores, à raça, à alimentação e ao estado de lactação dos animais (Park, 2007).

O iogurte de leite de ovelha apresentou 5,84% de lipídio, sendo então classificado como integral, segundo a Instrução Normativa nº 46 (Brasil, 2007), que estabelece a faixa de 3 a 5,9%. O teor mínimo de proteína especificado pela Legislação para o iogurte é de 2,9%, e o iogurte desenvolvido apresentou o dobro do valor estabelecido pela legislação, mostrando que o produto apresenta alto valor proteico. Esse maior valor proteico é devido à maior quantidade de aminoácidos presentes no leite de ovelha (Jandal *et al.*, 1996). Revers *et al.* (2016) verificaram que o iogurte integral de leite de vaca apresentou teor de proteína de 3,3%, enquanto o de ovelha foi de 5,2%.

Características físico-químicas do iogurte de Leite de Ovelha em pó

A caracterização físico-química do iogurte em pó de leite de ovelha é apresentada na Tabela 1.

O iogurte de leite de ovelha apresentou 83,77% de umidade, decrescendo para 3,29%, após o processo de liofilização. Koç *et al.* (2014) estudaram iogurte de vaca com umidade inicial de 85,8% e, após a secagem por *spray dryer*, na temperatura de 165°C, obtiveram iogurte em pó com umidade de 6,08%. Krasaekoopt & Bhatia (2012) encontraram umidade de 8,5% em iogurte em pó, obtido por secagem em esteira, a 70°C. A baixa umidade observada no iogurte em pó de leite de ovelha desenvolvido neste trabalho é muito importante para manter a segurança alimentar, além de permitir menor aglomeração do produto.

Em relação à atividade de água do iogurte, obtido por liofilização, o valor encontrado foi de 0,20, superior aos encontrados por Medeiros (2013), que foram de 0,09 e 0,19, para os iogurtes em pó de leite de cabra, obtidos pelo processo de *spray dryer* operado nas temperaturas de 170°C e de 130°C, respectivamente. De acordo com Patel *et al.* (2010) e Ordóñez (2005), a quantidade de água que fica no leite em pó após a desidratação é fundamental para a qualidade final do produto.

O pH do iogurte em pó de leite de ovelha encontrado foi de 4,62, valor similar ao do iogurte de leite de ovelha, mostrando assim que não houve alteração da matéria-prima durante o processo de desidratação. A acidez do iogurte em pó foi de 1,20 g/100g, e está na faixa de valores encontrada por Medeiros (2013), que vai de 0,6 a 1,50 g/100g. O processo de liofilização implicou aumento de acidez de $1,10 \pm 0,04$ g/100g para $1,20 \pm 0,20$ g/100g e, pode ser decorrente de um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, os quais alteram

quase sempre a concentração dos íons de hidrogênio (Oliveira *et al.*, 2010).

O teor de proteínas determinado no iogurte em pó de leite de ovelha foi de 29,08%, abaixo dos valores encontrados por Krasaekoopt e Bhatia (2012) para iogurtes em pó comerciais de leite de vaca obtidos por liofilização (33 a 36%). Segundo Ribeiro e Severalli (2007), quanto mais rápido for o congelamento, menor será a desnaturação das proteínas, explicando o teor de proteína menor que o encontrado em iogurtes em pó comerciais. Além disso, o uso de temperaturas entre - 10°C e - 40°C pode provocar desnaturação irreversível, por causa da estabilidade de novas interações ou ligações que se formam e da aleatoriedade das mudanças na configuração espacial da molécula de algumas proteínas.

No iogurte de leite de ovelha, o teor de lactose foi de 4,59% e, após o processo de desidratação por liofilização, esse teor aumentou para 38,99%, ficando abaixo da faixa encontrada para iogurte em pó comercial de leite de vaca (50 – 51%) (Krasaekoopt; Bhatia, 2012).

