UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Adja Cristina Lira de Medeiros

**Iogurte caprino probiótico em pó: estudo do processo de
secagem, da caracterização do pó e da viabilidade do
probiótico**

Pirassununga

2013

Adja Cristina Lira de Medeiros

**Iogurte caprino probiótico em pó: estudo do processo de
secagem, da caracterização do pó e da viabilidade do
probiótico**
(Versão Corrigida)

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia
e Engenharia de Alimentos da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção
do Título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Ciências da Engenharia de
Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Carmen Sílvia Fávaro
Trindade

Pirassununga

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo

M488i Medeiros, Adja Cristina Lira de
Iogurte caprino probiótico em pó: estudo do processo de secagem, da caracterização do pó e da viabilidade do probiótico / Adja Cristina Lira de Medeiros. -- Pirassununga, 2013.
70 f.
Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Alimentos.
Área de Concentração: Ciências da Engenharia de Alimentos.
Orientadora: Profa. Dra. Carmen Sílvia Fávaro Trindade.

1. Atomização 2. *Bifidobacterium animalis subsp. lactis* 3. Maltodextrina 4. *Spray dryer*. I. Título.

DEDICATÓRIA

À minha querida e amada mãe, Fátima Lira,
costureira da arte e da vida, minha maior razão de viver.

Às minhas orientadoras e amigas, Carmen e Roberta,
pela paciência, carinho e dedicação durante todos esses anos de muito
companheirismo.

AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. Carmen Sílvia Fávaro-Trindade (USP), pela oportunidade e orientação no mestrado, pelos conselhos no meu futuro profissional e, acima de tudo, pelo ser humano incrível que ela é.

À Professora Dra. Roberta Targino Pinto Correia (UFRN), pelos ensinamentos durante a graduação, pelas oportunidades oferecidas, pelo carinho e amizade e por ser um belo exemplo de vida.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado e apoio financeiro para realização desta pesquisa.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Especialista do Laboratório de Alimentos Funcionais (LAPROF), Marcelo Thomazini, pela paciência e ensinamentos durante o mestrado, pela amizade e pelas conversas confortantes nos momentos mais difíceis que passei.

À Deus, por ter me presenteado com uma MÃE que amo mais que tudo na minha vida, pelas oportunidades grandiosas, e pelos momentos de felicidade que me proporciona.

Eu poderia agradecer à minha mãe, mas prefiro agradecer à minha “MAINHA”, termo carinhoso que chamo desde criança. Agradeço à essa mulher que me ensinou que o maior casamento é a independência e que os estudos poderiam me direcionar à essa conquista. Mulher que admiro e amo com todas as minhas forças!!!

Aos meus familiares, Tia Juraci, Tia Gorete, Tio Nêgo, Tia Gracinha, Tio Ribinha, Branca, Painho, Anderson, Alane, Julinha, Joãozinho, pelo apoio financeiro, pelas risadas de encontro de família, pelos abraços carinhosos dos sobrinhos, pela comida saborosa da tia, pelas conversas telefônicas e por ser a minha família.

À Layla, Alecsandra, Stéfani e Stéphanie pela ajuda burocrática.

Aos Profissionais do Laticínio Seu Osvaldo e Flávio, pela ajuda durante a elaboração do iogurte.

À Ednelí, Ana Mônica, Rodrigo, pela ajuda com algumas análises.

Aos amigos e colegas de laboratório Fernando, Volnei, Paulinha, Talitinha, Lilou, Roberta, Fernanda, Ana Júlia, Milla, Mariana, Júlio pelo apoio na realização dos testes práticos, pelas corridas no campus da USP, pelas gargalhadas durante os experimentos, pela ajuda a montar e desmontar o *spray dryer*, pelas confraternizações e pela amizade em todos os momentos.

Às minhas amigas e vizinhas de quarto Diane, Mírian e Taíse, que escutam todas as minhas angústias e acompanham todos os meus surtos de alegria.

Aos meus amigos que me adotaram em uma cidade que aprendi a amar (Pirassununga), Vítor, Débora, Mayra, Keliani, Júlio, Carol, Daniel Gonçalves, Cristina, Thaysa, Hugo, Lucas, Bárbara, Josi, Camila, Paola, Helena, Adriana, Grazi, Cristian, Daniel Veras, Drucila, Gisele, Mirelle, Natali, Tiara, Milton e Polly.

À minha “amiga-irmã” Kátia Cristina Borges, por ter me ensinado algumas etapas da pesquisa e por me fazer refletir no tema mais importante da vida: a FELICIDADE.

À minha amiga Jéssica, minha alma gêmea da amizade.

BIOGRAFIA

ADJA CRISTINA LIRA DE MEDEIROS, filha de Maria de Fátima Medeiros de Lira e José Cícero de Medeiros, nasceu no dia 03 de junho de 1985, em Florânia, cidade localizada no estado do Rio Grande do Norte.

Em 2004, concluiu o curso técnico em Controle Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

Em 2010, concluiu a graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Durante 4 anos da graduação, a aluna realizou pesquisas direcionadas ao estudo de derivados lácteos, especialmente o iogurte. E como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), apresentou o trabalho intitulado “Avaliação da concentração de vitamina A em leite de cabra e derivados”.

RESUMO

MEDEIROS, A. C. L. **Iogurte caprino probiótico em pó: estudo do processo de secagem, da caracterização do pó e da viabilidade do probiótico.** 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.

Os objetivos do estudo foram elaborar iogurtes com a cultura tradicional e a cultura probiótica de *Bifidobacterium animalis subsp. lactis*, desidratar os produtos em *spray dryer* utilizando maltodextrina como carreador e caracterizar os pós obtidos, bem como determinar a resistência dos probióticos ao processo de atomização. O presente estudo avaliou três temperaturas de entrada do ar de secagem (130, 150 e 170°C) em iogurtes com duas diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%), totalizando 6 tratamentos: T1 (10%malto/130°C), T2 (20%malto/130°C), T3 (10%malto/150°C), T4 (20%malto/150°C), T5 (10%malto/170°C) e T6 (20%malto/170°C). A secagem do iogurte foi realizada em *spray dryer* piloto e a enumeração das células viáveis de *Bifidobacterium animalis subsp. lactis* foi realizada através de plaqueamento em profundidade. Os pós apresentaram baixos valores de umidade e elevada higroscopicidade. A atividade de água (A_w) dos pós variou de 0,09 a 0,19 e aumentou após 30 dias de armazenamento, comprovando o caráter higroscópico dos pós obtidos. Verificou-se que após a desidratação dos iogurtes, apesar deles apresentarem contagens inferiores que os produtos integrais, ainda apresentaram contagens acima de 10^6 UFC/g, ou seja, ainda estavam dentro do limite estabelecido pela legislação para um produto ser considerado probiótico. Os tratamentos que passaram por maiores temperaturas durante o processamento de secagem (T5 e T6) foram os que tiveram maiores perdas de micro-organismos probióticos, sugerindo que as altas temperaturas exerceram forte influência na viabilidade dos probióticos. O T1 obteve maiores contagens do micro-organismo analisado, com contagens acima de 10^6 UFC/g, com até 60 dias de armazenamento, indicando ser o melhor tratamento entre os estudados, em relação à obtenção de um iogurte caprino probiótico em pó com maior período de vida de prateleira. De maneira geral, conclui-se que o processo de atomização possibilitou a obtenção de iogurte de leite de cabra em pó estável do ponto de vista microbiológico. Além disso, obteve-se um produto que pode ser uma alternativa para incrementar o consumo de leite de cabra, bem como o de probióticos.

