**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Desenvolvimento de bebida láctea fermentada a base de soro
lácteo ácido: caracterização físico-química e reológica**

Bruna Rafaela Garavazo Recchia

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência
e Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2014**

Bruna Rafaela Garavazo Recchia
Engenheira de Alimentos

**Desenvolvimento de bebida láctea fermentada a base de soro lácteo ácido:
caracterização físico-química e reológica**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:

Profa. Dra. **THAIS MARIA FERREIRA DE SOUZA VIEIRA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência
e Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Recchia, Bruna Rafaela Garavazo

Desenvolvimento de bebida láctea fermentada a base de soro lácteo ácido:
caracterização físico-química e reológica / Bruna Rafaela Garavazo Recchia. - -
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2014.
99 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.

1. Soro ácido 2. Quark 3. Bebida láctea 4. Preparado de frutas 5. Superfície
de resposta I. Título

CDD 637.146
R294d

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - O autor"

DEDICATÓRIA

À toda minha família (Garavazo e Recchia), por toda ajuda, compreensão e apoio.

Agradeço em especial minha mãe Márcia e meu marido Weldi.

”Nunca deixe que lhe digam
Que não vale a pena acreditar no sonho que se tem
Ou que seus planos nunca vão dar certo
Ou que você nunca vai ser alguém
Tem gente que machuca os outros
Tem gente que não sabe amar
Mas eu sei que um dia a gente aprende
Se você quiser alguém em quem confiar
Confie em si mesmo
Quem acredita sempre alcança”

Renato Russo

AGRADECIMENTOS

- Em primeiro lugar agradeço a Deus por me dar força, sabedoria e muita saúde para cumprir todas as minhas tarefas com muita alegria e satisfação;
- Ao meu marido Weldi por compreender os meus momentos de ausência, por me apoiar e dar forças nos momentos de desânimo;
- À minha mãe Márcia por me apoiar sempre em todas as minhas decisões e por ser sempre o meu porto seguro nas incertezas;
- As minhas famílias Garavazo e Recchia por torcerem pelo meu sucesso e estarem ao meu lado em todos os meus passos;
- Ao professor Ernani, por ter aberto as portas de Universidade e pelo conhecimento transmitido no primeiro ano e meio de orientação;
- À orientadora Thais Vieira por me aceitar na etapa final do mestrado e por estar sempre disposta a me ajudar nos momentos de dúvida;
- À professora Izabel Moraes da FZEA por abrir o laboratório de análises reológicas possibilitando o cumprimento das análises do meu projeto;
- Ao Armando pela oportunidade de voltar novamente a trabalhar na indústria alimentícia e por disponibilizar todos os recursos necessários para esta pesquisa;
- Aos colegas de trabalho por me ajudar na minha ausência na empresa;
- Aos colegas do laboratório de laticínios da ESALQ pela intensa convivência no primeiro ano de mestrado;
- À todos os professores do curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da ESALQ pelo precioso conhecimento transmitido nas aulas da pós-graduação;
- E a todos meus colegas e funcionários da ESALQ e FZEA pela ajuda, conselhos e bons momentos de convívio.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
LISTA DE FIGURAS.....	15
LISTA DE TABELAS.....	17
EQUAÇÕES.....	19
1 INTRODUÇÃO	21
2 OBJETIVOS	23
2.1 Objetivo geral.....	23
2.2 Objetivos específicos	23
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
3.1 Produtos lácteos fermentados	25
3.1.1 Breve histórico.....	25
3.1.2 Diferenças entre os produtos lácteos fermentados	26
3.1.3 Bebida láctea fermentada com adições.....	30
3.2 Efluentes de laticínios	41
3.2.1 Problemática do soro.....	41
3.2.2 Soro ácido	43
3.3 Reologia.....	44
3.3.1 Definições e propriedades reológicas	44
3.3.2 Escoamento de fluidos	46
3.3.3 Modelos reológicos	47
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	55
4.1 Matérias-primas	55
4.2 Preparo da bebida láctea com preparado de frutas	56
4.3 Análises físico-químicas	59
4.3.1 Determinação de pH.....	59
4.3.2 Análise de acidez titulável	59
4.3.3 Análise de sinerese	59
4.3.4 Composição centesimal	60
4.4 Análise bactérias lácticas	61
4.5 Caracterização reológica	61
4.6 Análise estatística	62

5	RESULTADO E DISCUSSÃO	63
5.1	Fermentação da base láctea	63
5.2	Caracterização físico-química	66
5.2.1	pH	66
5.2.2	Acidez	68
5.2.3	Sinerese.....	71
5.2.4	Composição centesimal.....	74
5.3	Análise bactérias lácticas	76
5.4	Caracterização reológica.....	77
6	CONCLUSÕES.....	85
	REFERÊNCIAS	87

RESUMO

Desenvolvimento de bebida láctea fermentada a base de soro lácteo ácido: caracterização físico-química e reológica

Encontrar formas de reutilizar os resíduos oriundos da produção de alimentos é uma necessidade cada vez mais presente nas indústrias tanto do ponto de vista ambiental como financeiro. Este trabalho teve por objetivo incorporar soro ácido na base láctea e no preparado de frutas de uma bebida láctea fermentada sabor morango e avaliar a interferência destas variáveis independentes nas características físico-químicas e reológicas do produto, bem como o efeito do tempo nestas respostas. O planejamento experimental seguiu o delineamento fatorial completo do tipo rotacional, com duas variáveis explanatórias. Os níveis de soro ácido variaram nas formulações, sendo na base láctea aplicadas menores dosagens (de 0 a 10%) devido a limitação por causa da precipitação da caseína em pH ácido no tratamento térmico. No preparado de frutas a dosagem de soro ácido variou de 0 a 30%. Os tratamentos (base láctea adicionada de preparado de frutas) foram acondicionados em potes de polipropileno e estocados a 8°C. Semanalmente foram feitas as análises físico-químicas de pH, acidez e sinerese além das análises reológicas. A análise dos dados foi feita pelo método de superfície de resposta e análise de regressão múltipla. Os tratamentos foram avaliados quanto a composição centesimal após 21 dias de estocagem pela análise dos teores de gordura, cinzas, proteínas e matéria sólida total, seguindo posteriormente com o cálculo de carboidratos e valor energético. A contagem de bactérias lácticas foi feita por plaqueamento em MRS (Man Rogosa & Sharpe) Ágar após 21 dias de estocagem para garantir a contagem mínima exigida no tempo de vida útil final do produto. Todos os resultados obtidos nas análises de composição centesimal e microbiológicas se enquadraram nos limites da legislação vigente. De forma geral o percentual de soro ácido aplicado no preparado de frutas não influenciou os parâmetros físico-químicos avaliados, exceto para a viscosidade em que foi identificado efeito estatisticamente significativo indicando que o aumento nos níveis utilizados aumentam a viscosidade. A utilização do soro ácido na base láctea ocasionou aumento da acidez e diminuição da sinerese, estando os resultados de acidez em concordância com os dados da literatura para estudos semelhantes. O aumento do percentual de soro na base promoveu redução na viscosidade, afetando negativamente este parâmetro, porém, alternativas tecnológicas (uso de espessantes, pressão de homogeneização, temperatura no tratamento térmico, entre outras) podem suprir a perda de viscosidade apresentada. Todos os tratamentos apresentaram comportamento não-newtoniano e tixotrópico.

Palavras-chave: Soro ácido; Quark; Bebida láctea; Preparado de frutas; Superfície de resposta

ABSTRACT

Development of fermented milk drink base with acid whey: physicochemical and rheological characterization

Finding ways to reuse waste from food production is an increasing necessity in this industry both for environmental and financial reasons. This study aimed to incorporate acid whey in milk-based and fruit prepared of a fermented dairy drink, strawberry flavor, and assess the effect of these independent variables on the physicochemical and rheological characteristics of the product as well as the effect of time on these responses. The experimental design followed a complete factorial design of the rotational type, with two explanatory variables. Acid whey levels ranged in the formulations being applied to dairy-based lower doses (from 0 to 10%) due to a limitation because of the precipitation of casein at acidic pH during heat treatment. In the fruit prepared the dosage of acid whey ranged from 0 to 30%. Treatments (milk added base of fruit prepared) were placed in polypropylene pots and stored at 8°C. Physicochemical analysis of pH, acidity and syneresis beyond rheological analyzes were conducted weekly. Data analysis was performed by the response surface method and multiple regression analysis. Treatments were nutritionally assessed after 21 days of storage by the analysis of the levels of fat, ash, protein and total solids, later following with the calculation of carbohydrates and energy value. The count of lactic acid bacteria was carried out by plating on MRS (Man Rogosa & Sharpe) Agar after 21 days of storage to ensure a minimum count time required in the final product shelf life. All results obtained in the analysis of chemical and microbiological composition fulfilled the bounds of current legislation. Overall the percentage of acid whey applied to the fruit prepared did not affect the physicochemical parameters evaluated, except for the viscosity in which was identified a statistically significant effect indicating that an increase in levels used, increase viscosity. The use of acid whey dairy based resulted in increased acidity and reduced syneresis, being acidity results in agreement with literature data for similar studies. The increase in the percentage of acid whey in the base promoted reduction in viscosity, adversely affecting this parameter, however, alternative technologies (use of thickeners, pressure homogenization, heat treatment temperature, etc.) can fill the given viscosity loss. All treatments showed non-Newtonian and thixotropic behavior.

Keywords: Acid whey; Quark; Milk drink; Fruit prepared; Response surface

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Visualização microscópica de células de (a) <i>Streptococcus thermophilus</i> e (b) <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	33
Figura 2 – (a) Curva de desenvolvimento simbiótico das culturas lácticas durante a fermentação de leite na produção de bebida láctea fermentada. F = Fator de multiplicação do crescimento celular; (b) Decaimento da acidez do leite na acidificação de bebida láctea. P (%) = percentual de ácido lácteo.....	34
Figura 3 – Esquema ilustrativo do benefício de se adicionar o preparado de frutas após a fermentação da base láctea.....	36
Figura 4 – Diagrama de blocos da produção de bebidas lácteas fermentadas e iogurtes.....	37
Figura 5 – Processo simplificado de fabricação do queijo Quark.....	43
Figura 6 – Esquema representativo da deformação de um elemento de fluido sob aplicação de (a) tensão normal e (b) tensão de cisalhamento. F_t (Força normal à área), F_s (Força tangencial à área), L_0 (comprimento original), ΔL (deformação), h (altura).....	46
Figura 7 – Representação esquemática das classificações dos fluidos.....	53
Figura 8 – Curvas de fluxo dos diferentes fluidos (a) independentes do tempo e (b) dependentes do tempo.....	54
Figura 9 – Diagrama de blocos do preparo da bebida láctea.....	56
Figura 10 – Evolução do pH na fermentação da base láctea.....	64
Figura 11 – Evolução do pH no tempo de estocagem.....	67
Figura 12 – Evolução da acidez no tempo de estocagem.....	69
Figura 13 – Efeito linear do percentual de soro na base sobre a acidez.....	71
Figura 14 – Efeito quadrático do percentual de soro na base sobre a sinerese.....	75
Figura 15 – Representação esquemática da perda de viscosidade com o tempo de estocagem.....	78
Figura 16 - Efeito quadrático do percentual de soro na base e no preparado de frutas sobre a viscosidade (fixando a tensão de cisalhamento em 6,0Pa na curva ascendente).....	80
Figura 17 – Curva de fluxo do tratamento T5 após 14 dias de estocagem.....	81

Figura 18 – Curva de fluxo do tratamento T6 após 14 dias de estocagem.....	82
Figura 19 – Curva de fluxo do tratamento T12 após 14 dias de estocagem.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Requisitos físico-químicos de leites fermentados.....	28
Tabela 2 – Composição centesimal e lactose de soro doce e ácido.....	35
Tabela 3 – Modelo de Ostwald-de-Waele.....	50
Tabela 4 – Modelo de Bingham.....	50
Tabela 5 – Modelo de Herschel-Bulkley.....	51
Tabela 6 – Modelo de Casson.....	54
Tabela 7 – Valores codificados das variáveis independentes X1 e X2, bem como a composição de cada um dos tratamentos.....	58
Tabela 8 – Dados de pH e teor de sólidos solúveis no início e durante a fermentação da bebida láctea.....	63
Tabela 9 – Dados de pH e teor de sólidos solúveis dos preparados de frutas antes de serem adicionados na base láctea.....	63
Tabela 10 – Evolução do pH em todo planejamento experimental nos tempos 1, 7, 14 e 21 dias.....	66
Tabela 11 – Evolução da acidez em todo planejamento experimental nos tempos 1, 7, 14 e 21 dias.....	68
Tabela 12– Estimativa dos efeitos das variáveis explanatórias sobre a acidez após 14 dias de estocagem.....	69
Tabela 13 – Análise da variância (ANOVA) para a acidez após 14 dias de estocagem.....	70
Tabela 14 – Evolução do percentual de sinerese no período de 21 dias.....	72
Tabela 15 – Estimativa dos efeitos das variáveis explanatórias sobre a sinerese após 14 dias de estocagem.....	72
Tabela 16 – Análise da variância (ANOVA) para a sinerese após 14 dias de estocagem.....	73
Tabela 17 – Composição centesimal das bebidas lácteas com preparado de frutas.....	75
Tabela 18 – Contagem de bactérias lácticas após 21 dias de estocagem a 8°C.....	76
Tabela 19 – Evolução da viscosidade do produto com o tempo fixando-se a tensão de cisalhamento em 6,0Pa (curva ascendente).....	77

Tabela 20 – Estimativa dos efeitos das variáveis explanatórias sobre a viscosidade após 14 dias de estocagem.....	78
Tabela 21 – Análise da variância (ANOVA) para a viscosidade após 14 dias de estocagem.....	79
Tabela 22 – Histerese dos tratamentos extremos e ponto central.....	83

EQUAÇÕES

Equação 1 – Tensão.....	45
Equação 2 – Deformação.....	46
Equação 3 – Deformação de cisalhamento.....	46
Equação 4 – Taxa de cisalhamento.....	47
Equação 5 – Modelo de Newton (fluidos ideais).....	48
Equação 6 – Viscosidade aparente.....	48
Equação 7 – Modelo de Ostwald-de-Waele para a viscosidade.....	50
Equação 8 – Modelo de Ostwald-de-Waele para a tensão.....	50
Equação 9 – Modelo de Bingham para a viscosidade.....	50
Equação 10 – Modelo de Bingham para a tensão.....	50
Equação 11 – Modelo de Herschel-Bulkley para a viscosidade.....	51
Equação 12 – Modelo de Herschel-Bulkley para a tensão.....	51
Equação 13 – Modelo de Weltman.....	52
Equação 14 - Modelo de Casson para a viscosidade.....	54
Equação 15 – Modelo de Casson para a tensão.....	54
Equação 16 – Acidez.....	59
Equação 17 – Cinzas.....	60
Equação 18 – Modelo matemático da acidez ajustada aos resultados.....	69
Equação 19 – Modelo matemático da sinerese ajustada aos resultados.....	72
Equação 20– Modelo matemático da viscosidade ajustada aos resultados...	79

1 INTRODUÇÃO

O departamento de inovação e renovação das indústrias é considerado um departamento estratégico, pois traz diferenciação para o mercado. No entanto, não apenas de tecnologias revolucionárias são feitas as inovações. Criar novos produtos que utilizam os resíduos gerados na indústria pode ser considerado um diferencial, pois agrega valor na cadeia e reduz os impactos ambientais relacionados.

Nos laticínios o principal resíduo gerado é o soro de queijo ou soro de leite. Este nas queijarias corresponde a aproximadamente 85 a 90% do volume de leite processado. Em termos quantitativos tem-se em média 160 milhões de toneladas de soro produzidas em um ano no mundo (MAGALHÃES, *et al.*, 2010). Trata-se de um subproduto líquido resultante da produção de queijos, constituído basicamente de água (93%), lactose (4,9%), proteínas (0,8%), minerais (0,5%) e gordura (0,2%) (ORDÓÑEZ, 2005), podendo ainda ser classificado de acordo com o pH em soro doce (pH entre 6,3 e 6,6) e ácido (pH entre 4,3 e 4,6) (GIRALDO-ZUÑICA *et al.*, 2004; PELEGRINE; CARRASQUEIRA, 2008).

Este resíduo nutricionalmente valioso apresenta-se como um problema quando disposto no meio ambiente sem tratamento. Na água o soro propicia o desenvolvimento de bactérias e outros organismos que utilizam seus componentes (principalmente a lactose), aumentando a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) na ordem de 30.000 a 40.000 mg de oxigênio por litro de soro (PENNA *et al.*, 2009). Isto significa que o oxigênio disponível para animais e plantas aquáticas aeróbias reduz a níveis baixos o suficiente para ocasionar a morte em massa e, conseqüentemente, a quebra do ecossistema local. O descarte do soro diretamente no solo conduz ainda a outros sérios problemas ambientais como o comprometimento da estrutura físico-química do solo diminuindo o rendimento de colheitas e afetando o lençol freático (PONSANO; PINTO; CASTRO GOMES, 1992). Outro destino comum do soro é a alimentação animal, porém em valores limitados.

Sua composição confere-lhe propriedades nutricionais e de funcionalidade interessantes para diferentes aplicações na indústria alimentícia (SEVERO, 1995). A utilização de soro de queijo na elaboração de bebidas lácteas constitui uma forma racional de aproveitamento desse produto secundário com valor nutritivo relevante (ALMEIDA; BONASSI; ROÇA, 2001) e cujo tratamento é bastante oneroso (cerca de US\$ 0,50/kg de DBO) (DRAGONE *et al.*, 2009).