O teor de lipídio do iogurte de leite de ovelha foi quantificado como 5,84%, sendo que após o processo de

Tabela 1: Caracterização físico-química do iogurte em pó de leite de ovelha

Análises	Valores
Umidade (%)	3,29 ± 0,54
Lipídios (%)	38,52 ± 0,60
Proteína (%)	29,08 ± 0,48
Lactose (%)	38,99 ± 0,56
Cinzas (%)	5,01 ± 0,23
Acidez em ácido láctico (g/100g)	1,20 ± 0,20
Atividade de Água	0,20 ± 0,10
pH	4,62 ± 0,10

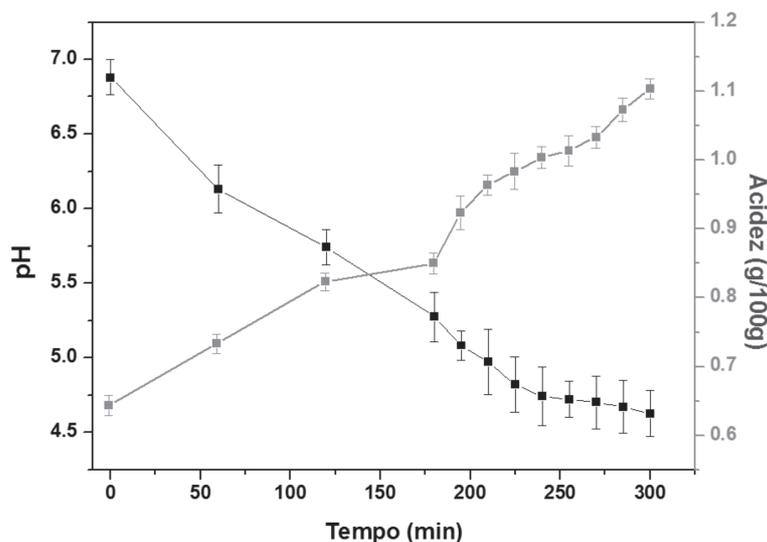


Figura 1: Valores de pH e acidez, durante a fermentação do iogurte de leite de ovelha.

lío-filização passou para 38,52%. Neste estudo, o teor de lipídio foi similar ao reportado por Sulaksono *et al.* (2013), que encontraram teor de 36% em iogurte em pó de leite de vaca, secado, a 52°C, em esteira. Já, o teor de cinzas do iogurte em pó de leite de ovelha foi de 5,01 e de 0,94% para o iogurte de leite de ovelha. Sulaksono *et al.* (2013) encontraram valores de 6,37% de cinzas, em iogurte em pó de leite de vaca.

Frozen yogurt de iogurte em pó de leite de ovelha

A acidez do *Frozen Yogurt* variou de 0,92 a 1,16 g/100g, sendo classificado como de baixa acidez (Oliveira, 2013). Não há, porém, legislação vigente em relação ao mínimo de acidez titulável para esse produto. Schmidt *et al.* (1997) encontraram valores de acidez titulável de 0,20-0,43 g/100g em *Frozen Yogurt* sabor baunilha de leite de vaca. Gonçalves & Eberle (2008) encontraram valores de 0,44 g/100g e Isik *et al.* (2011) valores de 0,69 a 0,72 g/100g de ácido láctico, em *Frozen Yogurt* de leite de vaca.

Dentre as variáveis estudadas nas formulações desenvolvidas, observou-se que o pó preparado para creme apresentou efeito significativo positivo ($p < 0,05$) na acidez do *Frozen Yogurt* (Figura 2a), o que também está mostrado na Tabela 2.

O pH das formulações do *Frozen Yogurt* (Tabela 2) não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$), sendo que o pó preparado para creme apresentou efeito significativo negativo entre as variáveis estudadas (Figura 2b). Resultados similares foram encontrados por Pinto *et al.* (2012) que obtiveram pH de 4,31 a 4,71, em *Frozen Yogurt* adicionado de microcápsulas com *Bifidobacterium* e com diferentes concentrações de leite desnatado de vaca e inulina. Al-Saleh *et al.* (2011) obtiveram valores de pH de 5,11, em *Frozen Yogurt* de leite de camelo. O pó preparado para creme influenciou tanto no pH quanto na acidez do produto, indicando que esse ingrediente apresenta na sua própria composição características de maior acidez e menor pH.