Palavras-chave: atomização, *Bifidobacterium animalis subsp. lactis*, maltodextrina, *spray dryer*.

ABSTRACT

MEDEIROS, A. C. L. **Goat milk yogurt powder with probiotics: study of the drying process, the powder characterization and probiotic viability.** 2013. 70 p. MSc. Dissertation - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.

The aim of this study was to develop yogurts with the traditional culture and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* probiotic culture, dehydrate products in spray drying using maltodextrin as a carrier and characterize the powders, as well as determining the resistance of probiotics to atomization process. The present study evaluated three different inlet air temperatures of spray dryer (130, 150 and 170°C) in yoghurts with two different maltodextrin concentrations (10 and 20%), totaling six treatments: T1 (10%malto/130°C), T2 (20%malto/130°C), T3 (10%malto/150°C), T4 (20%malto/150°C), T5 (10%malto/170°C) e T6 (20%malto/170°C). The yogurt drying was performed in a pilot spray dryer and the viable cells of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* enumeration was performed by pour plate. The powders showed low levels of humidity and high hygroscopicity. The water activity (A_w) of the powders ranged from 0.09 to 0.19 and increased after 30 days of storage, showing the hygroscopic powders character. It was found that after yogurt dehydration, despite their counts were less than integral products, still had counts above 10^6 CFU/g, therefore were still within regulation limits for a product to be considered as probiotic. The treatments that have undergone higher temperatures during the drying process (T5 and T6) were those who had higher losses of probiotic microorganisms, suggesting that high temperatures had a strong influence on the viability of probiotics. The T1 (130°C/10%) obtained higher counts of the microorganism analyzed, with counts above 10^6 CFU/g, during 60 days of storage, indicating that is the best treatment among those studied in relation to obtaining a goat probiotic yoghurt powder with longer shelf life. In general, it is concluded that the atomization process allows the obtention of stable goat milk yogurt powder, in a microbiological point of view. Furthermore, it was obtained a product that can be an alternative for increasing the consumption of goat milk as well as probiotics.

Keywords: atomization, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, maltodextrin, spray dryer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de leite caprino em toneladas/ano nos dez países que apresentaram maiores taxas de aumento entre 1990 e 2010 (FAO, 2012).	21
Figura 2 - Produção de acetaldeído durante o desenvolvimento das culturas <i>Streptococcus thermophilus</i> e <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> em crescimento associativo (1:1) e crescendo isoladamente (FERREIRA, 2005).	29
Figura 3 - Características de cultura de micro-organismos probióticos em leites fermentados (MOHAMMADI; SOHRABVANDI; MORTAZAVIAN, 2012).	27
Figura 4 - Esquema do spray-dryer e do fluxo do ar de secagem (LANNES e MEDEIROS, 2003).	32
Figura 5 - Tratamentos utilizados no presente estudo com amostras de iogurte de leite de cabra.	35
Figura 6 - Fluxograma do processo de preparo do inóculo de <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i>	36
Figura 7 - Fluxograma do processo de elaboração do iogurte probiótico de leite de cabra.	37
Figura 8 - <i>Spray dryer</i> utilizado para a atomização de iogurte probiótico de leite de cabra.	38
Figura 9 - Valores médios da contagem de culturas probióticas de <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> nas amostras de iogurte caprino antes e após a secagem em <i>spray dryer</i> , ambas expressas em base seca.	Erro! Indicador não definido.
Figura 10 - Médias de solubilidade (%) calculadas em base seca de amostras de iogurte probiótico caprino em pó.	51
Figura 11 - Distribuição do tamanho de partículas (%) de iogurtes em pó de leite caprino. ...	53
Figura 12 - Cores no sistema L, a, b.	54
Figura 13 - Amostras de iogurte probiótico caprino em pó.	56
Figura 14 - Médias de L, a* e b* para representar a cor de pós de iogurte probiótico caprino.	Erro! Indicador não definido.
Figura 15 - Micrografias das partículas produzidas pela atomização em <i>spray dryer</i> (temperaturas de ar de secagem: 130, 150 e 170°C) de iogurte caprino com 10 e 20% de maltodextrina: T1 (130°C/10% malto) = A (200x); B (500x); C (1000x); T2 (130°C/20% malto) = D (200x); E (500x); F (1000x); T3 (150°C/10% malto) = G (200x); H (500x); I (1000x); T4 (150°C/20% malto) = J (200x); K (500x); L (1000x); T5 (170°C/10% malto) = M (200x); N (500x); O (1000x); T6 (170°C/20% malto) = P (200x); Q (500x); R (1000x).	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição média do leite de cabra.	Erro! Indicador não definido.
Tabela 2 - Médias ($\pm$ desvios-padrões) de pH e acidez titulável para os iogurtes puros antes da desidratação.	44
Tabela 3 - Médias ($\pm$ desvios-padrões) dos valores obtidos para atividade de água e sólidos totais para os iogurtes acrescidos de maltodextrina antes da desidratação.....	44
Tabela 4 - Estimativa da população probiótica de <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> em iogurte de leite de cabra (log10 UFC/g).	46
Tabela 5 - Estimativa da população probiótica de <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> em iogurte de leite de cabra (log10 UFC/g – base seca) e nos pós obtidos após atomização em <i>spray dryer</i> submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130, 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%).....	47
Tabela 6 - Valores de umidade (%) dos iogurtes em pó.....	48
Tabela 7 - Valores de atividade de água de iogurte em pó de leite de cabra submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130, 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%) em diferentes dias de estocagem (0, 30, 60, 90 e 120).	49
Tabela 8 - Médias de higroscopicidade (g de água absorvida/100 g de pó) de iogurte em pó de leite de cabra durante a estocagem por 120 dias.	50
Tabela 9 - Diâmetro médio das partículas (μ m) de iogurte probiótico caprino em pó submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130, 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%) em diferentes dias de estocagem (0, 30, 60, 90 e 120).	52
Tabela 10 - Valores de luminosidade obtidos para iogurtes em pó de leite de cabra submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130, 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%) em diferentes dias de estocagem (0, 30, 60, 90 e 120).	54
Tabela 11 - Valores do parâmetro a^* de iogurtes em pó de leite de cabra submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130, 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%) em diferentes dias de estocagem (0, 30, 60, 90 e 120).	55
Tabela 12 - Valores de cor (b^*) de iogurte em pó de leite de cabra submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130, 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%) em diferentes dias de estocagem (0, 30, 60, 90 e 120).	57
Tabela 13 - Estimativa da população probiótica de <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> em amostras de iogurte em pó de leite de cabra (log10 UFC/g – base seca).	57