Nota-se aumento considerável na produção de bebidas lácteas elaboradas a partir de iogurte e soro de leite, entre outros ingredientes. Esse aumento é devido a uma imagem saudável do produto, valor nutritivo, sabor refrescante e, principalmente, baixo custo (LUZ, 2008).

Outra forma interessante de incorporar soro de leite nas bebidas lácteas é via preparado de frutas, um composto multi-ingredientes adicionado após a fermentação e o resfriamento da base láctea, para conferir ao produto características sensoriais de cor, sabor e consistência. O preparado de frutas que segue a Resolução nº272 de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005b) é composto na sua maioria por água, frutas, açúcar, espessantes, conservantes, ácidos, corantes e aromas, além de vitaminas e minerais.

Com base neste quadro, este trabalho objetivou-se a elaboração de uma bebida láctea fermentada com substituição parcial de água por soro lácteo na base fermentada e de água por soro lácteo no preparado de frutas. O soro empregado nas formulações foi o soro ácido proveniente da fabricação do queijo Quark. Foi avaliada a influência destas variáveis na qualidade físico-química, reológica e de composição centesimal do novo produto bem como o acompanhamento semanal das duas primeiras variáveis no período de 21 dias.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver uma bebida láctea fermentada e um preparado de frutas com diferentes proporções de soro ácido e avaliar o comportamento reológico do novo produto.

2.2 Objetivos específicos

- a) Elaborar formulações a partir de diferentes concentrações de soro ácido na base láctea e no preparado de frutas;
- b) Avaliar as características físicas, químicas e reológicas das formulações;
- c) Verificar as possíveis diferenças na composição centesimal dos produtos com níveis distintos de soro;
- d) Verificar a viabilidade das bactérias lácteas após 21 dias de estocagem;
- e) Caracterizar o comportamento reológico do produto.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Produtos lácteos fermentados

3.1.1 Breve histórico

Os leites fermentados foram introduzidos na dieta humana há muito tempo, não sendo possível afirmar precisamente a data do seu aparecimento. Acredita-se que o iogurte seja o mais antigo lácteo fermentado, já que existem registros desde 10.000 A.C. Com origem em regiões de clima quente do continente asiático, o iogurte foi descoberto acidentalmente pela fermentação espontânea do leite pela atividade de micro-organismos, principalmente bactérias lácticas, nele naturalmente presentes (FREIRE, 2012).

Nos primórdios, o povo atravessava o deserto em animais carregando os produtos e alimentos que seriam comercializados e consumidos durante a jornada. O leite, por exemplo, transportado em recipientes de pele em condições de higieneprecárias e em temperaturas elevadas favorecia o crescimento das bactérias lácticas (entre outros micro-organismos presentes) promovendo a coagulação do leite (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006; SILVA, 1985).

No século XX, a partir de estudos de Ilya Ilyich Metchnikoff, no *Institute Pasteur* (Paris - França), as pesquisas começaram a associar a produção dos leites fermentados com o metabolismo de micro-organismos lácteos (TAMIME; ROBINSON, 1991). Com maior controle do processo, como tratamento do leite, uso de recipientes higienizados e mistura de leite fermentado com leite *in natura*, deu-se o primeiro passo para os processos fermentativos lácticos (WALSTRA, WOUTERS; GEURTS, 2006), que se espalharam pelo mundo em diferentes épocas (TAMIME; ROBINSON, 2000).

A comercialização dos primeiros iogurtes deu-se entre 1920 e 1940, na França e Estados Unidos. Após a II Guerra Mundial, os leites fermentados passaram a ser produzidos em escala industrial, conquistando grande parte da população ao redor do mundo pelo seu gosto ácido e aroma diferenciado e agradável (LERAYER; SALVA, 1997). Desde então, a maioria dos iogurtes tem sido produzida em condições controladas e com culturas microbianas específicas em vários países.

Além da aceitação sensorial, diversos benefícios foram atribuídos a acidificação do leite, como maior tempo de conservação e fácil digestibilidade (TAMIME, 2006; TEIXEIRA *et al.*, 2000; TAMIME; ROBINSON, 2000) e, posteriormente, foram sendo

conhecidos seus valores nutricionais e terapêuticos para a saúde humana (FARNWORTH, 2008).

A fermentação do leite resulta em produtos com vida útil mais extensa do que o leite fresco devido à formação de componentes metabólicos como ácido láctico, ácido propiônico, diacetil que podem exercer efeito inibitório nas bactérias Gram-negativas responsáveis pela deterioração do produto (MARTINS; LUCHESE, 1988; VEDAMUTHU, 1991; VOSNIAKOS *et al.*, 1991). Além de aumentar a vida útil do leite *in natura*, o processo fermentativo em si torna o produto mais seguro e nutritivo (RAPACCI, 1999).

3.1.2 Diferenças entre os produtos lácteos fermentados

Um fato curioso relatado por Andrade *et al.* (2007) e Teixeira *et al.* (2005), em estudos realizados no mercado varejista de Belo Horizonte e do Rio de Janeiro, respectivamente, mostra que o consumidor desconhece a diferença entre bebida láctea fermentada e iogurte, sendo a embalagem o ícone para a categoria, não importando a denominação legal de cada produto. Com base nesta constatação torna-se necessário esclarecer as principais diferenças legais entre ambos.

3.1.2.1 Iogurtes e leites fermentados

De acordo com a Instrução Normativa nº46 de 2007 (BRASIL, 2007) entende-se por leites fermentados:

“Os produtos adicionados ou não de outras substâncias alimentícias, obtidas por coagulação e diminuição do pH do leite, ou reconstituído, adicionado ou não de outros produtos lácteos, por fermentação láctica mediante ação de cultivos de micro-organismos específicos. Estes micro-organismos específicos devem ser viáveis, ativos e abundantes no produto final durante seu prazo de validade.”

Esta legislação regulamenta ainda o Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) de iogurte com os mesmos conceitos citados acima acrescido da seguinte peculiaridade:

“Cuja fermentação se realiza com cultivos protossimbióticos de *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, aos quais se podem acompanhar, de forma complementar, outras bactérias ácido-láticas que, por sua atividade, contribuem para a determinação das características do produto final.”

Como ingredientes obrigatórios estão (BRASIL, 2007):

- Leite e/ou leite reconstituído padronizado em seu conteúdo de gordura;
- Cultivos de bactérias lácticas e/ou cultivos de bactérias lácticas específicas.

Dentre os ingredientes opcionais estão (BRASIL, 2007):

- Leite concentrado, creme, manteiga, gordura anidra de leite ou *butteroil*, leite em pó, caseinatos alimentícios, proteínas lácteas, outros sólidos de origem láctea, soros lácteos, concentrados de soros lácteos;
- Frutas em forma de pedaços, polpa(s), suco(s) e outros preparados à base de frutas;
- Maltodextrinas;
- Outras substâncias alimentícias tais como: mel, coco, cereais, vegetais, frutas secas, chocolate, especiarias, café, outras, sós ou combinadas;
- Açúcares e/ou glicídios (exceto poliálcoois e polissacarídeos);
- Cultivos de bactérias lácticas subsidiárias;
- Amidos ou amidos modificados em uma proporção máxima de 1% (m/m) do produto final.

Os ingredientes opcionais não-lácteos, sós ou combinados deverão estar presentes em uma proporção máxima de modo que o produto final tenha 70% (m/m) de ingredientes lácteos (BRASIL, 2007). Quanto as características sensoriais o produto poderá apresentar aspecto firme, pastoso, semisólido ou líquido, sendo o sabor e odor dependentes da inclusão adicionada ou não na base láctea fermentada.

Os leites fermentados deverão cumprir os seguintes requisitos físico-químicos (Tabela 1) (BRASIL, 2007).

Tabela 1 –Requisitos físico-químicos de leites fermentados

Matéria gorda láctea (g/100g) Norma FIL 116 A: 1987				Acidez (g de ácido lático/100g) Norma FIL 150:1991	Proteínas lácteas (g/100g)
Com creme	Integral	Parcialmente desnatado	Desnatado		
Mín. 6,0	3,0 a 5,9	0,6 a 2,9	Máx. 0,5	0,6 a 2,0	Mín. 2,9

Fonte: (BRASIL, 2007)

A contagem de bactérias lácticas totais deverá ser maior que 10^7 UFC/g nos iogurtes e em leites fermentados maior que 10^6 UFC/g seguindo a Norma FIL 117A:1988 (BRASIL, 2007).

A Instrução Normativa nº 46 de 2007 prevê ainda o PIQ para leite acidófilo ou acidofilado, kefir, kumys e coalhada, porém estas especificidades não serão abordadas neste trabalho.

3.1.2.2 Bebida láctea

De acordo com a Instrução Normativa nº 16 de 2005 (BRASIL, 2005a) entende-se por bebida láctea:

“O produtolácteo resultante da mistura do leite (*innatura*, pasteurizado, esterilizado, UHT (Ultra High Temperature), reconstituído, concentrado, em pó, integral,semi-desnatado ou parcialmente desnatado edesnatado) e soro lácteo (líquido,concentrado e em pó) adicionado ou não deproduto(s) ou substância(s) alimentícia(s),gordura vegetal, leite(s) fermentado(s),fermentos lácteos selecionados e outrosprodutos lácteos. A base láctea representapelo menos 51% (m/m) dototal de ingredientes do produto.”

São ingredientes obrigatórios em bebidas lácteas fermentadas (BRASIL, 2005a):

- Leite (*in natura*, pasteurizado, esterilizado, UHT, reconstituído, concentrado, em pó, concentrado, integral, semidesnatado ou parcialmente desnatado e desnatado);
- Soro de leite (líquido, concentrado e em pó);

- Cultivos de bactérias lácticas, cultivos de bactérias lácticas específicas e/ou leite(s) fermentado(s).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ) são ingredientes opcionais lácteos permitidos para a produção de bebida láctea: creme, sólidos de origem láctea, manteiga, gordura anidra do leite ou *butteroil*, caseinatos alimentícios, proteínas lácteas, leiteiro e outros produtos de origem láctea. Os ingredientes opcionais não lácteos (isoladamente ou em combinação) podem ser: açúcares e/ou glicídios, maltodextrina, edulcorantes nutritivos e não nutritivos, frutas em pedaços/polpa/suco e outros preparados à base de frutas, mel, cereais, vegetais, gorduras vegetais, chocolate, frutas secas, café, especiarias e outros alimentos aromatizantes naturais e inócuos e/ou sabores, amidos ou amidos modificados, gelatina ou outros ingredientes (produtos ou substâncias alimentícias).

A bebida láctea pode ser classificada de acordo com o tratamento térmico a que é submetida em pasteurizada, esterilizada, UHT ou tratada termicamente após fermentação. De acordo com a adição ou não de outro(s) produto(s) alimentício(s) ou substância(s) alimentícia(s), a bebida láctea é classificada em bebida láctea com adição ou bebida láctea sem adição. Neste último produto, a base láctea deve representar 100% (m/m) do total de ingredientes. Em relação à fermentação láctica, a bebida láctea classifica-se em fermentada ou não fermentada com adição ou sem adição de ingredientes não lácteos (BRASIL, 2005a).

Este regulamento não traz uma definição de “base láctea”, mas, por meio do conceito de bebida láctea sem adição, em que a base láctea deve representar 100% (m/m), pode-se inferir que a mesma corresponde a soma de leite e soro. No entanto, não está estabelecida uma concentração máxima de soro lácteo para ser utilizada na mistura com o leite, sendo assim, o limite para essa adição fica regulamentado pelo teor de proteínas da mistura (BRASIL, 2005a), pois como o soro lácteo apresenta menor teor proteico que o leite, este deve ser incorporado até o ponto de não diminuir a quantidade de proteínas em níveis inaceitáveis por esta legislação.

Fica estabelecido então como único parâmetro físico-químico o teor de proteínas que para bebidas lácteas fermentadas é de 1,7% para bebidas lácteas fermentadas sem adições, 1,4% para bebidas lácteas fermentadas adicionadas de leite(s)

fermentado(s) e 1,0% para bebidas lácteas fermentadas com adições ou bebida láctea fermentada com produto(s) ou substância(s) alimentícia(s) (BRASIL, 2005a).

Em termos microbiológicos as bebidas lácteas fermentadas devem assegurar a contagem total de bactérias lácticas em 10^6 UFC/g durante todo o prazo de validade. Quanto aos requisitos sensoriais a consistência pode ser líquida com diferentes graus de viscosidade, dependendo da formulação, a cor poderá ser branca ou de acordo com o corante utilizado e o odor e sabor característicos ou de acordo com os ingredientes e/ou substâncias aromatizantes empregadas (BRASIL, 2005a).

3.1.3 Bebida láctea fermentada com adições

Segundo Pflanzner et al. (2007), quando as bebidas lácteas foram lançadas no mercado, tinha-se como principal objetivo atrair consumidores das classes C e D. Com o Plano Real, o atrativo “preço” alavancou o crescimento do mercado desse produto possibilitando inclusive o consumo desses produtos pela classe E. A elaboração de bebidas com soro lácteo líquido envolve equipamentos e acessórios comuns, encontrados na maioria dos laticínios, tornando-se uma opção atrativa, a fabricação de bebidas lácteas no Brasil (SIVIERI; OLIVEIRA, 2002).

Um levantamento recente indica que bebidas lácteas fermentadas já representam 25% do mercado total de leites fermentados no Brasil (PFLANZER; CRUZ; HATANAKA, 2007). A tecnologia de fabricação dessas bebidas lácteas baseia-se na mistura de iogurte e/ou leite e soro em proporções adequadas, seguida da adição de ingredientes como aromatizantes, corantes, edulcorantes, polpa de frutas e outros, de acordo com a formulação do produtor (SIVIERI; OLIVEIRA, 2002).

3.1.3.1 Matérias-primas

3.1.3.1.1 Leite

A matéria-prima de maior importância para fabricação de bebidas lácteas fermentadas é o leite, geralmente de origem bovina. Porém, leites de uma grande variedade de espécies de mamíferos podem ser utilizados, como por exemplo, os leites de cabra, ovelha e búfala (TAMIME, 2006; TAMIME; ROBINSON, 2000).

É fundamental que o leite seja de alta qualidade para que o produto final apresente as características desejáveis e maior vida útil, sem causar danos à saúde do consumidor. Portanto, é necessário que o leite seja manipulado de forma

higiênica e contenha baixa carga microbiana. Além disto, não pode haver alteração de sua composição físico-química, e deve ser isento de antibióticos e conservadores, inibidores do desenvolvimento das culturas lácticas inoculadas. É importante também que o leite não seja congelado, de modo a evitar defeitos na textura do produto (RODAS *et al.*, 2001; NEIROTTI; OLIVEIRA, 1988).

O leite *in natura* é o produto proveniente da ordenha completa e ininterrupta de vacas sadias, devendo ser resfriado imediatamente após sua obtenção (BRASIL, 1997). Sob o ponto de vista químico, o leite é uma mistura complexa, constituída de substâncias orgânicas e inorgânicas (TAMIME; ROBINSON, 2000). Os principais componentes presentes no leite são (CHANDAN *et al.*, 2006; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006; TAMIME, 2006; SMIT, 2003; TAMIME; ROBINSON, 2000):

- **Água:** principal constituinte do leite, presente em concentrações entre 80 e 90% (m/m).
- **Lactose:** principal carboidrato presente no leite, em concentrações na faixa de 3,8 a 5,3% (m/m). Trata-se de um dissacarídeo com poder redutor, composto por glicose e galactose ligadas por ligações β 1,4. É utilizado pelas bactérias lácticas como fonte de carbono e energia.
- **Gordura:** principalmente composta por triglicerídeos, possui importante papel na textura do fermentado a ser produzido. Presente em quantidades entre 2,5 e 5,5% (m/m).
- **Proteínas:** a composição proteica é principalmente constituída pela caseína, responsável pela formação do gel devido a sua coagulação em decorrência da atividade das bactérias lácticas. O teor de caseína no leite varia entre 1,7 e 3,5% (m/m). Além da caseína, outras proteínas estão presentes no leite, como a lactoglobulina e a lactoalbumina, encontradas na fração do soro. O teor proteico total varia entre 2,3 e 4,4%.
- **Minerais (cinzas):** principalmente Ca, K, Na e fosfatos, variando o teor entre 0,5 e 0,9% (m/m).

Além destas substâncias, também são encontradas no leite, em menores quantidades, outras substâncias, como enzimas, vitaminas (A, D, E, K, C e do complexo B) e gases (LONGO, 2006; TAMIME; ROBINSON, 2000).

3.1.3.1.2 Bactérias lácticas

As principais características das culturas lácticas mais frequentemente utilizadas em bebidas lácteas são (CHANDAN *et al*, 2006; SALMINEN; WRIGHT; OUWEHAND, 2004; TAMIME; ROBINSON, 2000; BEHMER, 1999; BOUDIER, 1985):

- *Streptococcus thermophilus*: é a única espécie do gênero utilizada como inóculo para a produção de iogurte. São bactérias na forma de cocos em cadeia, Gram-positivas, anaeróbias facultativas, homofermentativas, produzindo principalmente ácido lático e, em menor quantidade, diacetil, acetaldeído, ácido fórmico e ácido pirúvico, a partir da lactose. Algumas cepas são capazes de produzir EPS (exopolissacarídeos). São microorganismos termofílicos e crescem com maior rapidez em temperaturas entre 37°C e 45°C, com ótimo em 38°C. A maior velocidade de crescimento ocorre em pH 6,8, produzindo ácido lático em pequenas quantidades (acidez 0,7 – 0,8%), gerando um coágulo fraco durante a fermentação. Esta cultura é exigente em vitaminas do complexo B e aminoácidos livres para o crescimento em elevadas taxas. A morfologia da espécie pode ser vista na Figura 1 (a).
- *Lactobacillus bulgaricus*: são bactérias na forma de bastão, Gram-positivas, homofermentativas, tendo como produto principal da fermentação o ácido lático, e, como produto secundário, o acetaldeído. Algumas cepas são produtoras de EPS. São bactérias termofílicas e crescem bem entre 40°C e 50°C, com ótimo em 43°C. Resistem a elevadas concentrações de ácido lático, suportando valores de pH mais baixos. Algumas são capazes de produzir antibióticos naturais, impedindo a proliferação de outras bactérias nocivas. A morfologia da espécie pode ser vista na Figura 1 (b).