O teor de sólidos totais representa a soma de todos os ingredientes, com exceção da umidade do produto. Assim, em sorvetes, quanto maior a concentração dos sólidos totais, melhor será a sua qualidade (Clarke, 2004). Nas formulações desenvolvidas, os teores de sólidos totais encontrados foram de 32 a 34,12 g/100g, valores próximos aos encontrados por Al-Saleh *et al.* (2011), em *Frozen Yogurt* (31,27 g/100g) de leite de camelo e por Isik *et al.* (2011), em *Frozen yogurt* com adição de inulina e isomalte (30,1 g/100g). Os resultados experimentais representados no gráfico de Pareto (Figura 2c) mostram que as variáveis estudadas não apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) no teor de sólidos totais do *Frozen Yogurt*. No entanto, o teor de sólidos nos ensaios foi maior ($p < 0,05$) para os

ensaios com maior concentração de pó preparado para creme (Tabela 2).

Os lipídios do leite favorecem a qualidade do *Frozen Yogurt*, por melhorarem suas características sensoriais, proporcionando melhor sabor e textura mais macia e cremosa (Alves *et al.*, 2009). Neste trabalho, verificou-se que os ensaios 1 e 2, com a maior concentração de emulsificante, apresentaram os maiores conteúdos de lipídios (Tabela 2), enquanto, os experimentos do ponto central, ensaios 5, 6 e 7, foram os que apresentaram os menores valores. Pelo gráfico de Pareto, verifica-se que as variáveis estudadas não influenciaram no teor de lipídios do *Frozen Yogurt* (Figura 2d).

As principais proteínas encontradas no leite são as caseínas, proteínas do soro (globulina e albumina) e proteínas das membranas dos glóbulos de lipídios. As proteínas, por causa dos grupos laterais hidrofóbicos, formam parte da membrana que recobre os glóbulos de lipídios, dessa forma, sendo muito importantes para o desenvolvimento da estrutura do *Frozen Yogurt* (Souza *et al.*, 2010). O alto teor de proteína do produto propicia maior retenção de água e, conseqüentemente, menor formação de cristais de gelo no produto.

O teor de proteína encontrado no *Frozen Yogurt* foi de 5,02 a 6,22 g/100g, e está acima dos teores quantificados no *Frozen Yogurt* de leite de vaca produzido por Gonçalves e Eberle (2008), 2,43 g/100g, por Alves *et al.* (2009), 3 g/100g e por Isik *et al.* (2011), 3,3 g/100g. Esse teor, observado no *Frozen Yogurt* de leite de ovelha, maior do que no de vaca, deve-se ao fato de a matéria-prima leite de ovelha apresentar maior teor de proteínas (Tabela 1). No gráfico de Pareto (Figura 2e), observa-se que o pó preparado para creme influenciou no teor proteico do *Frozen Yogurt* com significância de 95%. Essa influência está associada ao fato de o pó preparado para creme ser um substituto de lipídio derivado de proteína. Assim, o aumento do seu conteúdo no produto favorece o valor nutricional graças ao seu alto valor proteico.

O teor de lactose do *Frozen Yogurt* ficou entre 4,51 e 4,81 g/100g, dentro da faixa encontrada por Corte (2008), de 4,23 a 4,88 g/100g, para *Frozen Yogurt* de leite de vaca. Os resultados experimentais apresentados no gráfico de Pareto (Figura 2f) mostra que, entre as variáveis, o pó preparado para creme apresentou efeito significativo negativo ($p < 0,05$) no teor de lactose do *Frozen Yogurt*.

A lactose é importante para estrutura do *Frozen Yogurt*, pois proporciona, juntamente com os glóbulos de lipídio (Goff, 1997), a formação de um complexo coloidal e a alta consistência do produto.