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Importância sócio-econômica da caprinocultura leiteira	17
2.2	Leite caprino.....	18
2.2.1	Definição, composição e propriedades benéficas do leite caprino à saúde.....	18
2.2.2	Mercado e consumo de leite caprino e derivados	19
2.3	Micro-organismos probióticos	22
2.3.1	Bifidobactérias	23
2.3.2	Alimentos suplementados com probióticos.....	24
2.4	Iogurte	25
2.4.1	Definição e origem	25
2.4.2	Processo produtivo do iogurte.....	25
2.4.2.1	Matérias-primas.....	25
2.4.2.2	Cultura láctea.....	26
2.4.2.3	Tratamento térmico	28
2.4.2.4	Fermentação	28
2.4.2.5	Resfriamento	30
2.4.2.6	Acondicionamento e embalagem	30
2.4.3	Utilização de iogurte probiótico como alimento funcional.....	31
2.5	Secagem por atomização.....	32
2.6	Obtenção de iogurte em pó	33
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1	Material	35
3.2	Tratamentos.....	35
	O presente estudo avaliou três temperaturas de entrada do ar de secagem (130, 150 e 170°C) em iogurtes com duas concentrações de maltodextrina (10 e 20%), totalizando 6 tratamentos, conforme mostra a Figura 5.....	35
3.3	Preparo de inóculo de <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i>	36
3.4	Elaboração do iogurte	36
3.5	Atomização em <i>spray dryer</i>	37

3.6 Microbiologia.....	38
3.6.1 Esterilização	38
3.6.2 Cuidados assépticos.....	39
3.6.3 Enumeração de <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> no inóculo, iogurte e iogurte em pó.....	39
3.7 Caracterização do iogurte.....	40
3.7.1 pH e acidez titulável do iogurte.....	40
3.7.2 Teor de sólidos totais do iogurte	40
3.7.3 Atividade de água.....	40
3.8 Caracterização dos pós obtidos	41
3.8.1 Atividade de água.....	41
3.8.2 Teor de umidade.....	41
3.8.3 Higroscopicidade.....	41
3.8.4 Solubilidade.....	41
3.8.5 Tamanho e distribuição de partículas.....	42
3.8.6 Morfologia (Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV)	42
3.8.7 Determinação da cor nos pós	42
3.8.8 Avaliação da resistência das culturas probióticas ao processo de atomização	42
Para avaliar a resistência das células viáveis de <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> ao processo de atomização, a metodologia de contagem foi realizada como descrito no item 3.6.3, antes (iogurte) e após o processo (iogurte em pó).....	42
3.8.9 Viabilidade das culturas probióticas nos produtos armazenados	42
3.9 Análises estatísticas.....	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Análises físico-químicas no iogurte caprino probiótico.....	44
4.1.1 Avaliação do pH.....	44
4.1.2 Acidez em ácido láctico	45
4.1.3 Sólidos Totais.....	45
4.1.4 Atividade de água.....	46

4.1.5	Contagem dos probióticos	46
4.2	Caracterização dos iogurtes desidratados.....	47
4.2.1	Umidade	48
4.2.2	Determinação da atividade de água (Aw)	49
4.2.3	Higroscopicidade.....	50
4.2.4	Solubilidade.....	51
4.2.5	Tamanho e distribuição de partículas.....	52
4.2.6	Cor instrumental.....	53
4.2.7	Viabilidade dos probióticos durante o armazenamento dos produtos.....	57
4.2.8	Morfologia das partículas por MEV	59
5.	CONCLUSÕES	61
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1. INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de alimentos funcionais é notório em muitos países, o que pode ser atribuído à conscientização da população a respeito dos benefícios que esses alimentos podem oferecer, além do fornecimento dos nutrientes básicos, à manutenção da saúde dos consumidores. A adição de probióticos é a mais importante linha de pesquisa em desenvolvimento entre os alimentos funcionais, onde se destacam os derivados lácteos, tais como queijos, sorvetes e leites fermentados.

Entre as linhagens probióticas mais comumente utilizadas estão diversos representantes dos *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* e *Saccharomyces*. Para que o produto final seja considerado veiculador de probióticos, deve apresentar contagens de no mínimo 10^6 UFC/g durante toda a vida de prateleira (BRASIL, 2000a), para isso, deve-se garantir a sobrevivência ao processamento e durante a estocagem do alimento.

As pesquisas na área de probióticos têm progredido consideravelmente nos últimos 20 anos. Avanços significantes têm sido observados quanto à seleção e caracterização de culturas probióticas específicas, além do desenvolvimento de estudos destinados à comprovação dos efeitos benéficos relacionados ao seu consumo (FAO, 2006). De acordo com Saad (2006), uma microbiota intestinal saudável e microecologicamente equilibrada resulta em desempenho normal das funções fisiológicas do hospedeiro, o que irá assegurar melhoria na qualidade de vida do indivíduo.

Um estudo realizado por Wungrath, Pianmongkhol e Wirjantoro (2009) demonstrou que a ingestão de uma mistura de iogurte de cabra e de vaca com adição de probióticos (*Bifidobacterium bifidum* e *Lactobacillus acidophilus*) durante 8 semanas estimulou a síntese de imunoglobulina A (IgA), glicoproteína capaz de eliminar agentes patógenos invasores, no trato gastrointestinal de 20 adolescentes saudáveis. Além de aliviar sintomas de doenças que acometem o trato gastrointestinal, a ingestão de iogurte probiótico pode aumentar a biodisponibilidade de nutrientes e atuar na prevenção de doenças infecciosas (DAIRY COUNCIL OF CALIFORNIA, 2000).