A predominância de algumas das espécies ao final da fermentação pode acarretar defeitos no produto final. Os principais fatores que afetam a relação quantitativa entre os dois micro-organismos são o tempo e a temperatura de incubação, e a porcentagem de cada um presente no inóculo (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006). Uma curva típica do crescimento microbiano bem como a evolução do percentual de ácido láctico pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 – (a) Curva de desenvolvimento simbiótico das culturas lácticas durante a fermentação de leite na produção de bebida láctea fermentada. F = Fator de multiplicação do crescimento celular; (b) Decaimento da acidez do leite na acidificação de bebida láctea. P (%) = percentual de ácido lácteo

Fonte: <http://www.cca.ufscar.br/espacobiotech/temas2.htm>

3.1.3.1.3 Soro de leite

De acordo com a Instrução Normativa nº 16 de 2005 (BRASIL, 2005a) entende-se por soro de leite:

“O líquido residual obtido a partir da coagulação do leite destinado à fabricação de queijos ou de caseína.”

O soro de queijo é um líquido opaco, amarelo-esverdeado e que contém aproximadamente 55% dos sólidos existentes no leite integral original representado em torno de 85 a 90% do volume de leite utilizado na fabricação de queijo (ANDRADE; MARTINS, 2002).

É chamado de soro doce quando o pH varia entre 6,3 e 6,6 e, caso a coagulação seja feita pela ação de ácido, o resíduo é chamado de soro ácido (pH entre 4,3 e 4,6) (GIRALDO-ZUÑICA *et al.*, 2004; PELEGRINE; CARRASQUEIRA, 2008). Na

tabela abaixo (Tabela 2) encontra-se a composição nutricional média do soro doce e ácido.

Tabela 2– Composição centesimal e lactose de soro doce e ácido

Componente (%)	Soro Doce	Soro Ácido
Proteína	0,8	0,7
Lactose	4,9	4,4
Minerais	0,5	0,8
Gordura	0,2	0,04
Água	93	93,5

Fonte: Ordóñez (2005)

Atualmente, este é reconhecido como um dos mais versáteis co-produtos da indústria de alimentos e uma fonte útil de proteínas de alta qualidade nutricional e funcional (MARSHALL, 2004; GLOBALFOOD, 2006; MARRETT, 2009).

3.1.3.1.4 Preparado de frutas

De acordo com a Resolução RDC nº 272 de 2005 (BRASIL, 2005b) entende-se por produto de frutas:

“Os produtos elaborados a partir de fruta(s), inteira(s) ou em parte(s) e/ou semente(s), obtidos por secagem e/ou desidratação e/ou laminação e/ou cocção e/ou fermentação e/ou concentração e/ou congelamento e/ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos. Podem ser apresentados com ou sem líquido de cobertura e adicionados de açúcar, sal, tempero, especiaria e ou outro ingrediente desde que não descaracterize o produto. Podem ser recobertos.”

Os produtos de frutas ou preparados de frutas, como são mais conhecidas as misturas aplicadas em iogurtes, são responsáveis por saborizar a base láctea fermentada conferindo-lhe cor, sabor, dulçor e especificidades no produto final.

Em laticínios de larga escala torna-se inviável adicionar polpa de frutas, corantes, aromatizantes e demais aditivos antes da fermentação, pois estes ingredientes não teriam funcionalidade no início do processo além de restringirem a capacidade de

produção devido a escolha do sabor ser antes da etapa mais onerosa em tempo (fermentação). Adicionando o preparado de frutas com todas as suas particularidades após o resfriamento da base láctea fermentada é possível com um mesmo *batch* de base láctea fermentada produzir produtos de sabores diferentes. A Figura 3 ilustra esta explicação.

Figura 3 – Esquema ilustrativo do benefício de se adicionar o preparado de frutas após a fermentação da base láctea

O preparado de frutas é composto na sua maioria por água, frutas e açúcar, além dos ingredientes/aditivos desejáveis para cada produto. A Resolução RDC nº8 de 2013 (BRASIL, 2013) regulamenta o uso dos aditivos em preparações de frutas, assim como a Resolução RDC nº45 de 2010 (BRASIL, 2010) dispõe sobre os aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF).

Não existe um padrão físico-químico, sensorial ou de processamento para estes preparados a base de frutas, portanto, fica a critério de cada fabricante definir o tratamento térmico a ser empregado, a atividade de água, o pH e os demais parâmetros físico-químicos, bem como o prazo de validade e as condições de estocagem de cada produto. Em termos microbiológicos os preparados de frutas devem seguir o preconizado na Resolução RDC nº12 de 2001 (BRASIL, 2001).

3.1.3.2 Fluxograma de produção

3.1.3.2.1 Bebida láctea

Basicamente a fabricação de bebidas lácteas fermentadas se assemelha muito com a de iogurtes e compreende seis fases basicamente (Figura 4): padronização de sólidos e gordura no leite, dissolução e filtração, tratamento térmico e homogeneização, fermentação, resfriamento e mistura e envase e armazenamento (ORDÓÑEZ, 2007).

Figura 4 – Diagrama de blocos da produção de bebidas lácteas fermentadas e iogurtes

3.1.3.2.1.1 Padronização de sólidos e gordura no leite

O enriquecimento ou fortificação do leite implica incremento da concentração de sólidos para obter as propriedades reológicas desejadas na bebida e/ou uma normalização (ajustar o leite a determinada composição). O objetivo principal é aumentar a porcentagem de sólidos lácteos não-gordurosos e, mais concretamente, a porcentagem de proteína, a fim de potencializar a viscosidade do produto acabado (ORDÓÑEZ, 2007).

Quanto à porcentagem de gordura, podem-se elaborar desde bebidas lácteas desnatadas (inferior a 0,5%) até as enriquecidas em gordura (estilo grego com

aproximadamente 10% de gordura). Embora a gordura não afete a consistência do coágulo, admite-se que a textura dos produtos com gordura é melhor (ORDÓÑEZ, 2007).

A forma mais comum de concentração é adicionar leite em pó desnatado, porém a utilização de leites condensados é uma opção também viável dependendo da disponibilidade e custo durante o ano. Com o leite em pó a dissolução é feita a cerca de 40°C e com ajuda de agitador, para facilitar a homogeneização. Com cada produto obtém-se uma fortificação diferente em termos de gordura, lactose e proteína (ORDÓÑEZ, 2007).

3.1.3.2.1.2 Dissolução e filtração

A dissolução consiste em misturar os ingredientes em pó após a padronização do leite. Açúcar, extrato de levedura, soro, espessantes, vitaminas e aromas podem ser acrescentados nesta etapa, apesar de ser mais comum a adição dos ingredientes que conferem sabor e especificidade ao produto no final do processo via preparado de frutas.

A filtração é recomendada para eliminar as possíveis partículas não-dissolvidas dos sólidos lácteos e os grumos procedentes do leite de base. Isso pode ser feito de diversas formas: passando o leite através de filtros cônicos ajustados no interior dos condutores, com centrífugas clareadoras ou com filtros de nylon ou de aço inoxidável. O motivo de eliminar essas partículas é evitar obstruções e danos no orifício do homogeneizador e depósito nos trocadores de calor (ORDÓÑEZ, 2007).

3.1.3.2.1.3 Tratamento térmico e homogeneização

O tratamento térmico pode variar de 75°C durante 15 segundos (pasteurização convencional) até um tratamento UHT a 133°C durante 1 segundo. Contudo, parece que as condições ótimas são de 80 a 85°C durante 30 minutos em sistemas descontínuos e de 90 a 95°C durante aproximadamente 5 minutos em sistemas de fluxo contínuo. Quando se trabalha em sistemas descontínuos para elaboração do iogurte, todas as operações podem ser feitas em uma única cuba ou tanque multifuncional. Esses tanques possuem parede dupla para circulação do agente calefator e refrigerante, normalmente água (ORDÓÑEZ, 2007).

Para homogeneizar o leite, deve-se passá-lo através de um pequeno orifício com pressão elevada no homogeneizador, o que reduz o tamanho dos glóbulos de gordura e impede sua coalescência e a formação da linha de nata (ORDÓÑEZ, 2007). A temperatura ótima de homogeneização está em torno de 70°C, ou seja, em sistemas contínuos, com trocador de calor a placas, a homogeneização ocorre após a primeira seção de placas (conjunto denominado de regeneração, pois o leite refrigerado troca calor com o produto que sai da espera) e quando em sistemas descontínuos normalmente se aquece o leite até 70°C (em cuba ou trocador de calor a placas), se homogeneiza e se procede com o tratamento térmico.

3.1.3.2.1.4 Fermentação

Antes de ser acrescentado o cultivo iniciador, o leite deve ser resfriado até uma temperatura diferente para cada leite fermentado. Essa temperatura é a mesma que da incubação, e depende, fundamentalmente, das características do cultivo iniciador. Em processos fermentativos com *S. thermophilus* e *L. bulgaricus*, costuma-se incubar a 42°C, temperatura ótima das duas espécies responsáveis pela fermentação. A essa temperatura, completa-se a fermentação em cerca de 4 horas. É evidente que se a temperatura de incubação for menor, o tempo necessário para completar a fermentação e obter iogurte se prolonga (ORDÓÑEZ, 2007).

O iniciador pode ser adicionado em pó, congelado, concentrado ou em forma de suspensão líquida. Nas bebidas lácteas fermentadas, o cultivo iniciador adicionado não deve apenas fornecer uma quantidade abundante de micro-organismos viáveis, mas deve proporcionar também uma população em equilíbrio com o mesmo número de indivíduos das espécies que intervêm na fermentação (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) (ORDÓÑEZ, 2007).

A acidificação do leite durante a fabricação da bebida láctea é um processo biológico que deve ser controlado ao máximo, mantendo-se as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e o emprego de condições de incubação definidas.

3.1.3.2.1.5 Resfriamento e mistura

Sua finalidade é interromper a atividade do iniciador e suas enzimas para evitar que a fermentação prossiga. Recomenda-se que a temperatura final do produto não

exceda 5°C, desse modo, tem-se a coexistência de pH baixo e temperatura de refrigeração, que atuam em sinergia para manter a bebida láctea fermentada em um estado apropriado para o consumo, por no mínimo, 15 ou 20 dias. Já se comentou que o resfriamento do produto acondicionado pode ser feito em equipamentos multifuncionais ou expressamente em câmaras frias. Ao que parece, o resfriamento não apresenta grandes problemas, mas diversos estudos mostraram que o resfriamento muito rápido pode afetar a estrutura do coágulo, levando à separação do soro devido à intensa retração das proteínas do coágulo, o que, por sua vez, afeta a capacidade de retenção de água destas (ORDÓÑEZ, 2007).

3.1.3.2.1.6 Envase e armazenamento

No caso de bebida láctea fermentada batida, a fermentação é feita em um tanque com posterior embalagem, no qual é envasado depois de resfriado e mantido sob refrigeração por um período superior a 24 horas antes de ser comercializado. A embalagem deve seguir alguns critérios como: ser impermeável aos sabores, corantes, odores do ambiente, oxigênio e contaminações externas; resistir à acidez do iogurte, à umidade, golpes mecânicos a que o produto é sujeito durante o transporte e estocagem e não permitir exposição do produto à luz. Uma boa opção para produção em pequena escala são as embalagens termoformadas de poliestireno que apresentam também facilidade para o fechamento térmico (ORDÓÑEZ, 2007).

A temperatura de armazenamento deve ser de 2°C a 5°C para conservar e melhorar a consistência do produto, o qual deve ser consumido à temperatura de até 10°C (ORDÓÑEZ, 2007).

3.1.3.2.2 Preparado de frutas

Os preparados de frutas são produzidos de forma simples, pois envolve basicamente três etapas, a mistura/dissolução, o tratamento térmico e o envase.

Na dissolução todos os ingredientes são adicionados iniciando com a água, açúcar, frutas e finalmente os aditivos. É frequente o pré-aquecimento da mistura antes do tratamento térmico para que os espessantes estejam bem dispersos e que processo de geleificação se inicie.

O tratamento térmico é variável de acordo com o equipamento a ser utilizado e o risco microbiológico associado aos ingredientes. O envase é feito em embalagens plásticas do tipo balde, tambores ou containers.

3.2 Efluentes de laticínios

A água é utilizada em todas as etapas da indústria de laticínios, como na limpeza, no resfriamento, no aquecimento, na higienização e até mesmo na lavagem do piso. Em geral, os resíduos da indústria de processamento do leite contêm elevadas concentrações de material orgânico, como proteínas, carboidratos, lipídeos e sólidos em suspensão, resultando em elevados valores de DBO e DQO (Demanda Química de Oxigênio). Os laticínios são também caracterizados por grandes flutuações nas vazões emitidas de efluentes, o que ocorre em função da descontinuidade nos ciclos de produção de diferentes produtos (SARAIVA, 2008).

Diariamente, milhares de metros cúbicos de efluentes são gerados pelas indústrias de laticínios. A natureza desses efluentes provenientes consiste, basicamente, de quantidades variáveis de leite diluído, materiais sólidos flutuantes, finos de queijo, gorduras, produtos de limpeza (detergentes, desinfetantes e sanitizantes) e esgoto doméstico. Estes efluentes, devido a sua característica orgânica, quando atingem os corpos de água em situações limite provocam grande mortandade de peixes. Por apresentar grande impacto ambiental ao lançar seus efluentes e resíduos sem tratamento prévio ao meio ambiente, e em função da relevância deste setor industrial, percebe-se, a necessidade de se dar destino adequado aos efluentes oriundos desta atividade (SARAIVA, 2008).

Segundo Vourchet al. (2008), a cada litro de leite processado são gerados de 0,2 a 10L de efluentes. Com a elevada concentração de matéria orgânica, esses efluentes podem criar sérios problemas nos sistemas de tratamento de esgotos.

3.2.1 Problemática do soro

Encontrar alternativas para reutilizar os resíduos agroindustriais gerados no processo industrial é um dos objetivos mais importantes em todo o mundo. O soro de leite, neste contexto, possui posição de destaque pelo seu elevado volume de geração, por sua capacidade poluente e por suas características nutricionais atrativas (SILVA; HERNAN-GOMES, 2000).

A produção de soro de leite aumentou consideravelmente nas últimas décadas, reflexo do aumento na produção de queijo (DERMIKI *et al.*, 2008), sendo o volume anual no mundo estimado em 160 milhões de toneladas (MAGALHÃES *et al.*, 2010). No Brasil, o soro resultante da indústria queijeira é, na maioria das vezes, tratado como efluente ou utilizado como ração animal (ANTUNES, 2003).

O soro de leite como resíduo líquido industrial possui DBO entre 30.000 e 40.000mg de oxigênio por litro (PENNA *et al.*, 2009) e, em média, cada tonelada de soro não tratado despejado por dia equivale à poluição diária de cerca de 470 pessoas (ANDRADE; MARTINS, 2002). É um resíduo de alto valor biológico e baixo valor comercial, que causa grande impacto ambiental quando descartado sem o devido tratamento. Dessa forma, o reaproveitamento do soro líquido, além de contribuir para a melhoria do meio ambiente, pode proporcionar ganhos às indústrias (MATOS, 2009).

O componente mais valorizado do soro pelas indústrias de alimentos é a proteína, devido suas propriedades funcionais dentre elas a solubilidade, ligação e absorção de água, viscosidade, geleificação, elasticidade, emulsificação e formação de espuma (ABREU, 1999).

As propriedades funcionais dos produtos de soro são de grande importância para os fabricantes de produtos lácteos fermentados, pois possuem características probióticas e nutracêuticas (THAMER; PENNA, 2006).

Muitos estudos importantes avaliam as formas de utilizar o soro lácteo para a produção de concentrados proteicos de soro, soro em pó, ácido láctico, pasta de soro, lactose, dentre outros; entretanto, estes produtos não são uma opção economicamente viável para laticínios de menor porte (MEENA *et al.*, 2012).

A utilização do soro lácteo como matéria-prima em novos produtos vem sendo estudada como alternativa racional de aproveitamento de um resíduo, seja como simples substituto parcial do leite em bebidas lácteas, como ingrediente de funcionalidade reológica e/ou nutricional para alimentação humana (CASTRO *et al.*, 2009; CHIAPPINI; FRANCO; OLIVEIRA, 1995).

Para os laticínios, a utilização do soro líquido em bebidas lácteas, fermentadas ou não, é uma das mais atrativas opções de uso, devido a simplicidade do processo, utilização de equipamentos já existentes na planta e as excelentes propriedades funcionais das proteínas (GANDHI; PATEL, 1994). Além destes benefícios, as

bebidas lácteas no geral atuam no fornecimento de energia e água para a digestão, regulam a temperatura corporal, previnem a desidratação. (MEENA *et al.*, 2012).