O teor de cinzas encontrado nas formulações do *Frozen Yogurt* foi de 0,97 a 1,15 g/100g. Esse elevado teor de cinzas está relacionado com a matéria-prima utilizada, uma vez que o teor de cinzas presentes no leite de

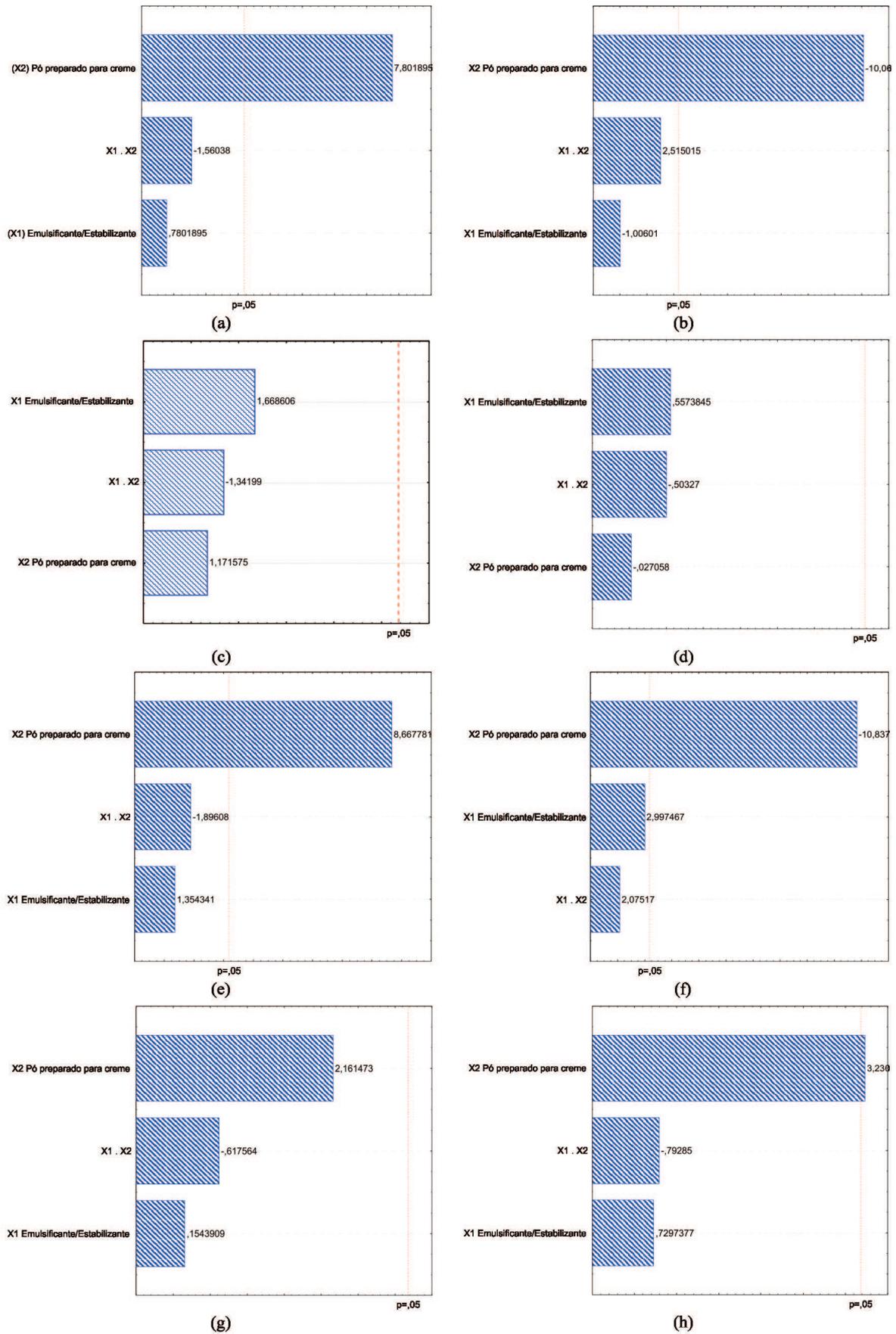


Figura 2: Gráfico de Pareto da Acidez(a), pH(b), teores de Sólidos Totais(c), Lipídios (d), proteínas (e), lactose (f), cinzas (g) e cálcio (h) do Frozen Yogurt de leite de ovelha.