Diante disso, existe um crescente aumento da utilização de probióticos pela indústria alimentícia, realizado nos mais diversos tipos de alimentos, como no caso do leite, cereal, queijo ou iogurte (CHAMPAGNE; GARDNER; ROY, 2005). Esse cenário dinâmico aponta para pesquisa contínua de novos veículos para disponibilização desses micro-organismos no mercado, incluindo produtos lácteos diversos, alimentos desidratados, entre outros. Paralelo a isso, as técnicas para analisar a viabilidade e a eficiência da atividade da cultura probiótica

durante toda a vida útil do produto necessitam ser investigadas e aprimoradas (KLAENHAMMER, 2000).

O iogurte tem sido utilizado pela indústria e instituições de pesquisa como o principal veículo para incorporação de probióticos, já que é um dos produtos lácteos fermentados mais consumidos no Brasil e no mundo (ORDÓÑEZ et al., 2005). Trata-se de um derivado lácteo obtido por meio da fermentação do leite através da ação de, basicamente, *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (BRASIL, 2000a). Durante o processamento ocorrem várias modificações na matéria-prima, promovendo mudanças nas características sensoriais do produto, dentre as quais, se destacam a textura, o aroma e o *flavour* típico do iogurte, tornando-o um dos produtos fermentados mais apreciados pelos consumidores (KUMAR; MISHRA, 2004).

O elevado consumo do iogurte pode ser atribuído à diversidade de produtos disponíveis no mercado, que são classificados de acordo com o processo de elaboração, adição de ingredientes, composição, consistência e textura (BRANDÃO, 1987; TAMIME; DEETH, 1980). Porém, um dos grandes entraves para elevar sua comercialização é a curta vida de prateleira e a necessidade de ser mantido sob refrigeração (KUMAR; MISHRA, 2004).

Diante disso, a desidratação poderia ser uma alternativa para estender sobremaneira a vida de prateleira do iogurte, já que reduziria drasticamente a atividade de água, dificultando a multiplicação de micro-organismos. Além disso, facilitaria seu transporte, armazenamento e comercialização, especialmente em regiões distantes dos centros produtores da matéria prima.

Como o iogurte pode ser obtido através do leite de diversas espécies, o leite de cabra, o qual apresenta reconhecida hipoalergenicidade, valor nutritivo e digestibilidade, é uma das alternativas (HASS, 2007).

Além das questões nutricionais, existem fatores econômicos que justificam a diversificação da produção de derivados caprinos. O desenvolvimento de novos produtos é uma necessidade para a maioria dos produtores no Brasil, tendo em vista as dificuldades existentes na preservação e comercialização do leite caprino *in natura*, além da possibilidade de agregar valor ao produto com consequente aumento do faturamento (IEA, 2006).

Dados colhidos recentemente em Natal-RN permitem afirmar que existe uma pré-disposição ao consumo de derivados de leite de cabra. Esse achado abre a perspectiva de que o leite caprino não é encarado como um simples substituto lácteo ou como alimento com o intuito meramente medicinal e sim, como um produto de elevado potencial tecnológico e funcional, ainda subexplorado (CORREIA; BORGES, 2009).

Porém, existem alguns entraves tecnológicos, como por exemplo, certa rejeição devido ao odor mais forte que o do leite bovino, que desafiam a popularização do leite de cabra e de seus derivados (HASS, 2007). Nesse sentido, como a fermentação láctica no leite, durante a elaboração do iogurte, gera compostos aromáticos que podem mascarar os aromas do leite de cabra e a desidratação por *spray-drying* promove volatilização de parte dos aromas presentes no produto, os processos propostos neste estudo podem contribuir para mascarar e/ou reduzir o odor característico do leite de cabra.

O iogurte em pó é um produto com características nutricionais e terapêuticas e pode ser obtido através da liofilização, da atomização, por micro-ondas ou por secagem a vácuo. Porém, trata-se de um produto altamente higroscópico, o que requer cuidados especiais no processo de embalagem do produto. De maneira geral, o iogurte em pó obtido através da secagem por *spray-drying* pode ser utilizado nas indústrias de padaria e confeitaria ou na indústria de bebidas (KUMAR; MISHRA, 2004).

Com base nos aspectos mencionados, o objetivo deste trabalho foi elaborar um produto lácteo com propriedades probióticas e alternativo para pessoas alérgicas ao leite de vaca.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância sócio-econômica da caprinocultura leiteira

Dados fornecidos em 2010, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), permitem inferir que o Nordeste Brasileiro mantém o maior efetivo de cabras, com mais de 90% do total nacional, tanto para produção de leite como de carne (IBGE, 2010).

Para o Brasil, esses animais se tornaram um valioso patrimônio genético, pois, devido às importantes características adaptativas, vem contribuindo para a produção de proteína de origem animal em regiões de elevada pobreza, principalmente no Nordeste, onde os caprinos têm importante papel na economia dos pequenos agricultores (RÊGO et al., 2007).

Além da caprinocultura exercer grande importância sócio-econômica no Brasil, tendo em vista sua concentração histórica na região Nordeste, também tem papel importante no mundo, já que alguns povos precisam de melhores fontes de proteína e cálcio, que podem ser fornecidos pelos derivados obtidos a partir do leite caprino (HAENLEIN, 2004).

Os animais da espécie caprina se adaptam a regiões montanhosas, acidentadas e secas onde outras culturas não são capazes de resistir, como por exemplo, as regiões do Mediterrâneo e do Oriente Médio (HAENLEIN, 2004; PANDYA; GHODKE, 2007). São as espécies ruminantes que são menos afetadas por condições fisiológicas, ambientais e emocionais que possam reduzir a produção de leite. Tais vantagens podem ser explicadas pelas suas características únicas morfológicas e fisiológicas (SILANIKOVE et al., 2010). Além disso, o leite de cabra é conhecido por seus efeitos benéficos e terapêuticos e tem contribuído na economia de muitos países em desenvolvimento, especialmente na região do Mediterrâneo, Oriente Médio, Europa Oriental e países sul-americanos (HAENLEIN, 1996; RIBEIRO; RIBEIRO, 2010).

Assim, além de promoverem benefícios à saúde dos consumidores, a caprinocultura leiteira pode, ainda, agir no âmbito social, por ser uma atividade rentável, mesmo nos países em desenvolvimento com difíceis condições climáticas e topográficas (HAENLEIN, 2001).

2.2 Leite caprino

2.2.1 Definição, composição e propriedades benéficas do leite caprino à saúde

Segundo o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite de Cabra do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o leite de cabra é o produto obtido através da ordenha completa e ininterrupta de animais sadios da espécie caprina que estejam bem alimentados e descansados (BRASIL, 2000b).