3.2.2 Soro ácido

O soro ácido pode ser obtido basicamente de duas formas: pela acidificação do soro doce, sendo o precipitado o queijo ricota, ou pela fermentação prolongada da massa de queijos cremosos. Estes, por exemplo, o Cream-Cheese, Petit-Suisse, Quark e Cottage, são queijos de massa mole, obtidos por fermentação ou acidificação direta com ácido láctico (HARBUTT; DENNY, 1999). Após a formação do coágulo a massa é centrifugada e o líquido remanescente é o soro ácido. A Figura 5 ilustra o processo de obtenção do resíduo da massa de queijo Quark.

Figura 5 – Processo simplificado de fabricação do queijo Quark

O soro de leite ácido é um líquido de cor amarelo-esverdeada (CALDEIRA *et al.*, 2010) com gosto ácido acentuado e de difícil reutilização por deixar resíduo salgado nos produtos, tornando-se menos aceito pelos consumidores (MIZUBUTI, 1994; VIEIRA, 2006).

A produção da bebida láctea com a incorporação do soro doce de queijo está ganhando espaço no mercado e se mostra como opção atrativa para utilização na alimentação humana devido à simplicidade do processo e das excelentes propriedades funcionais de suas proteínas (SMITH, 2003; SILVA, BOLINI, 2006; CUNHA *et al.*, 2009; BALDISSERA *et al.*, 2012). Porém, até o momento, há poucos relatos da incorporação do soro ácido na elaboração de bebidas lácteas fermentadas sem a necessidade de correção da acidez (SILVA, BOLINI, 2006; RÉVILLION *et al.*, 2000).

3.3 Reologia

3.3.1 Definições e propriedades reológicas

A reologia é definida como a ciência que estuda as propriedades mecânicas da matéria, como a deformação e o escoamento (ou fluxo), quando esta é submetida a forças externas denominadas tensão ou deformação (SCHRAMM, 2006; TONELI, MURR e PARK, 2005). O termo foi usado pela primeira vez por E. Bingham e tem origem grega, cujo prefixo *Rheo* significa fluxo e o sufixo *logos* significa estudo (STEFFE, 1996).

Todos os materiais, independente de seu estado físico, se enquadram neste contexto e possuem propriedades reológicas (SCHRAMM, 2006). A caracterização reológica de um material é uma das mais importantes propriedades dinâmicas, pois permite a obtenção de importantes informações sobre seu escoamento e deformação em distintas condições e nas diversas etapas do processo, como produção, transporte, armazenamento e utilização (FISCHER; WINDHAB, 2011; GARRIGA, 2002). Na presente revisão serão relevantes apenas referências para reologia de líquidos.

Desta forma, a reologia consiste basicamente no estudo das forças e as deformações ou escoamento causados por estas, sendo necessário também incluir o fator tempo e, em alguns casos, o fator temperatura (TABILO-MINIZAGA; BARBOSA-CANOVAS, 2005; BLAIR, 1958).

Diversos campos de estudo e industriais utilizam a reologia como ferramenta para monitorar a qualidade de seus processos e produtos, dentre os quais, a Ciência dos Alimentos, que foi alvo de grande interesse na década de 1990 (GALLEGOS; FRANCO, 1999). Segundo Zhong e Daubert (2007) e Steffe (1996), conhecimentos

da reologia dos materiais são necessários na engenharia de alimentos, nas etapas de projetos e cálculos de processos (como cálculos de bombas, agitadores, trocadores de calor, etc.). Porém, além dos processos, a reologia pode ser utilizada como ferramenta de controle de qualidade, controle de tempo de prateleira e controle de temperatura de armazenamento (STEFFE, 1996; BLAIR 1958).

A textura dos alimentos é resultado de estruturas químicas e/ou físicas formadas, com influências biológicas ou não, pelos seus componentes individuais durante o processamento ou armazenamento (ZHONG; DAUBERT, 2007). Tais estruturas são percebidas pelos consumidores durante o consumo e até mesmo em seu metabolismo (FISCHER; WINDHAB, 2011), o que estreita a relação entre a reologia e a aceitabilidade dos alimentos (STEFFE, 1996, BLAIR, 1958).

Segundo Fischer e Windhab (2011), a reologia de alimentos pode ser dividida em categorias. A primeira delas é a tecnologia de alimentos, intimamente ligada ao desenvolvimento de novos produtos, que envolve propriedades sensoriais, de estabilidade, visuais e nutricionais. A outra categoria, em concordância com Steffe (1996), envolve os processos de engenharia de alimentos.

Os estudos reológicos correlacionam a tensão e a deformação, e são capazes de descrever propriedades do material em questão baseados em parâmetros derivados destas relações (ZHONG; DAUBERT, 2007). Segue abaixo algumas das importantes definições da reologia.

Tensão(τ): Força que atua perpendicularmente (tensão normal) ou tangencialmente (tensão cisalhante ou de cisalhamento) em uma determinada área de um elemento de fluido. Possui unidade de pressão ($N/m^2 = Pa$).

A tensão é representada matematicamente pela Equação 1:

$$\tau = \frac{\text{Força}}{\text{Área}} = \frac{\text{Newton}}{m^2} = \text{Pascal} \quad (\text{Equação 1})$$

Deformação(γ): Alteração da estrutura do material devido à aplicação de uma tensão externa. Caso seja aplicada uma tensão de cisalhamento, a deformação é chamada igualmente de cisalhamento. A deformação é uma grandeza adimensional.

A Figura 6 apresenta um esquema para a representação da deformação de elemento de fluido.

Figura 6 – Esquema representativo da deformação de um elemento de fluido sob aplicação de (a) tensão normal e (b) tensão de cisalhamento. F_t (Força normal à área), F_s (Força tangencial à área), L_0 (comprimento original), ΔL (deformação), h (altura)

Fonte: (ZHONG; DAUBERT, 2007)

Definem-se então a deformação e a deformação de cisalhamento como (Equações 2 e 3, respectivamente):

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \text{ (Equação 2)}$$

$$\gamma = \frac{\Delta L}{h} \text{ (Equação 3)}$$

Viscosidade: dentre os parâmetros reológicos utilizados para fluidos, a viscosidade é um dos mais importantes. É a propriedade do fluido de resistir ao escoamento (SHARMA *et al.*, 2000). Além de ser um controle de qualidade para o fluido, pode fornecer importantes informações sobre possíveis variações estruturais durante a aplicação de uma tensão.

Modelos matemáticos que incluem a viscosidade serão vistos adiante.

3.3.2 Escoamento de fluidos

Fluidos são materiais que, quando submetidos a uma tensão contínua, deformam-se continuamente. Dessa forma, a deformação é vista como uma taxa,

que leva em consideração o tempo de deformação. A taxa de cisalhamento pode ser representada pela Equação 4:

$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{d\frac{\Delta L}{h}}{dt} = \frac{\frac{d\Delta L}{dt}}{dh} = \frac{dV}{dh} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde V é a velocidade do escoamento do fluido e $\dot{\gamma}$ é a taxa de cisalhamento em s^{-1} .

3.3.3 Modelos reológicos

Os fluidos são classificados em grupos e subgrupos segundo as características de seu escoamento. Em geral, cada tipo de classificação possui modelagem matemática específica para representação do fenômeno em ocorrência.

Diversos modelos reológicos são propostos para descrever o comportamento de materiais durante seu escoamento frente à perturbação por uma tensão. Além disso, são muito úteis por unir propriedades reológicas dos fluidos e suas variações em função de algum parâmetro em uma única equação matemática. Isso é muito importante no momento de projetar unidades de produção de alimentos, a fim de garantir a qualidade do processo e produto final. Esses modelos podem ser ou não função da temperatura e do tempo.

As correlações entre a tensão e a taxa de cisalhamento e entre a viscosidade e a taxa de cisalhamento são representadas por gráficos cartesianos denominados, Curvas de Fluxo (ou Reogramas) e Curvas de Viscosidade, respectivamente (SCHRAMM, 2006).

3.3.3.1 Fluidos Newtonianos

Newton foi o primeiro a descrever o comportamento de um fluido durante o escoamento, utilizando o modelo de escoamento entre placas paralelas. O fluido newtoniano é chamado de fluido ideal e sua taxa de deformação (taxa de cisalhamento) é proporcional à tensão de cisalhamento de maneira estritamente linear, cuja constante de proporcionalidade é chamada de viscosidade newtoniana (μ) e independe da taxa de cisalhamento a qual o material é submetido (SCHRAMM,

2006), e com interseção passando pela origem dos eixos cartesianos (STEFFE, 1996).

Dessa forma, para uma mesma pressão e temperatura a viscosidade do fluido permanecerá constante, independente da tensão e tempo de cisalhamento. A Equação 5 representa o modelo de Newton para o escoamento de fluidos ideais.

$$\tau = \mu \times \dot{\gamma} \text{ (Equação 5)}$$

A viscosidade newtoniana também é chamada de viscosidade dinâmica e tem unidade Pa.s. τ é a tensão de cisalhamento e $\dot{\gamma}$ a taxa de cisalhamento, como já visto acima.

Fluidos ideais são chamados de viscosos e escoam irreversivelmente, ou seja, a energia de deformação é dissipada na forma de calor, não podendo ser recuperada após o alívio da tensão (ZHONG; DAUBERT, 2007; TONELI, MURR; PARK, 2005). São exemplos de fluidos newtonianos a água, o álcool, o benzeno, ou seja, todos os líquidos com forma química simples (ESTV, 2014).

3.3.3.2 Fluidos Não-newtonianos

Segundo Toneli, Murr e Park (2005), não existem fluidos perfeitamente ideais, há apenas aqueles que se aproximam do comportamento newtoniano. Todos os demais fluidos com comportamento distinto ao modelo proposto por Newton são chamados de fluidos não-newtonianos, ou seja, não possuem relação linear entre tensão e taxa de cisalhamento.

Para distinguir os fluidos não-newtonianos dos newtonianos, utiliza-se o termo viscosidade aparente (η) para expressar a relação:

$$\tau = \eta \times \dot{\gamma} \text{ (Equação 6)}$$

Onde $\eta = f(\dot{\gamma})$

Outra característica que pode estar presente em fluidos não-newtonianos é a chamada tensão limite de escoamento ou tensão residual (τ_0), que é a medida da menor tensão que deve ser aplicada ao fluido para que este comece a escoar (PATIL, 2006; STEFFE, 1996). Para valores de tensão menores que este limite, o fluido se comporta como um sólido. Este é um parâmetro de importância para alimentos líquidos (como o iogurte, por exemplo) e diversos modelos reológicos que serão vistos adiante o levam em consideração.

Os fluidos não-newtonianos podem ser classificados em três grupos distintos com seus respectivos subgrupos. Abaixo seguem as classificações e os principais modelos matemáticos que descrevem seu comportamento reológico (DAVIES, 2010; OLIVEIRA; SOUZA; MONTEIRO, 2008; ZHONG; DAUBERT, 2007; SCHRAMM, 2006; MULLINEUX; SIMMONS, 2006; PATIL, 2006; TONELI; MURR; PARK, 2005; HAMINIUK, 2005; LEAL, 2005; GARRIGA, 2002; STEFFE, 1996):

- Fluidos com propriedades independentes do tempo (puramente viscosos): pertencem a este grupo, os fluidos que apresentam viscosidade dependente apenas da tensão de cisalhamento aplicada, sob condições de temperatura e composição constantes. Estes fluidos podem ser:
 - Pseudoplásticos: são fluidos que apresentam diminuição na viscosidade aparente em função da tensão de cisalhamento. Quando em repouso, suas moléculas estão em estado desordenado, porém, ao iniciar o fluxo, estas sofrem orientação na direção da força aplicada, diminuindo a resistência ao escoamento.

Estes fluidos não necessitam de tensão mínima para escoar e também apresentam relação não linear entre a tensão e a taxa de cisalhamento. Neste grupo encontra-se a maioria dos fluidos de comportamento não-newtoniano, dentre eles: sucos de frutas concentrados, pasta de amido, melão e proteínas.

O escoamento deste tipo de fluido pode ser descrito pelo Modelo de Ostwald-de-Waele ou Lei da Potência (Equações 7 e 8), como visto na Tabela 3.

Tabela 3 – Modelo de Ostwald-de-Waele

Equações	Parâmetros
$\eta = K \dot{\gamma}^{n-1}$ (Equação 7)	η = viscosidade (Pa.s) K = índice de consistência (Pa.s ⁿ) $n < 1$ = índice de comportamento (adimensional)
$\tau = K \dot{\gamma}^n$ (Equação 8)	τ = tensão de cisalhamento (Pa) $\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s ⁻¹)

- Bingham ou Viscopoplásticos: se caracterizam por apresentar uma relação linear entre tensão e taxa de cisalhamento, assim como os fluidos newtonianos. Porém, apresenta também uma tensão limite de escoamento (τ_0) necessária para iniciar o fluxo. A linearidade do modelo é descrita pela viscosidade plástica (η_p).

Os modelos de Bingham para a viscosidade e para a tensão em função da taxa de cisalhamento são dados pelas Equações 9 e 10, conforme observado na Tabela 4.

Tabela 4 – Modelo de Bingham

Equações	Parâmetros
$\eta = \eta_p + \frac{\tau_0}{\dot{\gamma}}$ (Equação 9)	η = viscosidade aparente (Pa.s) τ = tensão de cisalhamento (Pa)
$\tau = \tau_0 + \eta_p \dot{\gamma}$ (Equação 10)	η_p = viscosidade plástica τ_0 = limite de escoamento $\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s ⁻¹)

Se $\tau < \tau_0$, considera-se não haver escoamento e $\dot{\gamma} = \frac{dv}{dy} = 0$

- Herschel-Bulkley: esta classificação é similar a de Bingham. O fluido também necessita de uma tensão limite para começar a escoar, entretanto, a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação não é linear, e sim, exponencial. O objetivo é

explicar o comportamento de suspensões com alta concentração de particulados.

O modelo de Herschel-Bulkley é uma forma modificada do modelo de Ostwald-de-Waele, que leva em consideração a tensão limite de escoamento (τ_0) e é dado pelas Equações 11 e 12, apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Modelo de Herschel-Bulkley

Equações	Parâmetros
$\eta = \frac{\tau_0}{\dot{\gamma}} + K \dot{\gamma}^{n-1}$ (Equação 11)	η = viscosidade (Pa.s) τ = tensão de cisalhamento (Pa) τ_0 = limite de escoamento n = índice de comportamento (adimensional)
$\tau = \tau_0 + K \dot{\gamma}^n$ (Equação 12)	K = índice de consistência (Pa.s ⁿ) $\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s ⁻¹)

- Dilatantes: caracterizam-se pelo aumento da viscosidade aparente em função do aumento da tensão de cisalhamento. Esse tipo de fluxo é observado em líquidos que contém alta proporção de partículas em suspensão, pois na medida em que se aumenta a tensão de cisalhamento, ocorre o contato direto de partículas sólidas, promovendo maior resistência ao escoamento.

Assim como os pseudoplásticos, não necessitam de tensão mínima para escoar e apresentam relação não-linear entre a tensão e a taxa de cisalhamento. Alguns tipos de mel e suspensões de amido se enquadram nessa classificação.

Este fenômeno pode ser descrito pelo modelo de Ostwald-de-Waele ou Lei da Potência (Equações 7 e 8), com o valores do índice de comportamento (n) > 1 (Tabela 3).

- Fluidos com propriedades dependentes do tempo: são aqueles que apresentam viscosidade aparente como função do tempo de aplicação da taxa de cisalhamento. Para fluidos com comportamento reológico dependente do tempo é possível a observação do chamado fenômeno da histerese. Este implica que a viscosidade dos sistemas sujeitos a uma

força por um tempo t não é a mesma quando medida no mesmo tempo t depois de interrompida a perturbação. Dessa forma, ao elevar a tensão de cisalhamento, obtém-se uma curva de viscosidade e, em seguida, ao reduzir a tensão, obtém-se outra curva distinta, pois a viscosidade aparente depende do tempo de cisalhamento. Esta diferença recebe o nome de histerese e pode ser observada na Figura 8 (b).

Para representação do escoamento de fluidos dependentes do tempo, pode-se utilizar o modelo de Weltman, dado pela Equação 13.

$$\tau = A - B \times \log(t) \quad (\text{Equação 13})$$

Onde:

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

A = parâmetro reológico semelhante a τ_0

B = parâmetro reológico que mede a taxa de quebra da estrutura

t = tempo

Estes fluidos podem ser:

- Tixotrópicos: são fluidos cuja viscosidade aparente diminui em função do tempo de aplicação de uma tensão de cisalhamento constante, podendo recuperar sua estrutura inicial após a remoção da força aplicada. Geralmente estes fluidos contêm pequenas partículas, como cristais, micelas ou polímeros que se separam devido ao cisalhamento imposto, tornando-se mais susceptíveis ao escoamento. Vale observar que todo fluido tixotrópico é pseudoplástico, porém, a recíproca não é verdadeira. Exemplos de fluidos com comportamento tixotrópico são catchup, soluções protéicas, iogurte, etc.
- Reopéticos: diferentemente dos fluidos tixotrópicos, apresentam aumento da viscosidade aparente em função do tempo de aplicação de uma taxa de cisalhamento constante. Após cessar a

perturbação, sua viscosidade aparente retorna ao valor inicial. Uma das explicações é que o cisalhamento aumenta o número de colisões entre partículas dos fluidos, que pode levar ao aumento de agregados e consequentemente ao aumento da viscosidade aparente. Este tipo de comportamento não é comum em alimentos, mas pode ocorrer em soluções de amido altamente concentradas. Todo fluido reopético é dilatante, porém nem todo fluido dilatante é reopético.