Tabela 2: Caracterização físico-química de *Frozen Yogurts* elaborados a partir de um planejamento experimental 2², com triplicata no ponto central

Ensaio	Variáveis Independentes**		Respostas*							
	X ₁	X ₂	Acidez (g/100g)	Cálcio (mg/100g)	Lipídios (g/100g)	Proteína (g/100g)	Cinzas (g/100g)	Sólidos Totais (g/100g)	Lactose (g/100g)	pH
1	1(1,00%)	-1(2,75%)	0,92 ^b ±0,1	165,50 ^c ±0,52	9,04 ^d ±0,42	5,02 ^b ±0,60	0,97 ^b ±0,41	32,00 ^c ±0,36	4,79 ^b ±0,43	4,79 ^b ±0,1
2	1(1,00%)	1(3,25%)	0,98 ^{ab} ±0,2	184,80 ^b ±0,43	9,02 ^b ±0,51	5,41 ^{ab} ±0,42	1,02 ^b ±0,57	34,12 ^b ±0,45	4,81 ^a ±0,56	4,72 ^a ±0,2
3	-1(0,5%)	-1(2,75%)	1,16 ^a ±0,1	216,50 ^a ±0,57	8,48 ^{ab} ±0,58	6,22 ^a ±0,51	1,15 ^a ±0,35	33,77 ^b ±0,32	4,51 ^a ±0,61	4,54 ^a ±0,2
4	-1(0,5%)	1(3,25%)	1,14 ^a ±0,1	215,70 ^a ±0,46	8,53 ^{ab} ±0,53	6,16 ^a ±0,55	1,12 ^b ±0,40	34,00 ^b ±0,40	4,62 ^a ±0,34	4,57 ^a ±0,2
5	0(0,75%)	0(3,00%)	1,08 ^a ±0,1	179,30 ^c ±0,51	7,30 ^c ±0,62	5,81 ^{ab} ±0,40	0,97 ^b ±0,50	32,69 ^c ±0,40	4,67 ^a ±0,45	4,65 ^a ±0,1
6	0(0,75%)	0(3,00%)	1,09 ^{ab} ±0,2	180,20 ^c ±0,55	7,30 ^c ±0,65	5,85 ^{ab} ±0,53	0,99 ^b ±0,58	32,41 ^c ±0,35	4,66 ^a ±0,50	4,69 ^a ±0,1
7	0(0,75%)	0(3,00%)	1,08 ^{ab} ±0,2	179,30 ^c ±0,57	7,40 ^b ±0,64	5,89 ^{ab} ±0,42	0,98 ^b ±0,51	32,56 ^c ±0,38	4,71 ^a ±0,57	4,65 ^a ±0,2

*média ± desvio padrão seguida de letras iguais minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a 5% (Teste de Tukey).

**Variáveis independentes: X₁: emulsificante/estabilizante; X₂: pó preparado para creme. Variáveis fixas: Sacarose (8%); Glicose em pó (3%); aromatizante de iogurte natural (1%)

ovelha foi de 0,94%. Segundo Ribeiro (2005), o leite de vaca apresenta teor de cinzas em torno de 0,65 g/100g e, nos *Frozen Yogurts* de leite de vaca, produzidos por Gonçalves e Eberle (2008) e por Isik *et al.* (2011), os teores de cinzas encontrados foram de 0,79 e 0,9 g/100g, respectivamente.

O alto teor de cinzas é muito importante em alimentos congelados; por exemplo, nos sorvetes, influenciam positivamente no ponto de congelamento (Cook & Hartel, 2010). A Figura 2g apresenta o gráfico de Pareto em que as variáveis independentes estudadas não apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) no teor de cinzas.

O cálcio é fundamental para a saúde do ser humano. Além de ser responsável pelo crescimento ósseo, age como regulador do metabolismo celular. Seu teor de presença no leite é de aproximadamente 1200 mg/L, sendo que 30% dele é absorvido pelo organismo (Costa, 2008).

O teor de cálcio encontrado nas formulações de *Frozen Yogurt* variou de 165,50 a 216,50 mg/100g, maior que os de *Frozen Yogurts* de leite de vaca, nos quais é aproximadamente de 100 mg/100g. De acordo com o Ministério da Saúde, a ingestão diária recomendada (IDR), para crianças de sete a dez anos, é de 700 mg de cálcio (Brasil, 2005b). Desta forma, 100 g de *Frozen Yogurt* elaborado com iogurte em pó de leite de ovelha representa, em média, 25% das necessidades diárias de cálcio. A variável pó preparado para creme apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) no teor de cálcio do *Frozen Yogurt*, conforme pode ser observado no gráfico de Pareto (Figura 2h).