A composição do leite pode variar devido a fatores genéticos (espécie, raça), fisiológicos (idade, ocorrência de doenças e período de lactação), ambientais e de manejo (clima, estação do ano, temperatura, incidência solar e de chuvas, alimentação, quantidade e intervalo de ordenhas), ou ainda há possibilidade de sofrer alterações propositas, como adulteração ou fraude (KOBBLITZ, 2011).

O leite caprino apresenta aroma diferente dos demais tipos de leite e pode ser um dos fatores responsáveis pelo preconceito e recusa pela população ao longo dos anos. Apesar disso, esse tipo de leite tem desempenhado um importante papel na nutrição humana, bem estar e sobrevivência no mundo (RIBEIRO; RIBEIRO, 2010). Diante do maior acesso às informações técnicas e científicas, que têm ressaltado a importância do leite de cabra na alimentação humana e o potencial produtivo desse rebanho, houve um aumento da conscientização do consumo desse tipo de leite (SEBRAE, 2001).

Além disso, o leite caprino apresenta determinadas características que podem potencializar seu consumo, como melhor digestibilidade, teor de proteínas de alto valor nutritivo, alcalinidade, bem como a hipoalergenicidade, motivo pelo qual atrai o consumo de grupos alérgicos ao leite de vaca (HAENLEIN, 2004; RIBEIRO; RIBEIRO, 2010).

O tamanho reduzido e a fácil dispersão dos seus glóbulos de gordura proporcionam uma coalhada fina, macia e com perfeita digestão em um curto espaço de tempo, permitindo assim elevada digestibilidade do leite caprino pelo organismo humano (COSTA, 2005).

Levando em consideração que vários fatores podem influenciar na composição do leite, Valenti, Pagano e Avondo (2012) observaram que a ingestão de lipídeos é um fator que influencia na composição do leite. Os autores observaram que a alimentação de maior valor energético resultou no aumento da produção da caseína, principal proteína do leite, quando comparada com a alimentação de menor valor energético (VALENTI; PAGANO; AVONDO, 2012).

Quanto à composição da gordura, os ácidos graxos podem ser de cadeia curta, média e longa. Quanto menor a cadeia de ácidos graxos, mais facilmente ele será metabolizado. O leite caprino, por sua vez, apresenta uma grande proporção de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente os ácidos capróico, caprílico e cáprico (VIEIRA DE SÁ, 1978).

Além de diferir em suas porções lipídicas e protéicas, o leite de cabra apresenta níveis de pH, β -caroteno e α S1-caseína inferiores ao do leite bovino e teores superiores de cálcio, potássio e vitaminas A e D. Essas diferenças interferem nas características tecnológicas do leite de cabra e, conseqüentemente, na produção de seus derivados (HAENLEIN, 2001).

Com o objetivo de analisar a utilização de proteína e de magnésio pelo organismo, Lopez-Aliaga et al. (2003) realizaram um estudo em ratos, comparando o efeito do consumo do leite de cabra e do leite de vaca. Eles constataram que aqueles animais que consumiram leite de cabra obtiveram melhores taxas de eficiência proteica e conversão alimentar quando comparados aos que se alimentaram com leite de vaca. Além disso, o grupo de ratos que se alimentou com leite caprino apresentou melhor coeficiente de digestibilidade aparente do magnésio, reflexo de uma maior quantidade desse mineral armazenada nos ossos. Os autores concluíram que o consumo de leite de cabra pode resultar em efeitos benéficos quanto à utilização da proteína e da biodisponibilidade do magnésio, mineral essencial para o corpo humano (LOPEZ-ALIAGA et al., 2003).

Além disso, estudo recente indica que é possível produzir iogurte com características sensoriais agradáveis ao consumidor, combinando o valor nutritivo característico do leite caprino com o potencial funcional de bactérias probióticas (XANTHOPOULOS; IPSILANDIS; TZANETAKIS, 2012).

2.2.2 Mercado e consumo de leite caprino e derivados

O leite caprino apresenta características peculiares, que o torna diferente do leite proveniente das demais espécies. Seus produtos são apreciados, geralmente, por pessoas que já possuem o hábito do consumo, porém há um grande número de pessoas que o rejeitam. Tal rejeição pode ser por vários fatores, entre eles, seu odor e sabor característicos, bem como a falta de conhecimento a respeito da qualidade nutricional do leite de cabra (CORREIA; BORGES, 2009).

Já que é comum o preconceito dos consumidores pelos derivados de leite caprino, são necessários mais estudos para distinguir algumas crendices populares sobre o leite caprino dos

resultados comprovados cientificamente (VIEIRA DE SÁ, 1978). Acredita-se que a rejeição pelos derivados de leite caprino seja uma questão cultural, por muitas pessoas nunca terem experimentado nenhum produto, mas ainda assim, existem categorias para classificar um possível consumidor de derivados caprinos:

a) o curioso: aquele que nunca provou, mas tem interesse em conhecer e pode ser um consumidor em potencial, caso deguste um alimento que o agrade;

b) o apreciador: costuma consumir regularmente e está disposto a pagar mais, pois ele entende e exige qualidade. Geralmente são pessoas de países ou regiões que costumam consumir produtos de origem caprina;

c) o naturalista: aquele que associa os derivados caprinos a alimentos “mais naturais”;

d) o “caçador de *status*”: aquele que busca transmitir a ideia de sofisticação por estar consumindo ou oferecendo produtos caprinos, já que são produtos que passam a imagem de ser mais caros que os convencionais;

e) indicação médica: categoria de maior impacto do desenvolvimento da caprinocultura leiteira no Brasil, já que crianças com algum tipo de alergia ao leite de vaca, bem como, idosos com diversos problemas de saúde, vem consumindo o leite de cabra com regularidade;

f) outros: algum outro tipo de consumidor do leite caprino que não se encaixe nas categorias já citadas (VIEIRA DE SÁ, 1978).

No Brasil, a situação atual da comercialização de derivados lácteos caprinos ainda é escassa, sendo encontrada basicamente na forma de leites pasteurizados congelados, em pó, ou UHT, além de alguns queijos importados de países da Europa (GARCIA; TRAVASSOS, 2012). Porém, acredita-se que o mercado de leite caprino e seus derivados possa se expandir potencialmente, pois a percepção dos consumidores é a de que sejam produtos com alto valor nutritivo e de boa qualidade, diferenciando-os dos derivados de outros tipos de leite, especialmente os de leite de vaca (MARTINS et al., 2007).