- Fluidos com propriedades viscoelásticas: são fluidos que apresentam propriedades intermediárias entre um fluido viscoso ideal e um sólido elástico ideal. Esta característica pode gerar problemas no processamento de alimentos, no entanto, em geral, o comportamento elástico pode ser desprezado nos alimentos fluidos (TONELI; MURR; PARK, 2005).

Estas classificações e subclassificações podem ser vistas resumidamente na Figura 7 e as características reológicas de cada classificação são observadas na Figura 8.

Figura 7 – Representação esquemática das classificações dos fluidos

Fonte: (LEAL, 2005)

Figura 8 – Curvas de fluxo dos diferentes fluidos (a) independentes do tempo e (b) dependentes do tempo

Fontes: Adaptado de TONELI; MURR; PARK, 2005; SHARMA *et al.*, 2000.

Além dos modelos acima vistos, há também o modelo de Casson, baseado nas equações empíricas abaixo (Equações 14 e 15), dispostas na Tabela 6, que também pode ser utilizado para descrever fluidos pseudoplásticos.

Tabela 6 – Modelo de Casson

Equações	Parâmetros
$\eta = \sqrt[n]{\left(\frac{\tau_0}{\dot{\gamma}}\right)^n} + (\eta_p)^n \quad \text{(Equação 14)}$	η = viscosidade (Pa.s) τ = tensão de cisalhamento (Pa) τ_0 = limite de escoamento n = índice de comportamento (adimensional)
$\tau^{0,5} = \tau_0^{0,5} + K \left(\dot{\gamma}\right)^{0,5} \quad \text{(Equação 15)}$	K = índice de consistência (Pa.s ⁿ) $\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s ⁻¹) η_p = viscosidade plástica

Modelos como o de Ostwald de Waele, Hershel-Bulkley e Casson, apesar de não levar em consideração a dependência com o tempo, tem sido amplamente utilizados para solucionar problemas de engenharia na indústria de alimentos, sendo bem aplicados para descrever o comportamento reológico destes fluidos, como o iogurte (OLIVEIRA; SOUZA; MONTEIRO, 2008; MULLINEUX; SIMMONS, 2007; TONELI; MURR; PARK, 2005; STEFFE, 1996).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matérias-primas

Para o preparo da base láctea foram utilizadas as seguintes matérias-primas:

- Leite integral pré-condensado;
- Leite desnatado pré-condensado;
- Água potável;
- Soro ácido retirado da centrifugação de queijo Quark;
- Açúcar cristal (Usina São João);
- Bactérias lácteas (Danisco Yomix 495 liofilizada com 250DCU).

No preparado de frutas os ingredientes e os aditivos utilizados foram:

- Soro ácido retirado da centrifugação de queijo Quark;
- Açúcar cristal (Usina São João);
- Água potável;
- Polpa de morango concentrada (De Marchi);
- Sorbato de potássio (Sweetmix);
- Ácido cítrico (Cargill);
- Aroma de morango (IFF);
- Goma xantana (Sweetmix);
- Corante ponceau (Brastokio);
- Corante bordeaux (Brastokio);

Todas as matérias-primas foram gentilmente fornecidas pelo laticínio parceiro do projeto. O leite integral pré-condensado, o leite desnatado pré-condensado e a água foram utilizados para se obter no final um leite com 2,70% de gordura e 13,40% de SNG e, conseqüentemente, com os tratamentos propostos, uma bebida láctea colherável com níveis protéicos próximos aos produtos de mercado da mesma categoria (Anexo A). O soro foi incorporado como forma de aproveitamento do resíduo, o açúcar para conferir dulçor na bebida láctea e as bactérias lácteas para fermentar o leite.

No preparado de frutas o soro foi utilizado também para auxiliar no destino deste resíduo, a goma xantana para conferir viscosidade no produto (mesma dosagem em todos os tratamentos), o açúcar para conferir dulçor no preparado de frutas e consequentemente, na bebida láctea, o ácido cítrico, a polpa de morango e o aroma para conferir sabor e os corantes ponceau e bordeaux para a cor característica de bebida láctea sabor morango.

4.2 Preparo da bebida láctea com preparado de frutas

O preparo da bebida láctea fermentada iniciou com a padronização de sólidos não gordurosos e conteúdo de gordura do leite (2,70% e 13,4% de SNG) e posterior dissolução do açúcar, água e soro. A mistura foi então acondicionada em recipiente de polipropileno e submetida a tratamento térmico em micro-ondas até a temperatura de 90°C, a qual foi mantida em banho de água quente por 10 minutos. Após este tempo a mistura foi resfriada em banho frio até a temperatura de 42°C quando se adicionou as bactérias lácticas, homogeneizou-se o líquido, tampou-se o recipiente e iniciou-se a fermentação por 6 horas (tempo necessário para atingir o pH de 4,6 – 4,7) em estufa a 42°C. A Figura 9 mostra o diagrama de blocos deste processo:

Figura 9 – Diagrama de blocos do preparo da bebida láctea

O preparado de frutas foi processado em Thermomix (Vorwerk TM31/105) iniciando com a adição de água e soro e, posteriormente, as matérias-primas secas foram adicionadas lentamente com agitação constante a 100rpm. A mistura foi aquecida a 90°C por 15 minutos e resfriada em recipiente de vidro até a temperatura ambiente.

Após a fermentação a base láctea foi homogeneizada com Mixer (WalitaMod. RI7200/01) por 1 minuto e acrescida do preparado de frutas na dosagem de 5%.

O valor das variáveis codificadas, bem como, o planejamento experimental do projeto encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores codificados das variáveis independentes X1 e X2, bem como a composição de cada um dos tratamentos

TRATAMENTOS	X1	X2	% soro na base	% soro no preparado	Base 100%					Preparado 100%									
					Leite	Soro	Água	Açúcar	Cultura	Açúcar	Soro	Água	Aroma IFF	Polpa de morango	Sorbato de potássio	Goma xantana	Corante Ponceau	Corante Bordeaux	Ácido cítrico
T1	-1	-1	3,6	7,5	55	3,55	34,4	7	0,04	61	7,5	23,3	7	0,5	0,2	0,2	0,028	0,004	0,23
T2	1	-1	8,6	7,5	55	8,6	29,4	7	0,04	61	7,5	23,3	7	0,5	0,2	0,2	0,028	0,004	0,23
T3	-1	1	3,6	22,5	55	3,6	34,4	7	0,04	61	22,5	8,3	7	0,5	0,2	0,2	0,028	0,004	0,23
T4	1	1	8,6	22,5	55	8,6	29,4	7	0,04	61	22,5	8,3	7	0,5	0,2	0,2	0,028	0,004	0,23
T5	-1,41	0	0,0	15,0	55	0,0	38,0	7	0,04	61	15,0	15,8	7	0,5	0,2	0,2	0,028	0,004	0,23
T6	1,41	0	10,0	15,0	55	10,0	28,0	7	0,04	61	15,0	15,8	7	0,5	0,2	0,2	0,028	0,004	0,23
T7	0	-1,41	5,0	0,0	55	5,0	33,0	7	0,04	61	0,0	30,8	7	0,5	0,2	0,2	0,028	0,004	0,23
T8	0	1,41	5,0	30,0	55	5,0	33,0	7	0,04	61	30,0	0,8	7	0,5	0,2	0,2	0,028	0,004	0,23
T9	0	0	5,0	15,0	55	5,0	33,0	7	0,04	61	15,0	15,8	7	0,5	0,2	0,2	0,028	0,004	0,23
T10	0	0	5,0	15,0	55	5,0	33,0	7	0,04	61	15,0	15,8	7	0,5	0,2	0,2	0,028	0,004	0,23
T11	0	0	5,0	15,0	55	5,0	33,0	7	0,04	61	15,0	15,8	7	0,5	0,2	0,2	0,028	0,004	0,23
T12	0	0	5,0	15,0	55	5,0	33,0	7	0,04	61	15,0	15,8	7	0,5	0,2	0,2	0,028	0,004	0,23

4.3 Análises físico-químicas

4.3.1 Determinação de pH

A determinação do pH foi realizada em medidor de pH Mettler Toledo (modelo AG 8603) de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008) após 1, 7, 14 e 21 dias de armazenamento em todos os tratamentos.

4.3.2 Análise de acidez titulável

A acidez titulável foi feita por titulação com solução de NaOH 0,1M e o resultado expresso em porcentagem de ácido láctico segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008) após 1, 7, 14 e 21 dias de estocagem em todos os tratamentos. Em um béquer foram pesados 5g da bebida láctea, adicionados 50mL de água e 5 gotas de solução de fenolftaleína. Em seguida foi feita a titulação com hidróxido de sódio 0,1M até a coloração rósea e anotado o volume gasto. O resultado expresso em mL de NaOH 0,1M/g foi calculado com a Equação 16:

$$A = \frac{V \times f \times 100}{P \times c} \text{ (Equação 16)}$$

A = Acidez em mL de solução de NaOH 0,1M

V = volume da solução de hidróxido de sódio 0,1M gasto na titulação expresso em mL

f = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1M

P = n° de g da amostra usada na titulação

c = correção para solução de NaOH (10 = 0,1M)

4.3.3 Análise de sinerese

O índice de sinerese das diferentes amostras foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Farnsworth et al.(2006), com modificações, nos tempos 1, 7, 14 e 21 dias de armazenamento em todos os tratamentos.

As amostras (15g) foram centrifugadas (Centrífuga Hermile Modelo Z300) em duplicata por 10 minutos (3.000rpm). O percentual de sinerese foi calculado pela massa do soro de leite separada da rede de gel, durante a centrifugação, dividido pela massa de iogurte inicial, multiplicado por 100 (FARNSWORTH *et. al.*, 2006).

4.3.4 Composição centesimal

A composição centesimal das amostras foi feita após 10 dias do preparo da bebida láctea sabor morango e foram caracterizadas em termos de extrato seco total, proteínas, cinzas e gorduras. Seguem os procedimentos utilizados em cada análise.

4.3.4.1 Extrato seco total

O extrato seco total das amostras foi determinado pesando-se 5g da bebida láctea em placas previamente secas com 25g de areia e com o bastão de homogeneização. As placas foram então aquecidas primeiramente em chapa aquecedora a 80°C por 20 minutos e, em seguida, em estufa a 102°C por 4 horas. Esta metodologia está descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) com adaptações. O percentual de resíduo seco foi obtido com a divisão do resíduo seco dividido pelo peso inicial da amostra multiplicado por 100.

4.3.4.2 Proteínas

O teor de proteína nas amostras foi determinado pelo método alemão § 35 LMBG L01.00-60 (1997) para determinação de nitrogênio total por combustão em equipamento Leco e com o software Truspec N que calcula automaticamente os resultados de nitrogênio total, semelhante ao método Kjeldahl automatizado. Neste caso, por se tratar de um produto lácteo, foi utilizado o fator de conversão 6,38 para se expressar os resultados em teor de proteína.

4.3.4.3 Cinzas

A análise de cinzas seguiu o procedimento descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), em que 10g da amostra foram pesadas em cápsula de platina, secadas em chapas elétricas (100 – 110°C) e incineradas a 550°C por 4 – 12 horas ou até que as cinzas fiquem brancas ou ligeiramente acinzentadas. O cálculo de cinzas segue a Equação 17:

$$C = \frac{100 \times N}{P} \text{ (Equação 17)}$$

C = percentual de cinzas (m/m)

N = n° de g de cinzas

P = nº de g da amostra

4.3.4.4 Gordura

O teor de gordura nas amostras foi feito pelo método Rose-Gottlieb descrito pelo manual do Instituto Adolfo Lutz (2008). Neste método a amostra é inicialmente tratada com hidróxido de amônio e álcool e o resultado é expresso em porcentagem em massa de gordura.

4.4 Análise bactérias lácticas

A contagem de bactérias lácticas foi determinada pelo método de contagem em placas, utilizando o meio Man Rogosa & Sharpe (MRS) Ágar com plaqueamento em profundidade segundo Silva, Junqueira e Silveira (2010).

As amostras foram diluídas em meio Triple Sugar Iron (TSI) até a diluição 10^{-7} e procedeu-se o plaqueamento em profundidade de 1mL com meio MRS. As placas foram incubadas invertidas por 72 horas à 30°C e fez-se a leitura do número de colônias. O intuito da análise foi verificar se o produto estava de acordo com o preconizado na IN nº16 no final do tempo de prateleira, por isso, a contagem de bactérias lácticas foi feita após 21 dias.

4.5 Caracterização reológica

As análises reológicas foram realizadas no Laboratório de Reologia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos de Pirassununga, sob a supervisão da Professora Dra. Izabel Moraes.

Os testes reológicos da bebida láctea foram feitos em todos os tratamentos e em duplicata a fim de comparar a influencia da adição de soro nas características reológicas do produto, nos tempos 1, 7, 14 e 21 dias.

As análises reológicas foram realizadas em reômetro rotacional do tipo cilindros concêntricos, marca TA modelo AR 2000 com sistema de aquisição de dados Rheology Advantage Instrument Control AR. O reômetro foi equipado com uma camisa externa que aquece ou resfria a placa inferior do reômetro, onde a temperatura da amostra mantém-se constante durante cada experimento.

A quantidade de amostra para o ensaio varia de acordo com a densidade do produto, portanto, era adicionada a quantidade suficiente para não ultrapassar a gap cilíndrico do equipamento (aproximadamente 19,60mL).

A temperatura que as amostras foram analisadas foi de 10°C que é a temperatura máxima de acondicionamento da bebida láctea fermentada segundo a IN nº16 (BRASIL, 2005a). A faixa de taxa de deformação variou entre 0,1 a 300 s⁻¹.

Após colocar a amostra o gap descia lentamente e o sistema ficava em repouso por 2 minutos para a amostra atingir a temperatura de medição. Após o equilíbrio, as medições foram iniciadas, variando-se a velocidade de rotação de forma crescente, e, em seguida, de forma decrescente. O reômetro foi operado no regime contínuo de forma que cada medição era realizada a cada 3 segundos, totalizando 31 pontos de medição em cada regime (ascendente e descendente).

4.6 Análise estatística

Foi aplicado o delineamento fatorial completo do tipo rotacional com ponto central, com duas variáveis explanatórias (Tabela 7). Foi aplicada a análise de regressão múltipla e estabelecidas superfícies de resposta para descrever o comportamento das variáveis dependentes para modelos que apresentaram o coeficiente de determinação acima de 70%.

Os cálculos, bem como os gráficos de superfície de resposta, foram feitos no aplicativo Statistica 12 e os dados avaliados ao nível de 5% de significância com o teste F.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 Fermentação da base láctea

Os dados iniciais de pH e teor de sólidos solúveis da base láctea e do preparado de frutas, bem como a análise de pH durante a fermentação da base láctea encontram-se nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 – Dados de pH e teor de sólidos solúveis no início e durante a fermentação da bebida láctea

Tratamentos	X1	X2	pH				Brix
			Inicial	3 horas	5 horas	6 horas	
T1	-1	-1	6,48	5,13	4,78	4,69	16,54
T2	1	-1	6,21	5,07	4,77	4,68	16,52
T3	-1	1	6,41	5,09	4,77	4,67	16,04
T4	1	1	6,14	5,05	4,77	4,64	16,52
T5	-1,41	0	6,47	5,00	4,68	4,61	16,20
T6	1,41	0	6,16	5,08	4,78	4,70	16,44
T7	0	-1,41	6,53	5,15	4,73	4,67	16,78
T8	0	1,41	6,49	5,01	4,72	4,62	16,52
T9	0	0	6,38	5,03	4,78	4,69	16,66
T10	0	0	6,39	5,18	4,89	4,68*	16,32
T11	0	0	6,43	4,98	4,76	4,68	16,62
T12	0	0	6,49	5,08	4,74	4,67	16,16

* Valor obtido após 7 horas de fermentação

Tabela 9 – Dados de pH e teor de sólidos solúveis dos preparados de frutas antes de serem adicionados na base láctea

Tratamentos	X1	X2	pH	Brix
T1			3,97	68,22
T2	-1	-1	4,04	67,74
T3	1	-1	3,88	67,94
T4	-1	1	3,72	67,76
T5	1	1	3,85	67,56
T6	-1,41	0	3,85	68,14
T7	1,41	0	4,02	64,00
T8	0	-1,41	3,88	65,46
T9	0	1,41	4,10	65,30
T10	0	0	3,90	65,10
T11	0	0	3,93	67,18
T12	0	0	3,91	64,88

A Figura 10 apresenta o perfil de evolução do pH para os doze tratamentos empregados neste delineamento experimental durante a fermentação da base láctea.

Figura 10 – Evolução do pH na fermentação da base láctea

Conforme pode ser observado, os valores iniciais de pH da mistura (em torno de 6,4) estão coerentes com os dados reportados para leite na literatura (CHANDAN *et al.*, 2006; LONGO, 2006), estando ligeiramente mais ácido devido à adição do soro ácido, como pode ser observado principalmente nos tratamentos T2, T4 e T6, os quais possuem a maior quantidade de soro e, conseqüentemente, os menores valores de pH inicial (6,21, 6,14 e 6,16, respectivamente).

A atividade das culturas lácticas inoculadas, responsáveis pela conversão da lactose em ácido láctico resultaram na redução do pH ao longo do tempo. Com a formação de ácido láctico e a liberação de íons H^+ ocorre a neutralização da carga elétrica superficial das micelas de caseína, que sofrem coagulação total ao ser atingido o pH de 4,6 (ROBINSON, LUCEY e TAMIME, 2006). Apesar deste valor de pH ser tido como o ideal para o final do processo fermentativo neste experimento o processo de fermentação cessou-se com pH de 4,70 e/ou tempo de fermentação de 6 horas. Este ponto foi selecionado, pois após a mistura com o preparado de frutas (mais ácido – em torno de 3,90) o produto atingiu pH inicial menor que pode afetar

as características físico-químicas e reológicas do produto com o tempo, como relatado por Rasic e Kurman (1978).