CONCLUSÕES

As características físico-químicas (teores de proteína, de lipídios, de lactose, de cinzas, de acidez e pH) do iogurte em pó de leite de ovelha, obtido pelo processo de liofilização foram mantidas, em relação às do iogurte de leite de ovelha. Foi possível desenvolver *Frozen Yogurt* a partir de iogurte em pó de leite de ovelha. Em relação às formulações de *Frozen Yogurt* desenvolvidas, em geral, as concentrações de emulsificante-estabilizante e de pó preparado para creme não apresentaram influência nas características físico-químicas do produto. Mas, como recomendações de formulação, poderiam ser utilizadas as dos ensaios 3 e 4, por apresentarem maiores teores de cálcio e de proteínas.

REFERÊNCIAS

- Alves LL, Richards NSPS, Becker LV, Andrade DF, Milani LI, Rezer APS & Scipioni, GC (2009) Aceitação sensorial e caracterização de frozen yogurt de leite de cabra com adição de cultura probiótica e prebiótico. *Ciência Rural*, 39:2595-2600.
- Al-Saleh AA, Metwalli AAM & Ismail EA (2011) Physicochemical properties of probiotic frozen yoghurt made from camel milk. *International Journal of Dairy Technology*, 64:557-562.

- AOAC (2000) Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis, v.1 and 2. 17th ed. AOAC, Gaithersburg. 1170p.
- Brasil (2005a) Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 266 de 23 de setembro 2005 que adota o 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. DOU, 22/09/2005, Seção 1, 2005. p.5.
- Brasil (2005b) Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC n.º 269, de 22 de setembro de 2005 que adota o Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. DOU, 23/09/2005, Seção 1, p. 372.
- Brasil (2006) Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006 que adota os Métodos Analíticos Oficiais Físico-químicos para Controle de Leite e Produtos Lácteos. DOU, 14/12/2006, Seção1, p.8.
- Brasil (2007) Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007, que adota o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. DOU, 24/10/2007, Seção 1, p.5.
- Clarke C (2004) The Science of ice cream. Cambridge, Royal Society of Chemistry. p.177-179.
- Cook KLK & Hartel RW (2010) Mechanisms of ice crystallization in ice cream production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9:213-222.
- Corte FFD (2008) Desenvolvimento de Frozen Yogurt com propriedades funcionais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 100p.
- Costa FF (2008) Efeitos da fortificação com cálcio na estrutura de sorvetes. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 67p.
- Damunopola DAPR, Weerathilake WADV & Sumanasekara GS (2014) Evaluation of quality characteristics of goat milk yogurt incorporated with beetroot juice. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4:1-5.
- Foschiera JL (2004) Indústria de laticínios: industrialização do leite, análises, produção de derivados. Porto Alegre, Suliani Editografia Ltda. 88p.
- Galvão LC, Fernandes MIM & Sawamura R (1995) Conteúdo de lactose e atividade de beta-galactosidase em iogurtes, queijos e coalhadas produzidos no Brasil. *Arquivos de gastroenterologia*, 32:8-14.
- Goff HD (1997) Colloidal aspects of ice cream: a review. *International Dairy*, 7:363-73.
- Gonçalves AA & Eberle IR (2008) Frozen yogurt com bactérias probióticas. *Alimentos e Nutrição*, 19:291-297.
- Hilali M, Iñiguez L, Knaus W, Schreiner M, Wurzinger M & Mayer HK (2011) Dietary supplementation with nonconventional feeds from the Middle East: Assessing the effects on physicochemical and organoleptic properties of Awassi sheep milk and yogurt. *American Dairy Science Association*, 94:5737-49.
- IAL (2008) Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3^a ed. São Paulo, Instituto Adolfo Lutz. 1020p.
- FIL-IDF - International Dairy Federation (1974) Determination of lactose content of milk. Brussels, Robinson RK. 43p.
- FIL-IDF - International Dairy Federation (1986) Cheese and processed cheese products. Determination of fat content gravimetric method 5B. Brussels, Robinson RK. 7p