Por unir os benefícios do sabor do iogurte e os de facilidade de comercialização do leite em pó, alguns autores sugerem mais estudos sobre a produção de iogurte em pó, com o objetivo de avaliar processos para obter um produto com elevada qualidade sensorial e custo relativamente baixo (KUMAR; MISHRA, 2004). Pois, para aumentar o número de consumidores no mercado de derivados de leite de cabra, é necessário oferecer produtos com preços acessíveis ao consumidor final, além de investir na maior diversidade de produtos (MARTINS et al., 2007).

Nesse sentido, o leite de cabra pode oferecer aos produtores bom rendimento e viabilidade econômica, dependendo das condições de cada região produtora. O sucesso na caprinocultura leiteira depende da produção de leite de alta qualidade, de estratégias de armazenamento, embalagem e distribuição e, acima de tudo, do desenvolvimento de novos produtos (RIBEIRO; RIBEIRO, 2010).

Porém, antes de desenvolver algum produto, é fundamental a identificação do perfil do consumidor, para poder oferecer um produto mais adequado às suas exigências, especialmente quanto à qualidade do produto a um custo compatível com o preço de mercado (VIEIRA DE SÁ, 1978).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*), a produção mundial de leite caprino teve um grande aumento. Em vinte anos (1990-2010), o aumento chegou a ser de mais de 400% em países como a República do Mali, país africano. A maior concentração da produção desse tipo de leite se encontra em países asiáticos, como Índia, que passou de mais de 2 milhões de toneladas/ano para mais de 4 milhões, e Bangladesh, que triplicou sua produção de 807.600 toneladas em 1990, para 2.496.000, em 2010, como mostra a Figura 1 (FAO, 2012). Enquanto que o Brasil passou de 142 mil para 148 mil toneladas/ano, com um aumento de 4%, evidenciando um crescimento pequeno, em relação a outros países (FAO, 2012).

Figura 1 - Produção de leite caprino em toneladas/ano nos dez países que apresentaram maiores taxas de aumento entre 1990 e 2010 (FAO, 2012).

Acredita-se que existam três fatores que possam ter levado ao aumento da demanda de leite caprino, sendo eles: o consumo doméstico concentrado, especialmente no meio rural; o maior interesse na produção por derivados lácteos, principalmente queijo e iogurte, e; por suas reconhecidas qualidades nutricionais e de hipoalergenicidade (HAENLEIN, 2004).

A alergia ao leite está associada às proteínas, tratando-se de uma reação imunológica às proteínas do leite de vaca, desencadeando uma série de reações, que vão desde problemas intestinais até complicações no sistema respiratório ou inflamações na pele (BAHNA, 2002). A proteína α S1-caseína, por sua vez, considerada a principal causadora de alergia ao leite de vaca, apresenta-se em quantidades muito pequenas no leite de cabra (RIBEIRO, 1997).

Estudo recente demonstrou que quanto menor os níveis de α S1-caseína no leite, menor a carga antigênica no indivíduo, ou seja, menor a possibilidade de produção de anticorpos, diminuindo assim as chances de alergia na ingestão do leite caprino (HODGKINSON et al., 2012).

Em um estudo realizado no Sudeste da Espanha, foram analisados leites provenientes de cabras e vacas submetidos às mesmas condições ambientais e de alimentação (diferindo apenas na natureza e na composição da dieta, já que cada espécie tem necessidades nutricionais diferentes). Os autores encontraram valores maiores da α S1-caseína no leite de vaca (30,80 g/100 g de proteína) que no leite de cabra (18,92 g/100 g de proteína), sugerindo assim a maior digestibilidade do leite caprino (CEBALLOS et al., 2009).

Sendo assim, a característica de hipoalergenicidade, em conjunto com um *marketing* apropriado, pode ser usado como ferramenta para agregar valor ao leite de cabra, já que o aumento do seu consumo pelas pessoas alérgicas ao leite de vaca serviria para alavancar o interesse por outros tipos de consumidores (HAENLEIN, 2001).

2.3 Micro-organismos probióticos

São micro-organismos vivos que, quando ingeridos em quantidade adequada, promovem benefícios à saúde de quem os consome (FAO, 2006). Podem exercer um importante papel nos sistemas digestório e imunológico, além de poder amenizar os efeitos provocados pelas doenças infecciosas em crianças e outros grupos de risco (FAO, 2006).

Para serem utilizados em alimentos os micro-organismos probióticos devem, além de sobreviver à passagem pelo trato gastrointestinal, ter capacidade de se proliferar no intestino (FAO, 2006). Por conseguinte, é extremamente relevante, para os produtos probióticos

disponíveis no mercado, que mantenham uma quantidade suficiente de micro-organismos viáveis até o final da vida de prateleira, a fim de alcançar o efeito probiótico obtido nos estudos clínicos.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) apresenta os micro-organismos com efeito probiótico aceitos para utilização em alimentos, no Brasil (Tabela 1). Entre eles, os mais utilizados pela indústria alimentícia são dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* (ABE et al., 2009).

Tabela 1 – Micro-organismos considerados com efeito probiótico, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

<i>Lactobacillus acidophilus</i>
<i>Lactobacillus casei shirota</i>
<i>Lactobacillus casei</i> variedade <i>ramnosus</i>
<i>Lactobacillus casei</i> variedade <i>defensis</i>
<i>Lactobacillus paracasei</i>
<i>Lactococcus lactis</i>
<i>Bifidobacterium bifidum</i>
<i>Bifidobacterium animalis</i> (incluindo a subespécie <i>B. animalis</i> subsp. <i>lactis</i>)
<i>Bifidobacterium longum</i>
<i>Enterococcus faecium</i>

2.3.1 Bifidobactérias

Entre os probióticos mais utilizados nesse segmento, encontram-se as bifidobactérias (MAGNE et al., 2006). Bactérias que são caracterizadas por serem micro-organismos Gram-positivos, desprovidos de flagelos, não formadores de esporos e anaeróbios (BALLONGUE, 2004).

As espécies utilizadas com maior frequência são o *Bifidobacterium adolescentis*, *B. bifidum*, *B. breve*, *B. infantis*, *B. longum* e *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*. Acredita-se que o *B. animalis* subsp. *lactis* seja um probiótico em potencial, pois além dos efeitos benéficos que proporciona ao hospedeiro, demonstra boa tolerância a ácidos e ao oxigênio molecular (BALLONGUE, 2004).

As bifidobactérias tem a capacidade de inibir o crescimento de agentes patógenos, reduzir a produção de toxinas, aumentar a biodisponibilidade de alguns nutrientes, melhorando assim a digestibilidade, aumentar a resposta imune inata, bem como, aumentar a

resistência às infecções gastrintestinais e ginecológicas (DUFFY et al., 2005).