Como esperado o pH atingiu o valor de 4,70 em 6 horas. Segundo Tamime e Robinson (1991), o tempo de fermentação é de 2,5 a 5 horas, nas condições ideais de atividade microbiana (temperatura entre 40 e 45°C), podendo variar em função da concentração e atividade da cultura láctica utilizada como inóculo.

Dessa forma, no presente estudo, o tempo estendido da fermentação pode ser associado à utilização de uma baixa concentração de inóculo (0,04%), recomendada pelo fabricante. Além disto, o tempo estendido da fermentação pode também ser associado a outro fator, a utilização de cultura microbiana liofilizada. Neste caso, há um período de tempo morto para reativação e adaptação dos micro-organismos (fase lag). Varnam e Sutherland (1994) alegam que, geralmente, esta forma de cultivo é utilizada, devido ao fácil manuseio e controle, o que evita contaminações e mantém a qualidade do iogurte em um determinado padrão.

Longo (2006) utilizou concentração maior de cultura láctica liofilizada (0,1%) e promoveu a ativação dos micro-organismos em água e leite em pó, com incubação a 37°C, por 6 a 8 horas, obtendo o produto em aproximadamente 3,5 horas. Cunha (2005) também promoveu a etapa de ativação da cultura liofilizada (na concentração de 1%), por inoculação e incubação dos micro-organismos em uma pequena quantidade de leite (1L) por 3 horas, constatando tempo de fermentação de aproximadamente 3 horas.

Portanto, verifica-se redução do tempo de fermentação devido a etapa de ativação dos micro-organismos. Porém, deve-se analisar cuidadosamente se este procedimento é viável, pois o tempo de incubação para a ativação, somado ao tempo de fermentação, torna-se tão grande quanto o tempo do processo com utilização direta da cultura liofilizada.

Ressalta-se que a concentração celular não interfere na qualidade do produto final, tão somente no tempo de coagulação, que será tanto menor quanto maior o número de micro-organismos viáveis inoculados. Portanto, o tempo de fermentação pode ser reduzido pelo emprego de culturas super concentradas, sendo necessária a verificação do custo/benefício relacionado.

Finalizada a fermentação a base láctea foi homogeneizada, adicionada do preparado de frutas e resfriada a fim de inibir a atividade das bactérias lácticas,

evitando a acidificação excessiva do produto e a consequente redução da carga microbiana.

5.2 Caracterização físico-química

5.2.1 pH

A Tabela 10 representa a evolução do pH nos tratamentos com o tempo.

Tabela 10 – Evolução do pH (média) no produto final em todo planejamento experimental nos tempos 1, 7, 14 e 21 dias

Tratamentos	X1	X2	pH			
			1 dia	7 dias	14 dias	21 dias
T1	-1	-1	4,26±0,01	4,15±0,03	4,15±0,01	4,16±0,00
T2	1	-1	4,27±0,04	4,20±0,05	4,15±0,00	4,16±0,00
T3	-1	1	4,28±0,02	4,20±0,02	4,18±0,02	4,18±0,01
T4	1	1	4,29±0,02	4,14±0,03	4,16±0,02	4,18±0,01
T5	-1,41	0	4,26±0,03	4,17±0,04	4,20±0,04	4,20±0,00
T6	1,41	0	4,30±0,03	4,25±0,01	4,24±0,03	4,27±0,00
T7	0	-1,41	4,31±0,04	4,20±0,04	4,17±0,01	4,19±0,00
T8	0	1,41	4,35±0,02	4,15±0,02	4,19±0,01	4,19±0,02
T9	0	0	4,23±0,11	4,21±0,02	4,19±0,02	4,23±0,01
T10	0	0	4,30±0,02	4,25±0,02	4,20±0,04	4,24±0,05
T11	0	0	4,24±0,00	4,18±0,01	4,20±0,00	4,19±0,03
T12	0	0	4,32±0,06	4,18±0,01	4,21±0,02	4,20±0,02

Analisando os resultados e os efeitos das variáveis independentes pode-se afirmar que, nas faixas estudadas, não existe interação significativa entre a quantidade de soro na base láctea e no preparado de frutas com o pH do produto. Sendo assim, faz-se oportuna a avaliação mais apurada do pH com o tempo de estocagem.

Tomando-se os pontos extremos do delineamento e um ponto central (T5, T6 e T11, respectivamente) pôde-se observar (Figura 11) que todos os tratamentos seguiram a mesma tendência de evolução do pH, ou seja, sofreram queda brusca nos primeiros 7 dias e depois se estabilizaram. Segundo Beal et al. (1999) isto ocorre devido à alta taxa metabólica das bactérias lácticas ainda presente neste período.

Figura 11 – Evolução do pH no tempo de estocagem a 8°C

A redução de pH e aumento da acidez (parâmetro que será abordado no próximo tópico) durante o período de estocagem são chamados de pós-acidificação e são provenientes da atividade continuada dos micro-organismos lácticos, mesmo sob refrigeração, principalmente dos *Lactobacillus*, cujas células têm maior capacidade de tolerar ambientes ácidos e produzir ácido láctico até níveis de 1,7% (ROBINSON, LUCEY e TAMIME, 2006).

Diversos trabalhos na literatura demonstram a atividade continuada das bactérias lácticas durante o período de estocagem, promovendo a pós-acidificação do produto com redução dos valores de pH entre 3 e 9%, e elevação da acidez entre 9 e 39% (MUNDIM, 2008; BRANDÃO, 2007; SILVA, 2007; LONGO, 2006; CUNHA, 2005).

Martin (2002) avaliou iogurtes comerciais durante o período de 30 dias, encontrando variações do pH em torno de 5%, atingindo valor mínimo de 4,2 ao último dia, e de acidez expressa em ácido láctico em torno de 50%, atingindo valor máximo de 1,20%.

Fazendo uma analogia com os iogurtes os valores mínimos de pH deste estudo estão de acordo com Robinson, Lucey e Tamime (2006), que afirmam que o valor do pH no tempo de prateleira deve ser no mínimo 4,0, para evitar o enfraquecimento do gel e o sabor desagradável.

5.2.2 Acidez

Assim como o pH a acidez é um bom parâmetro para avaliar a pós-acidificação dos tratamentos durante a estocagem. A Tabela 11 apresenta os resultados de acidez obtidos durante os 21 dias de acompanhamento.

Tabela 11 – Evolução da acidez (média) em todo planejamento experimental nos tempos 1, 7, 14 e 21 dias

Tratamentos	X1	X2	Acidez (g ácido láctico/100 g)			
			1 dia	7 dias	14 dias	21 dias
T1	-1	-1	0,68±0,00	0,70±0,02	0,71±0,01	0,69±0,01
T2	1	-1	0,69±0,01	0,71±0,01	0,77±0,01	0,74±0,00
T3	-1	1	0,69±0,01	0,71±0,02	0,72±0,02	0,70±0,00
T4	1	1	0,73±0,02	0,75±0,01	0,73±0,01	0,75±0,01
T5	-1,41	0	0,65±0,01	0,67±0,01	0,65±0,01	0,68±0,02
T6	1,41	0	0,65±0,01	0,70±0,02	0,72±0,02	0,71±0,01
T7	0	-1,41	0,67±0,02	0,71±0,01	0,74±0,02	0,71±0,01
T8	0	1,41	0,66±0,00	0,70±0,00	0,76±0,02	0,71±0,01
T9	0	0	0,66±0,02	0,68±0,00	0,74±0,03	0,69±0,01
T10	0	0	0,66±0,00	0,68±0,00	0,71±0,01	0,67±0,02
T11	0	0	0,68±0,00	0,67±0,01	0,73±0,02	0,72±0,02
T12	0	0	0,67±0,02	0,70±0,00	0,71±0,01	0,73±0,01

Tomando-se os pontos extremos e central (T5, T6 e T10, respectivamente) pode-se dizer que o aumento de acidez foi maior entre os tempos 1 e 14 dias e que entre o tempo 14 e 21 dias a acidez manteve-se na média constante (0,69g ácido láctico/100g). A Figura 12 apresenta estes resultados esquematicamente em um gráfico de barras.

Figura 12 – Evolução da acidez no tempo de estocagem a 8°C

Quanto a interação das variáveis explanatórias (soro na base e no preparado) na acidez do produto pode afirmar que existe interação linear significativa (5%) entre o percentual de soro na base após 14 dias. A Tabela 12 apresenta a estimativa dos efeitos sobre a acidez.

Tabela 12 – Estimativa dos efeitos das variáveis explanatórias sobre a acidez após 14 dias de estocagem

	Efeito	Desvio padrão	Nível descritivo (P)
Média	0,7233	0,0079	0,000003
Soro na base (L)	0,0426	0,0113	0,032126
Soro na base (Q)	-0,0318	0,0126	0,085949
Soro no preparado (L)	0,0004	0,0112	0,974858
Soro no preparado (Q)	0,0353	0,0126	0,067839
Soro na base x Soro no preparado (L)	-0,0200	0,0159	0,296689

Valores em negrito: estatisticamente significativos a 5% de significância ($P \leq 0,05$)

L: linear; Q: quadrático

Os termos não significativos foram desconsiderados e procedeu-se a regressão dos coeficientes chegando ao modelo matemático codificado apresentado na Equação 18.

$$Acidez = 0,7244 + 0,0213 \times Soronabase \text{ (Equação 18)}$$

A análise da variância (ANOVA) apresentada na Tabela 13 mostra que a regressão dos dados experimentais foi significativa ao nível de 5% (F calculado maior que o F tabelado) ao passo que a falta de ajuste não foi significativa.

Tabela 13 – Análise da variância (ANOVA) para a acidez após 14 dias de estocagem

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma quadrática	Média quadrática	Teste F
Regressão	1	0,0036	0,0036	5,40
Resíduos	10	0,0067	0,0007	
Falta de ajuste	7	0,0060	0,0009	3,38
Erro puro	3	0,0008	0,0003	
Total	11	0,0103		

$$R^2 = 0,95$$

$$F_{0,95;1;10} = 4,96$$

$$F_{0,95;7;3} = 8,89$$

A Figura 13 mostra o efeito das variáveis explanatórias analisadas para a acidez (após 14 dias de estocagem) representadas por gráficos de superfície de resposta e contorno. Pode-se observar que o percentual de soro ácido na base afeta de forma linear a acidez do produto final e que quanto menor o percentual de soro adicionado menor a acidez a 14 dias.

Como o objetivo do presente estudo foi também incorporar o máximo de soro ácido possível na base láctea e no preparado de frutas, pode-se afirmar que o percentual de 10% na base láctea é factível da perspectiva de acidez e pós-acidificação no período contemplado deste estudo, já que esta variável não afetou drasticamente o perfil de acidez qual se manteve dentro do observado por outros estudos semelhantes (MUNDIM, 2008; BRANDÃO, 2007; SILVA, 2007; LONGO, 2006; CUNHA, 2005; MARTIN, 2002).

Figura 13 – Efeito linear do percentual de soro na base sobre a acidez

5.2.3 Sinerese

Os valores de sinerese do produto nos tempos 1, 7, 14 e 21 dias encontram-se na Tabela 14.

Tabela 14 – Evolução do percentual de sinerese (média) no período de 21 dias

Tratamentos	X1	X2	Sinerese (%)			
			1 dia	7 dias	14 dias	21 dias
T1	-1	-1	61,3±0,6	61,0±0,6	61,5±0,4	61,0±0,2
T2	1	-1	60,1±0,4	59,0±0,0	60,7±0,1	55,8±0,1
T3	-1	1	63,4±0,3	61,6±0,3	61,8±0,1	61,2±0,1
T4	1	1	57,4±0,2	58,1±0,4	58,5±0,0	58,4±0,2
T5	-1,41	0	60,5±0,0	56,7±0,3	61,2±0,3	54,9±0,5
T6	1,41	0	55,7±0,0	58,2±0,6	57,2±0,3	56,7±0,5
T7	0	-1,41	61,3±0,2	59,8±0,2	62,6±0,2	61,3±0,0
T8	0	1,41	61,4±0,0	60,9±0,0	62,5±0,5	60,8±0,0
T9	0	0	60,9±0,2	60,6±0,1	60,5±0,0	61,3±0,1
T10	0	0	61,1±0,1	61,5±0,8	61,8±0,1	62,3±0,2
T11	0	0	59,7±0,1	62,7±0,5	60,7±0,6	60,7±0,3
T12	0	0	63,8±0,6	61,8±0,1	62,2±0,0	60,8±0,2

De acordo com os resultados obtidos pode-se afirmar que o percentual de soro ácido na base exerce efeito linear e quadrático no percentual de sinerese após 14 dias de estocagem ($P = 95\%$) como mostra a Tabela 15. A análise dos efeitos nos tempos 1, 7 e 21 dias não foi significativa ($R^2 \leq 70$).

Tabela 15 – Estimativa dos efeitos das variáveis explanatórias sobre a sinerese após 14 dias de estocagem

	Efeito	Desvio padrão	Nível descritivo (P)
Média	61,3173	0,4237	0,000001
Soro na base (L)	-1,2236	0,3001	0,026627
Soro na base (Q)	-1,1293	0,3364	0,043824
Soro no preparado (L)	-0,2525	0,3001	0,461921
Soro no preparado (Q)	0,5641	0,3364	0,192129
Soro na base x Soro no preparado (L)	-0,6417	0,4237	0,227162

Valores em negrito: estatisticamente significativos a 5% de significância ($P \leq 0,05$)

L: linear; Q: quadrático

Ignorando os termos que não foram significativos (5% de significância) tem-se o modelo matemático polinomial de segunda ordem representado pela Equação 19.

$$\text{Sinerese}(\%) = 61,7662 - 1,2236 \times \text{Soronabase} - 1,2405 \text{Soronabase}^2 \quad (\text{Equação 19})$$

A análise da variância (ANOVA) apresentada na Tabela 16 mostra que a regressão dos dados experimentais foi significativa ao nível de 5% (F calculado maior que o F tabelado) para a sinerese e a falta de ajuste não foi significativa.

Tabela 16 – Análise da variância (ANOVA) para a sinerese após 14 dias de estocagem

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma quadrática	Média quadrática	Teste F
Regressão	2	22,1034	11,0517	13,91
Resíduos	9	7,1525	0,7947	
Falta de ajuste	6	4,9980	0,8330	1,16
Erro puro	3	2,1544	0,7182	
Total	11	29,2558		

$$R^2 = 0,95$$

$$F_{0,95;2;9} = 4,26$$

$$F_{0,95;6;3} = 8,94$$

A Figura 14 mostra o efeito das variáveis analisadas para a sinerese (após 14 dias de estocagem) representadas por gráficos de superfície de resposta e contorno. A análise visual deixa claro que a sinerese não é afetada pelo percentual de soro ácido utilizado no preparado de frutas e que, surpreendentemente quanto maior o percentual de soro ácido utilizado na base menor o nível de sinerese. Este resultado está na contrapartida do que Castro et al. (2009) verificaram para bebidas lácteas fermentadas utilizando soro doce de queijo e oligofrutose. Para Lucey (2004), alguns fatores que contribuem para que os produtos fermentados apresentem sinerese são a temperatura de fermentação, muitas vezes alta, o baixo teor de sólidos e a estocagem em temperaturas inadequadas. Além desta constatação Amatayakulet al. (2006) concluem que a determinação do índice de sinerese pode apresentar diferentes valores e comportamentos em distintos trabalhos devido aos diferentes métodos e parâmetros empregados por cada autor o que se aplica neste estudo para utilização de soro ácido em bebidas lácteas fermentadas.

Figura 14—Efeito quadrático do percentual de soro na base sobre a sinerese

5.2.4 Composição centesimal

A Tabela 17 apresenta os resultados médios para as determinações de matéria sólida, cinzas, proteínas, gordura, carboidratos totais e valor energético dos doze tratamentos deste experimento.

Tabela 17 – Composição centesimal das bebidas lácteas com preparado de frutas

Análises (g/100g)	TRATAMENTOS											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Matéria sólida	18,7	18,7	18,5	18,9	18,2	18,8	18,1	18,2	18,1	18,3	18,4	18,1
Cinzas	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Proteínas	2,8	2,9	2,7	2,7	2,3	2,6	2,6	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Gorduras	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,3	1,4	1,6	1,4	1,3
Carboidratos¹	13,8	13,7	13,8	14,0	13,8	14,0	13,2	13,4	13,3	13,3	13,6	13,4
Valor energético²	79,6	79,5	78,4	79,9	77,8	79,7	77,3	77,0	76,9	78,4	77,8	76,4

¹ Os valores de carboidratos totais foram calculados por diferença.

² O valor energético foi calculado considerando carboidratos e proteínas com 4kcal/g e gorduras com 9kcal/g.

Avaliando os resultados obtidos pode-se observar que o tratamento com menor percentual de soro total (T5) é aquele com menor valor de cinzas e proteínas. Isto se explica pelo fato do soro contribuir com o percentual protéico do produto, mostrando-se um excelente substituto para a água adicionada. Além disso, pode-se afirmar que o produto desenvolvido está em concordância com a IN nº16 (BRASIL, 2005a) que estabelece o mínimo de 1,0% de proteínas para bebidas lácteas fermentadas com adições. O valor médio de proteínas (2,8g/100g) relativamente elevado foi previamente requerido com base na pesquisa de mercado (Anexo A) em que foi identificado que as bebidas lácteas de bandeja das marcas mais expressivas possuem em média 2,5g/100g de proteínas.