- Isik U, Boyacioglu D, Capanoglu E & Erdil DN (2011) Frozen yogurt with added inulin and isomalt. *American Dairy Science Association*, 94:1647-1656.
- Jandal JM (1996) Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small ruminant research*, 22:177-185.
- Katsiari MC, Voutsinas LP & Kondyli E (2002) Manufacture of yoghurt from stored frozen sheep's milk. *Food Chemistry*, 77:413-420.
- Koç B, Sakin-Yılmaz M, Kaymak-Ertekin F & Balkýr P (2014) Physical properties of yoghurt powder produced by spray drying. *Food Science and Technology*, 51:1377-1383.
- Krasaekoopt W & Bhatia S (2012) Production of yogurt powder using foam-mat drying. *AU Journal of Technology*, 15:166-171.
- Martínez EJL, Córdova F, Medina AR & Barrales PO (2012) Analysis of 20 trace and minor elements in soy and dairy yogurts by ICP-MS. *Microchemical Journal*, 102:23-27.
- Medeiros ACL (2013) Iogurte caprino probiótico em pó: estudo do processo de secagem, da caracterização do pó e da viabilidade do probiótico. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Pirassununga. 70p.
- Mishra NH & Kumar P (2004) Yoghurt power – a review of process technology, storage and utilization. *Food and Bioproducts Processing*, 82:133-142.
- Mckusick BC, Thomas DL, Berger YM & Marnet PG (2002) Effect of milking interval on alveolar versus cisternal milk accumulation and milk production and composition in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 85:2197-2206.
- Oliveira RR de (2013) Desenvolvimento de frozen yogurt funcionais linha “clean label” adicionados de corantes naturais de betalaína e bixina. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão. 79p.
- Oliveira ENA, Da Costa SD, De Souza FC, Martins JN & De Oliveira SPA (2010) Obtenção de ubaia desidratada pelo processo de liofilização. *Revista Brasileira de Tecnologia Industrial*, 4:235-242.
- Ordóñez J A (2005) Tecnologia de alimentos: alimentos e origem animal. Porto Alegre, Artmed. 280p.
- Park YW (2007) Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68:73-87.
- Patel K, Chen XD, Jeantet R & Schuck P (2010) One-dimensional simulation of co-current, dairy spray drying systems – pros and cons. *Dairy Science and Technology*, Rennes, 90:181-210.
- Pinto SS, Carlise BF-F, Muñoz IB, Barreto PLM, Prudêncio ES & Amboni RDMC (2012) Effects of the addition of microencapsulated Bifidobacterium BB-12 on the properties of frozen yogurt. *Journal of Food Engineering*, 11:563-569.
- Revers LM, Danielli AJ, Itchenco S, Zeni J, Steffens C & Steffens J (2016) Obtenção e caracterização de iogurtes elaborados com leites de ovelha e de vaca. *Revista Ceres*, 63:747-753.
- Ribeiro EP & Seravalli EAG (2007) Química de alimentos. 2^a ed. São Paulo, Edgard Blücher. 196p.
- Ribeiro LC (2005) Produção, composição e rendimento em queijos do leite de ovelha Santa Inês. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 64p.
- Salvador A, Fiszman SM, Curia A & Hough G (2005) Survival analysis applied to sensory shelf life of yogurts – II: Spanish formulations. *Journal of Food Science*, 70:446-449.

- Schmidt KA, Kim J & Jeon IJ (1997) Composition of carbohydrates and concentration of β -galactosidase of commercial frozen yogurt. *Journal of Food Quality*, 20:349-358.
- Serafeimidou A, Zlatanov S, Kritikos G & Tourianis A (2013) Change of fatty acid profile, including conjugated linolenic acid (CLA) content during refrigerated storage of yogurt made of cow and sheep milk. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31:24-30.
- Souza CB, Costa JR, Rensis M & Sivieri KC (2010) Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. *Alimentos e Nutrição*, 21:155-165.
- Sulaksono AC, Kumalaningsih S & Wignyanto IS (2013) Production and processing of yoghurt powder using foam-mat drying. *Food and Public Health*, 3:235-239.
- Tamime AY & Robinson RK (1991) *Yogurt: ciencia y tecnologia*, Zaragoza. Acribia, 368p.