2.3.2 Alimentos suplementados com probióticos

O consumo de alimentos suplementados com probióticos pode proporcionar o equilíbrio da microbiota intestinal e, conseqüentemente, reduzir o risco do aparecimento de diversas doenças, assegurando vários benefícios à saúde do hospedeiro (SAAD; BEDANI; MAMIZUKA, 2011). Entre esses benefícios, os que mais se destacam são: controle da microbiota intestinal; promoção da resistência gastrintestinal à colonização por patógenos; promoção da digestão da lactose em indivíduos intolerantes à lactose; estimulação do sistema imune; alívio da constipação (CHARTERIS et al., 1998, JELEN; LUTZ, 1998).

Como veiculador desses micro-organismos, os derivados lácteos constituem opção interessante, uma vez que as proteínas presentes no leite podem funcionar como inibidoras da protease digestiva, servindo como protetoras das bactérias ingeridas (CHARTERIS et al., 1998). Porém, se utilizar produtos lácteos desidratados como veiculadores das bactérias, alguns cuidados devem ser tomados, já que a viabilidade e as propriedades dos micro-organismos probióticos podem ser afetadas devido ao processamento a que o produto é submetido (OLIVEIRA, 2006).

Na indústria, já existem empresas produtoras de fermentos que têm a tecnologia necessária para obtenção de bactérias ácido-lácticas liofilizadas, incluindo probióticos, que são estabilizados e, assim, conseguem manter elevado nível de viabilidade durante a secagem e armazenamento do produto. Porém, há necessidade de estudos mais aprofundados, inclusive com testes de armazenamento, a fim de confirmar a eficácia de tal processo (FAO, 2006).

Um estudo realizado no Irã, país asiático do Médio Oriente, mostrou que o consumo de 300 g/dia de iogurte probiótico contendo *L. acidophilus* e *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* melhorou a glicemia de jejum e a função antioxidante em pacientes diabéticos tipo 2, sugerindo que o iogurte probiótico é um alimento funcional que pode exercer função antidiabética e propriedades antioxidantes (EJTAHED et al., 2012).

Entre os alimentos mais utilizados para a incorporação desses micro-organismos, o grupo de leites fermentados é o mais popular (JELEN; LUTZ, 1998; SHAH, 2007). Alguns autores apontam a necessidade de mais pesquisas relacionadas aos métodos e tecnologias mais eficazes para a fabricação de leites fermentados com o intuito de otimizar a viabilidade desses micro-organismos no produto e a microencapsulação de probióticos vem tomando um

importante espaço nessa área de pesquisa (MOHAMMADI; SOHRABVANDI; MORTAZAVIAN, 2012).

2.4 Iogurte

2.4.1 Definição e origem

Segundo os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados (BRASIL, 2000a), o iogurte é definido como um produto resultante da fermentação do leite pasteurizado ou esterilizado, por fermentos lácticos próprios, cuja fermentação se realiza com cultivos protosimbióticos de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, os quais podem agir de forma complementar ou em conjunto com outras bactérias ácido-lácticas, podendo assim, contribuir para a determinação das características do produto final. Os micro-organismos dos cultivos utilizados devem ser viáveis e ativos, além de estarem em concentração igual ou superior àquela definida pela legislação no produto final e durante seu prazo de validade (BRASIL, 2000a). Trata-se de um produto bastante diversificado e de boa aceitabilidade (SANTOS, 1998).

O objetivo inicial para a elaboração dos leites fermentados era a conservação do leite e do seu valor nutritivo, mas por modificar as propriedades sensoriais, a finalidade passou a ser para ampliar a gama de produtos lácteos, que podem ser preparados a partir de leite de diferentes espécies (vaca, ovelha, cabra e búfala) (ORDOÑEZ et al., 2005).

2.4.2 Processo produtivo do iogurte

2.4.2.1 Matérias-primas

O leite é a matéria-prima essencial na fabricação de derivados lácteos, todavia, é permitida a adição de outros ingredientes, como frutas, corantes, aromatizantes, emulsificantes, estabilizantes, espessantes, conservantes e/ou geleificantes, de acordo com quantidades permitidas pela legislação vigente. Adicionalmente, ainda podem ser utilizados ingredientes para melhorar a consistência e a viscosidade do produto, como no caso do leite em pó. O aumento do teor de sólidos também pode ser obtido por meio de evaporação ou mediante filtração por membrana, concentrando, assim, o produto. Ainda vale ressaltar que,

para garantir a qualidade do produto final, a fiscalização nas centrais leiteiras deve ser realizada de forma constante, assegurando o cumprimento dos requisitos indispensáveis para fabricação de iogurte (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Entre outras coisas, o leite deve ser de boa procedência, levando em consideração as etapas que vão desde o manejo animal até o transporte do produto. Além disso, deve ser submetido a tratamento térmico (pasteurização ou UHT), com o intuito de diminuir a carga patogênica e a microbiota natural do leite, o que vai facilitar o desenvolvimento dos micro-organismos posteriormente inoculados (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005).

Uma das matérias-primas mais utilizadas na elaboração de iogurtes e bebidas lácteas é o leite de vaca. O leite deve apresentar baixa contagem de células somáticas e microrganismos mesófilos e psicrotróficos; ser isento de substâncias inibidoras (por exemplo, antibióticos); não conter resíduos de sanitizantes, pesticidas ou carrapaticidas; não ter colostro, nem ser proveniente de animais com algum tipo de doença, como mastite, brucelose e aftosa; não apresentar sujidades (pelos, resíduos, areia); e deve, ainda, apresentar odor e sabor normais, para que os produtos derivados tenham características sensoriais desejáveis (GOUVEIA et al., 2000).

2.4.2.2 Cultura láctea

Para a produção de iogurte, é necessária a utilização de uma cultura iniciadora, a qual tem a função de gerar substâncias responsáveis pelo aroma, a viscosidade e o sabor característico do iogurte (TENCHINI, 2003). A cultura que será inoculada para produção de iogurte pode ser formada por um ou mais micro-organismos, os quais são selecionados pela capacidade de produzir ácido láctico a partir da lactose e outros metabólicos (ORDÓÑEZ et al., 2005).

De acordo com Ferreira (2005), a cultura pode ser classificada de duas maneiras: simples, quando formada por apenas uma espécie de bactéria; ou mista (ou múltipla), quando reúne várias espécies e/ou várias estirpes. Vale ressaltar que antes da adição da cultura láctea procede-se o resfriamento do leite até a temperatura de incubação, a qual difere para cada tipo de leite fermentado (ORDÓÑEZ et al., 2005). Para Coelho e Rocha (2005), as culturas utilizadas na elaboração de derivados lácteos variam de acordo com a região de origem do produto e com o tipo de derivado. Além disso, alguns micro-organismos tornam o produto

menos ácido e outros conferem-lhe melhor sabor ou maior viscosidade (COELHO; ROCHA, 2005).