Almeida et al. (2001) obtiveram os teores médios de proteína de 2,14, 1,97 e 1,94% para bebidas lácteas fermentadas elaboradas com 30, 40 e 50% de soro lácteo, respectivamente. Chinelate et al. (2005) avaliaram o teor percentual de proteínas de bebidas lácteas fermentadas de seis marcas distintas adquiridas em estabelecimentos comerciais de Fortaleza, Ceará. Os valores médios obtidos para cada marca foram de 1,09, 1,15, 1,18, 1,22, 1,52 e 2,02%.

Thamer e Penna (2006), ao analisarem bebidas lácteas probióticas de diferentes formulações, encontraram teores de proteína variando entre 1,93 e 2,46%. Oliveira (2006) também encontrou resultados semelhantes ao analisar o teor de proteína de bebidas lácteas fermentadas enriquecidas de ferro com diferentes concentrações de soro, com valores oscilando entre 1,65 a 2,08%. Cunha et al. (2008) encontraram o

valor médio de 2,23% para o teor de proteína da bebida láctea fermentada elaborada com 30% de soro.

5.3 Análise bactérias lácticas

Após 21 dias foi feita a contagem de bactérias lácticas para avaliar a influência da adição de soro ácido na viabilidade microbiológica do produto.

De acordo com a Tabela 18 pode-se afirmar que a adição de soro ácido na base láctea e no preparado de frutas não afetou a fisiologia e, conseqüentemente, a atividade metabólica das bactérias lácticas, visto que todos os tratamentos apresentaram contagem acima de 10^7 UFC/mL. Como a análise foi realizada no final da vida de prateleira, conclui-se que os 12 tratamentos estão em conformidade com o Padrão de Identidade e Qualidade de bebidas lácteas o qual estabelece para contagem de bactérias lácticas o mínimo de 10^6 UFC/g (BRASIL, 2005a).

Tabela 18 – Contagem de bactérias lácticas após 21 dias de estocagem a 8°C

Tratamento	Contagem de bactérias lácticas (UFC/ml)
T1	$8,0 \times 10^8$
T2	$1,0 \times 10^9$
T3	$5,0 \times 10^8$
T4	$6,0 \times 10^8$
T5	$4,0 \times 10^8$
T6	$3,0 \times 10^8$
T7	$6,0 \times 10^7$
T8	$2,0 \times 10^8$
T9	$2,0 \times 10^9$
T10	$2,0 \times 10^8$
T11	$3,0 \times 10^8$
T12	$7,0 \times 10^8$

Andrade (2010) avaliou a contagem de bactérias lácticas de 5 marcas de bebidas lácteas de Minas Gerais e encontrou resultados acima de 3×10^8 UFC/ml em todas elas, assim como Rodrigues e Santos (2007) na mesma região. No entanto, Tebaldi (2007) constatou que de 5 marcas analisadas apenas uma estava de acordo com o mínimo exigido para se classificar um produto como bebida láctea fermentada.

5.4 Caracterização reológica

As análises reológicas da bebida láctea com preparado de frutas foram feitas nos tempos 1, 7, 14 e 21 dias para os 12 tratamentos do delineamento experimental.

Avaliando-se inicialmente o efeito do tempo de estocagem na viscosidade do produto final (fixando a tensão de cisalhamento em 6,0Pa na curva ascendente) pode-se afirmar que no geral a viscosidade do produto diminuiu com o tempo de estocagem independente do percentual de soro utilizado. Isto se deve muito provavelmente ao aumento da acidez na pós-acidificação e consequente enfraquecimento das ligações na bebida. A Tabela 19 apresenta os resultados de viscosidade nestas condições.

Tabela 19 – Evolução da viscosidade do produto com o tempo fixando a tensão de cisalhamento em 6,0Pa (curva ascendente)

Tratamentos	X1	X2	Viscosidade (Pa.s)			
			1 dia	7 dias	14 dias	21 dias
T1	-1	-1	1,3720	1,4219	1,2968	1,1702
T2	1	-1	1,2491	1,1722	0,9940	0,8925
T3	-1	1	1,5177	1,0832	1,0786	0,6210
T4	1	1	1,2411	1,2452	1,1894	0,7967
T5	-1,41	0	1,8212	1,5925	1,1251	1,0352
T6	1,41	0	1,5324	1,4616	1,1753	0,9972
T7	0	-1,41	1,6068	1,3497	1,1362	0,9234
T8	0	1,41	1,7183	1,5133	1,0485	0,8119
T9	0	0	1,4864	1,0740	0,9468	0,7054
T10	0	0	1,7677	1,0371	0,8905	0,7131
T11	0	0	1,4626	0,9809	0,8240	0,6946
T12	0	0	1,3572	1,0873	0,7938	0,8106

Tomando-se os pontos extremos e central (T5, T6 e T12, respectivamente) para elucidar a perda de viscosidade na estocagem tem-se a Figura 15.

Figura 15 – Representação esquemática da perda de viscosidade com o tempo de estocagem a 8°C

Nota-se que o tratamento com menor percentual de soro (T5) apresenta maior viscosidade nos primeiros 7 dias e que, posteriormente, existe uma tendência para que este parâmetro torne-se menos discrepante entre os tratamentos em questão.

Avaliando a influencia do percentual de soro ácido na base e no preparado de frutas pode-se afirmar que ambos apresentaram efeito quadrático significativo na viscosidade do produto após 14 dias de estocagem (ao nível de 5% de significância) como mostra a Tabela 20.

Tabela 20 - Estimativa dos efeitos das variáveis explanatórias sobre a viscosidade após 14 dias de estocagem

	Efeito	Desvio padrão	Nível descritivo (P)
Média	0,8637	0,0343	0,0001
Soro na base (L)	-0,0304	0,0485	0,5755
Soro na base (Q)	0,2966	0,0544	0,0121
Soro no preparado (L)	-0,0367	0,0485	0,5043
Soro no preparado (Q)	0,2385	0,0544	0,0220
Soro na base x Soro no preparado (L)	0,2068	0,0685	0,0568

Valores em negrito: estatisticamente significativos a 5% de significância ($P \leq 0,05$)

L: linear; Q: quadrático

Ignorando-se mais uma vez os efeitos que não foram significativos tem-se o modelo polinomial quadrático da Equação 20.

$$Viscosidade(Pa.s) = 0,8637 + 0,1483Sorobase^2 + 0,1192Soropreparado^2 \text{ (Equação 20)}$$

A análise da variância (ANOVA) apresentada na Tabela 21 mostra que a regressão dos dados experimentais foi significativa ao nível de 5% (F calculado maior que o F tabelado) para a viscosidade e para a falta de ajuste não foi significativa.

Tabela 21 – Análise da variância (ANOVA) para a viscosidade após 14 dias de estocagem

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma quadrática	Média quadrática	Teste F
Regressão	2	0,1931	0,0966	12,09
Resíduos	9	0,0719	0,0080	
Falta de ajuste	6	0,0578	0,0096	2,05
Erro puro	3	0,0141	0,0047	
Total	11	0,2650		

$$R^2 = 0,95$$

$$F_{0,95;2;9} = 4,26$$

$$F_{0,95;6;3} = 8,94$$

A Figura 16 mostra o efeito da adição do soro sobre a viscosidade do produto após 14 dias de estocagem, representadas por gráficos de superfície de resposta e contorno. Pode-se afirmar pela observação dos gráficos que o ponto de maior viscosidade mescla os extremos do delineamento, ou seja, os pontos de máximo e mínimo percentual de soro na formulação.

Avaliando cada variável separadamente pode-se dizer que o percentual de soro ácido utilizado no experimento pode ser maior no preparado de frutas (>35%), pois não existe limitação legal ou mesmo tecnológica para sua adição. O uso deste resíduo na base láctea é limitado devido a redução no pH do leite antes do tratamento térmico ocasionar a precipitação da caseína. Objetivando-se atingir a maior viscosidade no produto seria recomendado utilizar o menor percentual de soro na base láctea e o maior no preparado de frutas.

Figura 16 - Efeito quadrático do percentual de soro na base e no preparado de frutas sobre a viscosidade (fixando a tensão de cisalhamento em 6,0Pa na curva ascendente)

As Figuras 17, 18 e 19 mostram a curva de fluxo dos tratamentos extremos e central (T5, T6 e T12, respectivamente) após 14 dias de estocagem. As setas que indicam para a direita representam as curvas ascendentes e as voltadas para a esquerda as curvas descendentes.

Figura 17 – Curva de fluxo do tratamento T5 após 14 dias de estocagem

Figura 18 – Curva de fluxo do tratamento T6 após 14 dias de estocagem

Figura 19 – Curva de fluxo do tratamento T12 após 14 dias de estocagem

As curvas de fluxo representadas nas figuras acima apresentaram comportamento de fluido não-newtoniano, ou seja, não ideal e os dados extraídos das análises reológicas permitem concluir também que são fluidos tixotrópicos, uma vez que houve diminuição da viscosidade em função do aumento da taxa de cisalhamento aplicada (SCHRAMM, 2006). Segundo Horne (1998) e Lucey (2002), isso pode ocorrer devido à destruição das fracas ligações físicas existentes entre as moléculas do produto e à diminuição da energia de interação entre elas. Diversos autores confirmam o iogurte como fluido pseudoplástico e tixotrópico (GOMES; PENNA, 2009; PASEEPHOL; SMALL; SHERKAT, 2008; TELES; FLORES, 2007; GONÇALVEZ *et al.*, 2005; WALSTRA *et al.*, 1999).

Conforme observado nas Figuras 17, 18 e 19, todas as amostras apresentaram características tixotrópicas, devido às diferenças de tensão entre as curvas de taxa ascendente e descendente. Este fenômeno, conhecido por histerese, é resultado da quebra do gel e pode ser quantificado como a área entre as curvas de fluxo. Quanto maior a área compreendida entre as curvas, maior o efeito tixotrópico (SMIT, 2003; HOLDSWORTH, 1993). Os valores de histerese dos tratamentos T5, T6 e T12 após 1, 7, 14 e 21 dias encontram-se na Tabela 22.

Tabela 22 – Histerese dos tratamentos extremos e ponto central

Tratamentos	Histerese (Pa/s)			
	1 dia	7 dias	14 dias	21 dias
T5	3818	3008	2953	2664
T6	3674	3376	3173	3131
T12	3767	2457	2426	2348

A análise da tabela 22 elucida o efeito do período de estocagem sobre a histerese do produto. Fazendo uma analogia com a Tabela 20 pode-se afirmar que o fato da histerese se tornar menor com o tempo não seja um efeito positivo de baixa perda de consistência após a agitação na curva ascendente, mas sim o reflexo do decaimento da viscosidade tornando menor a área entre as curvas ascendentes e descendentes.

Quanto ao modelo reológico praticamente todas as bebidas analisadas ajustaram-se ao modelo de Herschel-Bulkley, o que confirma a relação não linear entre a tensão e a taxa de cisalhamento, corroborando para a classificação das bebidas lácteas analisadas como fluidos não-newtonianos (SCHRAMM, 2006; STEFFE, 1996).

O modelo de Ostwald-de-Waele, assim como o de Herschel-Bulkley, considera a relação não linear entre a tensão e a taxa de cisalhamento. Porém, o primeiro modelo não leva em consideração a tensão limite de escoamento (τ_0) (TONELI, MURR e PARK, 2005) o que neste estudo foi evidenciado em todas as análises.

6 CONCLUSÕES

As análises realizadas e os resultados obtidos levam as seguintes conclusões:

- Todas as formulações propostas atenderam aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da legislação brasileira para bebidas lácteas.
- O percentual de soro ácido em preparado de frutas deve ser maximizado, pois não interfere negativamente nas propriedades físico-químicas da bebida láctea fermentada.
- A utilização de soro ácido na base de bebidas lácteas não afeta o processo fermentativo, assim como não ocasiona pós-acidificação fora dos níveis aceitáveis.
- A sinerese não foi aumentada pelo uso do soro ácido na base láctea, pelo contrário, foi favorecida com este uso.
- A contagem de bactérias lácticas foi satisfatória após 21 dias de estocagem estando dentro dos limites estabelecidos pela legislação.
- O soro ácido como substituto de água nas formulações aumenta o valor nutricional dos produtos.
- Todos os tratamentos apresentaram comportamento não-newtoniano e tixotrópico.
- A viscosidade dos tratamentos foi fortemente influenciada pelo tempo de estocagem, bem como pelo percentual de soro ácido na base láctea e no preparado de frutas após 14 dias de estocagem.
- O modelo reológico ajustado para todos os tratamentos, em todos os períodos para as curvas ascendentes e descendentes foi o de Herschel-Bulkley, ou seja, de um fluido não-newtoniano com relação exponencial entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L.R. **Tecnologia de leite e derivados**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 205 p.
- ALMEIDA, K.E.; BONASSI, I.A.; ROÇA, R.O. Características físicas e químicas de bebidas lácteas fermentadas com soro de queijo minas frescal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 187-192, maio/ago. 2001.
- AMATAYAKUL, T.; SHERKAT, F.; SHAH, N.P. Syneresis in set yogurt as affected by EPS starter cultures and levels of solids. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 59, n. 3, p. 216–221, 2006.
- ANDRADE, E.H.P. **Qualidade físico-química, microbiológica e detecção de soro lácteo por cromatografia líquida de alta eficiência em bebidas lácteas fermentadas**. 2010. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- ANDRADE, E.H.P.; BARROS, G.S.; CORREA, G.S.S.; COSTA, A. A. P. ; MITRE, P. A. G. ; PENNA, C. F. A. M. ; PINA, R. P. C. ; SANTANA FILHO, F. C. Percepção do produto Bebida Láctea pelos consumidores de Belo Horizonte, Minas Gerais. In: SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFMG, 16.2007, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2007. p. 45-49.
- ANDRADE, R.L.P. de; MARTINS, J.F.P. Influencia da adição da fécula de Batata-Doce (*Ipomoea batatas L.*) sobre a viscosidade do permeado de soro de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, p. 249-253, 2002.
- ANTUNES, A.J. **Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino**. Barueri: Manole, 2003. 135 p.
- BALDISSERA, A.C.; BETTA, F.D.; PENNA, A.L.B.; LINDNER, J.D.D. Alimentos funcionais: uma nova fronteira para o desenvolvimento de bebidas protéicas a base de soro de leite. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1497-1515, 2012.
- BEAL, C.; SKOKANOVA, J.; LATRILLE, E.; MARTIN, N.; CORRIEU, G. Combined effects of culture conditions and storage time on acidification and viscosity of stirred yogurt. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 4, p. 673-681, 1999.
- BEHMER, M.L.A. **Tecnologia do leite**, 13 ed. São Paulo: Nobel, 1999. 285 p.
- BLAIR, G.W.S. Rheology in food research. **Advances in Food Research**, Oxford, v. 8, p. 1-61, 1958.
- BRANDÃO, W.A.P.L.N.T.M. **Elaboração de bebida fermentada simbiótica de soro lácteo**. 2007. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BRASIL. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal. Decreto nº 2.224 de 4 de junho de 1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 jun. 1997. p. 1-11.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 10 jan. 2001. p. 1-48.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 16, de 23 de agosto de 2005. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade de bebidas lácteas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 ago. 2005a. p. 1-13.

_____. Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 set. 2005b. p. 1-6.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 46 de 23 de outubro de 2007. Regulamento técnico de identidade e qualidade de leites fermentados. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 out. 2007. p. 1-19.

_____. Agência Nacional da Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 45, de 03 de novembro de 2010. Dispõe sobre aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF). **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 nov. 2010. p. 1-27.

_____. Agência Nacional da Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 8, de 06 de março de 2013. Dispõe sobre a aprovação de uso de aditivos alimentares para produtos de frutas e de vegetais e geleia de mocotó. **Diário Oficial da União**, Brasília, 06 mar. 2013. p. 1-18.

BOUDIER, J.F. Leites Fermentados. In: LUGUET, F. M. **O Leite**. São Paulo: Europa América, 1985. p. 57-87.

CALDEIRA, L.A.; FERRÃO, S. P. B.; FERNANDES, S. A. A.; MAGNAVITA, A. P. A.; SANTOS, T. D. R. Desenvolvimento de bebida láctea sabor morango utilizando diferentes níveis de iogurte e soro lácteo obtidos com leite de búfala. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2193-2198, 2010.

CASTRO, F.P.; CUNHA, T. M.; OGLIARI, P. J.; TEÓFILO, R. F.; FERREIRA, M. M. C.; PRUDÊNCIO, E. S. Influence of different content of cheese whey and oligofructose on the properties of fermented lactic beverages: study using response surface methodology. **Food Science and Technology**, London, v. 42, p. 993-997, 2009

CHANDAN, R.C.; WHITE, C.H.; KILARA, A.; HUI, Y.H. **Manufacturing yogurt and fermented milks**. London: Blackwell Publ., 2006. 359 p.

CHIAPPINI, C.C.J.; FRANCO, R.M.; OLIVEIRA, L.A.T. Avaliação do soro de queijo quanto aos coliformes totais e coliformes fecais. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 50, p. 253-257, 1995.

CHINELATE, G.C.B.; TELLES, F.J.S.; VIEIRA, J.M.M. Sólidos totais, viscosidade e teor de proteínas de bebidas lácteas fermentadas, produzidas no estado do Ceará. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 22. 2005, Juiz de Fora, MG. **Anais...**Juiz de Fora: CT/ILCT; EPAMIG, 2005. p. 147-149.

CUNHA, O.C.; OLIVEIRA, C.A.F.; HOTTA, R.M.; SOBRAL, P.J.A. Avaliação físico-química e sensorial do iogurte natural produzido com leite de búfala contendo diferentes níveis de gordura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 448-453, 2005.

CUNHA, T.M.; CASTRO, F.P.; BARRETO, P.L.M.; BENEDET, H. D.; PRUDÊNCIO, E. S. Avaliação físico-química, microbiológica e reológica de bebida láctea e leite fermentado adicionados de probióticos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 103-116, 2008.

CUNHA, T.M.; ILHA, E.C.; AMBONI, R.D.M.C.; BARRETO, P.L.M.; CASTRO, F.P.A. Influencia do uso de soro de queijo e bactérias probióticas nas propriedades de bebida lácteas fermentadas. **Brazilian Journal of Food Technology**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 23-24, 2009.

DAVIES, J.O. **Efeito da fonte e concentração de nitrogênio na produção de biopolímero por *Aureo basidium pullulans***. 2010. 152p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2010.

DERMIKI, M.; NTZIMANI, A.; BADEKA, A.; SAVVAIDIS, I. N.; KONTOMINAS, M. G. Shelf-life extension and quality attributes of the whey cheese “Myzithra Kalathaki” using modified atmosphere packaging. **Food Science and Technology**, Ioannina, v. 41, p. 284-294, 2008.

DRAGONE, G.; MUSSATO, S.I.; OLIVEIRA, J.M.; TEIXEIRA, J.A. Characterization of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. **Food Chemistry**, Braga, v. 112, p. 929-935, 2009.

FARNSWORTH, J.P.; LI, J.; HENDRICKS, G. M.; GUO, M. R. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. **Small Ruminant Research**, Oxford, v. 65, p.113-121, 2006.

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO DE VISEU. Disponível em: <www.estgv.ipv.pt>. Acesso em: 18 ago. 2014.

FARNWORTH, E.R. **Handbook of fermented functional foods**. 2nded. Boca Raton: CRC Press, 2008. 581 p.

FISCHER, P.; WINDHAB, E.J. Rheology of food materials. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, Zurich, v. 16, p. 36-40, 2011.

FREIRE, V.A.P. **Viabilidade de culturas probióticas de *Lactobacillus* spp. E *Bifidobacterium* spp. em iogurte adicionado de polpa e farinha do albedo de maracujá (*Passiflora edulis*)**. 2012. 141 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

GALLEGOS, C.; FRANCO, J.M. Rheology of food, cosmetics and pharmaceuticals. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, Huelva, v. 4, p. 288-293, 1999.

GANDHI, D.N.; PATEL, R.S. Technology and keeping quality of fermented whey concentrate. **Cultured Dairy Products Journal**, Washington, v. 29, n. 1, p. 25-27, 1994.

GARRIGA, A.M. **Reología de espessantes celulósicos para pinturas al água: modelización y mecanismo de espesamiento asociativo**. 2002. 246 p. Tesis (Doctoral en Ingeniería Química) - Universidad de Barcelona, Barcelona, 2002.

GIRALDO-ZUÑICA, A.D.; COIMBRA, J. S. R.; GOMES, J. C.; MINIM, L. A. ROJAS, E. E. G.; GADE, A. D. Tecnologias aplicadas ao processamento do soro de queijo. **Revista do Instituto Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 59, n. 340/341, p. 53-66, 2004.

GLOBALFOOD. **Soro um alimento saudável e base econômica para produtos inovadores. 2006**. Disponível em: <<http://www.globalfood.com.br>>. Acesso em: 01 jul. 2014.

GOMES, R.G.; PENNA, A.L.B. Características reológicas e sensoriais de bebidas lácteas funcionais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 629- 646, 2009.

GONCALVEZ, D.; PEREZ, C.; REOLON, G.; SEGURA, N.; LEMA, P.; GAMBARO, A.; ARES, G.; VARELA, P. Effect of thickeners on the texture of stirred yogurt. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 3, p. 207-211, 2005.

HAMINIUK, C.W.I. **Comportamento reológico e fracionamento péctico das polpas integrais de araçá (*Psidium catlleianum sabine*) e amora-preta (*Rubus spp*)**. 2005. 85p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

HARBUTT, J.; DENNY, R. **Manual enciclopédico do queijo**. Lisboa: Editorial Estampa, 1999. 256 p.

HOLDSWORTH, S.D. Rheological models used for the prediction of the flow properties of food products: a literature review. **Transactions of the Institution of Chemical Enginners**, London, v. 71, pt. C, p. 139-179, 1993.

HORNE, D.S. Casein interactions: casting light on the *Black Boxes*, the structure in dairy products. **International Dairy Journal**, Barking, v. 8, n. 3, p. 171-177, 1998.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo, 2008. 595 p.

LEAL, A.B. **Estudo do escoamento de fluidos não-newtonianos em dutos**. 2005. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

LEBENS MITTEL UND BEDARFSGEGENSTÄNDE GESETZ – LMBG. § 35 LMBG, L01.00-60: determination of nitrogen content in milk and milk products; method of Dumas. Vellmar, 1997. 18 p.

LERAYER, A.L.S.; SALVA, T.J.G. **Leites fermentados e bebidas lácticas: tecnologia e mercado**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1997.

LONGO, G. **Influência da adição de lactase na produção de iogurte**. 2006. 109 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

LUCEY, J.A. Formation and physical properties of milk protein gels. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 2, p. 281-294, 2002.

_____. Culture dairy products: An overview of their gelation and texture properties. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 57, n. 1, p. 34-40, 2004.

LUZ, L.M.P. **Avaliação do envase a quente de uma bebida láctea na conservação a temperatura ambiente**. 2008. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

MAGALHÃES, K.T.; PEREIRA, M.A.; NICOLAU, A.; DRAGONE, G.; DOMINGUES, L.; TEIXEIRA, J.A.; SILVA, J.B.A.; SCHWAN, R.F. Production of fermented cheese whey-based beverage using kefir grains as starter culture: evaluation of morphological and microbial variations. **Bioresource Technology**, Braga, v. 101, p. 8843-8850, 2010.

MARRET, N. **Manufacturer says refinery tech aids whey process ‘purity’**. 2009. Disponível em: <www.foodqualitynews.com>. Acesso em: 19 jun. 2014.

MARSHALL, K. Therapeutic applications of whey protein. **Alternative Medicine**, Buffalo, v. 9, n. 2, p. 136-156, 2004.

MARTIN, A.F. **Armazenamento do iogurte comercial e o efeito na proporção das bactérias lácticas**. 2002. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MARTINS, J.F.P.; LUCHESE, R.H. Determinação da compatibilidade de crescimento associativo entre cepas de *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*. **Revista do Instituto Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 43, n. 256, p. 11-13, 1988.

MATOS, R.A. **Desenvolvimento e mapa de preferência externo de bebida láctea a base de soro e polpa de graviola (*Annonamuricata*)**. 2009. 79 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.

MEENA, M.K.; ARORA, S.; SHENDURSE, A. M.; SHARMA, V.; WADHWA, B. K.; SINGH, A. K. Formulation optimization of whey lemon beverage using a blend of the sweeteners aspartame and saccharin. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 65, n. 1, p. 146-151, Feb. 2012.

MICROBEWIKI. ***Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus***. Disponível em: <<https://microbewiki.kenyon.edu>>. Acesso em: 18 mar. 2014.

MIZUBUTI, I.Y. Soro de leite: composição, processamento e utilização na alimentação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 15, p. 80-94, 1994.

MULLINEUX, G.; SIMMONS, M.J.H. Effects of processing on shear rate of yoghurt. **Journal of Food Engineering**, Bath, v. 79, p. 850-857, 2007.

MUNDIM, S.A.P. **Elaboração de iogurte funcional com leite de cabra, saborizado com frutos do cerrado e suplementado com inulina**. 2008. 133 p. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

NEIROTTI, E.; OLIVEIRA, A.J. Produção de iogurte pelo emprego de culturas lácticas mistas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1/2, p. 1-16, 1988.

OLIVEIRA, K.H.; SOUZA, J.A.R.; MONTEIRO, A.R. Caracterização reológica de sorvetes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 592-598, 2008.

OLIVEIRA, V.M. **Formulação de bebida láctea fermentada com diferentes concentrações de soro de queijo, enriquecida com ferro: caracterização físico-química, análises bacteriológicas e sensoriais**. 2006. 78 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2006.

ORDÓÑEZ, J.A.P. **Tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artimed, 2005. 280 p.

_____. **Tecnologia de Alimentos: Alimentos de Origem Animal**. Porto Alegre: Artimed, 2007. 279 p.

PASEEPHOL, T.; SMALL, D.M.; SHERKAT, F. Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. **Journal of Texture Studies**, Melbourne, v.39, p. 617-634, 2008.

PATIL, S.S. **Rheology and Methods of Analysis**. Disponível em: <<http://www.pharmainfo.net/reviews/rheology-and-methods-analysis>>. Acesso em: 01 julho 2014.

PELEGRINE, D.H.G.; CARRASQUEIRA, R. L. Aproveitamento de soro do queijo no enriquecimento nutricional de bebidas. **Brazilian Journal of Food**, Campinas, v. 7, n. 21, p. 145-151, dez. 2008.

PENNA, A.L.B.; ALMEIDA, K.E.; OLIVEIRA, M.N. Soro de leite: importância biológica, comercial e industrial; principais produtos. In: OLIVEIRA, M.N (Ed.). **Tecnologia de produtos lácteos funcionais**. São Paulo: Atheneu, 2009. p. 251-276.

PFLANZER, S.B.; CRUZ, A.G. da; HATANAKA, C.L.; MAMEDE, P. L.; CADENA, R.; SILVA, M. A. A. P. Desenvolvimento do perfil sensorial e aceitação de bebida láctea achocolatada. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS. 24., 2007, Juiz de Fora, MG. **Anais...Juiz de Fora: CT/ILCT; EPAMIG**, 2007. p. 91-98.

PONSANO, E.H.G.; PINTO, M.F.; CASTRO GOMES, R.J.H. Soro de leite; obtenção, características e aproveitamento: revisão. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 13, p. 92-96, 1992.

RAPACCI, M. **Leites Fermentados**. Curitiba: PUC-PR, 1999. 29 p.

RASIC, J.L.; KURMANN, J.A. **Yoghurt**: Scientific grounds technology, manufacture & preparation. Copenhagen: Technical Dairy Publishing House, 1978. 466 p.

RÉVILLION, J.P.; BRANDELLI, A.; AYUB, M.A.Z. Produção de extratos de leveduras de uso alimentar a partir de soro de queijo: abordagem de elementos técnicos e mercadológicos relevantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 246-249, 2000.

ROBINSON, R.K.; LUCEY, J.A.; TAMIME, A.Y. Manufacture of Yoghurt. In: TAMIME, A.Y.(Ed.). **Fermented Milks**. Oxford: Blackwell Science, 2006. chap. 3, p. 56-70.

RODAS, M.A.B.; RODRIGUES, R.M.M.S.; SAKUMA, H.; TAVARES, L.Z.; SGARBI, C.R.; LOPES, W.C.C. Physicochemical, histological and viability of lactic bacteria in yogurts containing fruit. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 304-309, 2001.

RODRIGUES, M.A.M.; SANTOS, K.A. Qualidade microbiológica de iogurtes e bebidas lácteas fermentadas, comercializadas em Uberlândia, Minas Gerais. **Higiene Alimentar**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 150, p. 39-40, 2007.

SALMINEN, S.; WRIGHT, A.; OUWEHAND, A. **Lactic Acid Bacteria**: microbiological and functional aspects. 3rded. New York: Marcel Dekker, 2004. 633 p.

SARAIVA, C.B. **Potencial poluidor de laticínio de pequeno porte**: um estudo de caso. 2008. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SCHRAMM, G. **Reologia e reometria**: fundamentos teóricos e práticos. São Paulo: Editora Artliber, 2006. 232 p.

SEVERO, L.M.B. **Desenvolvimento de uma bebida láctea a base de soro de leite fermentado**. 1995. 74 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos e Medicamentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 1995.

SHARMA, S.K.; MULVANEY, S.J.; RIZVI, S.S.H. **Food processing engineering: theory and laboratory experiments**. New York: Wiley-Interscience, 2000. 348 p.

SILVA, C.A.; HERNAN-GOMEZ, R.C. Qualidade proteica do soro de leite fermentado pela levedura *Kluyveromyces fragilis*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 3, p. 515-520, 2000.

SILVA, K.; BOLINI, H.M.A. Avaliação sensorial de sorvete formulado com produto de soro ácido de leite bovino. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 116-122. 2006.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 2010. 317 p.

SILVA, R.C.F. **Iogurte**. Piracicaba: ESALQ, Depto. Tecnologia Rural, 1985. 23 p.

SILVA, S.V. **Desenvolvimento de iogurte probiótico com prebiótico**. 2007. 109 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SIVIERI, K.; OLIVEIRA, M.N. Avaliação da vida de prateleira de bebidas lácteas preparadas com *fat-replacers* (Litesse e Dairy-lo). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 24-31, 2002.

SMIT, G. **Dairy processing: improving quality**. London: Wood Head Publ., 2003. 532 p.

STEFFE, J.F. **Rheological methods in food process engineering**. 2nd ed. Michigan: Freeman Press, 1996. 418 p.

TABILO-MUNIZAGA, G.; BARBOSA-CANOVAS, G.V. Rheology for the food industry. **Journal of Food Engineering**, Chillan, v. 67, p. 147-156, 2005.

TAMIME, A.Y. **Fermented Milks**. Oxford: Blackwell Science. 2006. 288 p.

TAMIME, A.Y.; ROBINSON, R.K. **Yogurt: ciencia y tecnologia**. Zaragoza: Acribia, 1991. 368 p.

_____. **Yoghurt science and technology**. London: Wood Head Publ. 2000. 619 p.

TEBALDI, V.M.R.; RESENDE, J.G.O.S.; RAMALHO, G.C.A.; OLIVEIRA, T. L. C.; ABREU, L. R.; PICCOLI, R. H. Avaliação microbiológica de bebidas lácteas fermentadas adquiridas no comércio varejista do sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1085-1088, 2007.

TEIXEIRA, A.C.P.; MOURTHE, K.; ALEXANDRE, D.P.; SOUZA, M.R.; PENNA, C.F.A.M. Qualidade do iogurte comercializado em Belo Horizonte. **Leite & Derivados**, Belo Horizonte, v. 9, n. 51, p. 32-37, 2000.

TEIXEIRA, V.Q.; CORTEZ, M.A.S.; SILVA, C.; PLATTE, C. S.; SILVA, A. Comercialização de produtos lácteos com a adição de soro de queijo e avaliação do conhecimento do consumidor em relação à essa adição. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HIGIENISTAS DE ALIMENTOS, 9., 2005, Búzios. **Anais...Búzios: Colégio Brasileiro de Médicos Veterinários Higienistas de Alimentos**, 2005. p. 118-121.

TELES, C.D.; FLORES, S. H. Influência da adição de espessantes e leite em pó nas características reológicas do iogurte desnatado. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 25, n. 2, p. 247-256, 2007.

THAMER, K. G.; PENNA, A. L. B. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos acrescidas de prebióticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 589-595, 2006

TONELI, J.T.C.L.; MURR, F.E.X.; PARK, K.J. Review: Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 181-204, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. Disponível em: <<http://www.cca.ufscar.br/espacobiotech/temas2.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

VARNAM, A.H.; SUTHERLAND, J.P. **Leche y productos lácteos: tecnologia, química y microbiología**. Zaragoza: Acribia, 1994. 498 p.

VEDAMUTHU, E.R. The yogurts story: past, present and future. Part V. **Dairy, Food Environmental Sanitarians**, Ames, v. 11, n. 8, p. 444-446, 1991.

VIEIRA, A.A.M.T. **Estudo da hidrólise enzimática do soro de queijo utilizando as lactases Lactozym® e Prozyn®**. 2006. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

VOSNIAKOS, F.; MOUMTZIS, A.; GIOUVANOUDI, A.; DROSOS, G.; KARAKOLTSIDIS, P. Effect of 1311 on lactic acid microflora of yogurt. **Dairy Food and Environmental Sanitation**, Thessaloniki, v. 8, n. 11, p. 433-435, 1991.

VOURCH, M.; BALANNEC, B.; CHAUFER, B.; DORANGE, G. Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. **Desalination**, Amsterdam, v. 219, p. 190-202, 2008.

WALSTRA, P.; WOUTERS, J.T.M.; GEURTS, T.J. **Dairy Science and Technology**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. 154 p.

WALSTRA, P.; GEURTS, T. J.; NOOMEN, A.; JELLEMA, A.; BOEKEL, J. S. **Dairy Technology: principles of milk properties and processes**. New York: Marcel Dekker, 1999. 726 p.

ZHONG, Q.; DAUBERT, C.R. Food rheology. In: KUTZ, M. **Handbook of farm, dairy and food machinery**. New York: Willian Andrew Publ., 2007. p. 391-414.

ANEXOS

Anexo A

Tabela –Valor nutricional de iogurtes e bebidas lácteas de mercado

	Marca A	Marca B	Marca C	Marca D	Marca E	Marca F	Marca G
Proteína (g/100g)	3,44	2,00	2,55	2,11	2,33	2,77	2,22
Gordura (g/100g)	3,11	1,55	1,55	2,55	2,44	< 0,50	2,33
Carboidratos (g/100g)	11,70	14,00	14,00	15,55	17,77	15,50	15,50