Segundo Ferreira (2005), normalmente utiliza-se a proporção 1:1 para os micro-organismos *Streptococcus:Lactobacillus*. No entanto, outras proporções podem ser utilizadas tais como 2:1; 3:1; 3:2, desde que a cultura contenha maior número de *cocci* que de *bacilli*. Essa relação é importante, uma vez que terá efeito decisivo nas características reológicas e no *flavour* característico do iogurte.

A principal etapa de produção do iogurte é a fermentação, que pode ser realizada pela cultura iniciadora tradicionalmente utilizada na fabricação de iogurte ou com a associação com outros tipos de bactérias, como as probióticas (MOHAMMADI; SOHRABVANDI; MORTAZAVIAN, 2012). A Figura 3 apresenta algumas características dos micro-organismos probióticos em leites fermentados (MOHAMMADI; SOHRABVANDI; MORTAZAVIAN, 2012).

Figura 2 - Características de cultura de micro-organismos probióticos em leites fermentados (MOHAMMADI; SOHRABVANDI; MORTAZAVIAN, 2012).

A cultura iniciadora é responsável pela produção de importantes metabólitos que influenciam de maneira decisiva na qualidade do produto. São formados compostos

responsáveis pelo aroma, tais como ácido láctico, acetaldeído e diacetil, além de alguns exopolissacarídeos, substâncias poliméricas que provocam aumento da viscosidade do leite fermentado. Vale salientar, ainda, a importância da seleção minuciosa dos micro-organismos utilizados na elaboração de derivados lácteos, já que são os responsáveis pelas transformações desejáveis ou indesejáveis no leite, podendo até provocar alterações que o tornem inadequado para o consumo (ORDÓÑEZ et al., 2005).

2.4.2.3 Tratamento térmico

O tratamento térmico é indispensável na elaboração de derivados lácteos, tendo em vista que suas características intrínsecas - atividade de água elevada, pH próximo à neutralidade e a elevada quantidade de nutrientes - fazem do leite um excelente meio de cultura para os micro-organismos. Esse tratamento tem como objetivo eliminar bactérias patogênicas não esporuladas e substâncias inibidoras como as lactininas, de forma a aumentar a vida útil do produto e melhorar a ação da cultura láctea utilizada (fermento), ajudando na uniformização final do derivado (PEARCE et al., 2012).

É desejável que o tratamento térmico promova certo grau de desnaturação das proteínas lácteas, já que, quando desnaturadas, essas liberam compostos nitrogenados de baixo peso molecular, que estimulam o desenvolvimento dos micro-organismos iniciadores (ORDÓÑEZ et al., 2005) e participam de reações que facilitam a formação do iogurte em etapas subsequentes. Segundo Ferreira (2005), o calor facilita a formação do gel, na medida em que a desnaturação melhora a hidrofilicidade, facilitando a formação de um coágulo estável.

2.4.2.4 Fermentação

As bactérias envolvidas na produção de iogurte se mantêm em crescimento associado. No início há a predominância da simbiose e, no final, da antibiose. A ação conjunta desses micro-organismos beneficia a velocidade de acidificação e da formação de metabólitos, acelerando o processo. Assim, o aparecimento do *flavour* característico do iogurte pode ser rapidamente observado (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Durante o processo fermentativo, após a semeadura, o *Streptococcus thermophilus* multiplica-se primeiro, devido à sua capacidade de hidrolisar a lactose em pH próximo à neutralidade. Com seu crescimento, há acúmulo de ácido láctico, diminuição gradual do pH e

algumas substâncias são produzidas, tais como formiato (durante o metabolismo da lactose) e CO_2 (a partir da uréia presente no leite), as quais estimulam o desenvolvimento do *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. Este, por sua vez, passa a crescer e diminuir ainda mais o pH do meio, liberando vários aminoácidos (metionina, triptofano, valina e ácido glutâmico) e outros peptídeos, a partir das proteínas lácteas, as quais estimulam o crescimento do *Streptococcus thermophilus*, caracterizando-se então uma simbiose. À medida que o tempo passa, mais ácido láctico é acumulado no meio. Ao atingir pH mais baixo, o *Streptococcus thermophilus* passa a ser inibido, enquanto o *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, devido à resistência à acidez, se sobressai, caracterizando, assim, um processo de antibiose (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Vale salientar que a ação conjunta desses micro-organismos acelera a acidificação, proporciona significantes modificações estruturais (formação do coágulo) e a formação de metabólitos, como o acetaldeído (Figura 2). Com isso, o aparecimento do *flavour* característico do iogurte é mais rapidamente observado (FERREIRA, 2005; ORDÓÑEZ et al., 2005).

Figura 3 - Produção de acetaldeído durante o desenvolvimento das culturas *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* em crescimento associativo (1:1) e crescendo isoladamente (FERREIRA, 2005).

Para que o processo de fermentação do leite leve ao bom desenvolvimento das culturas para a produção de iogurte é necessário que a atividade simbiótica dos micro-organismos seja satisfatória, levando em consideração que cada um possui uma temperatura ótima de desenvolvimento. O *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* apresenta melhor desenvolvimento à temperatura de 45°C, enquanto o *Streptococcus thermophilus* possui

melhor desenvolvimento a 39°C (ORDÓÑEZ et al. 2005). Para Medeiros et al. (2009), a temperatura de incubação mais satisfatória foi a de 42°C, pois necessitou de menos tempo para atingir as características desejáveis de iogurte, quando comparado aos outros dois grupos experimentais (39° e 45°C), já sendo possível sentir sabor levemente ácido, consistência firme, ausência de grumos, além de aspecto e odor característicos de iogurte.

Vale ainda ressaltar a importância de controlar cuidadosamente a temperatura de incubação, de modo a evitar o favorecimento de uma das espécies, o que causaria mudanças nas características finais do produto (COELHO; ROCHA, 2005), uma vez que, a temperatura é um fator importante quando se deseja prolongar ou reduzir o tempo necessário para a completa fermentação (ORDÓÑEZ et al., 2005).

2.4.2.5 Resfriamento

O resfriamento é uma etapa crítica na produção de iogurte e tem a função de reduzir a atividade metabólica da cultura iniciadora, para que o limite de acidez do derivado não ultrapasse o permitido para o consumo. Essa etapa do processo deve ser realizada gradualmente, com o intuito de evitar a ocorrência de um choque térmico, já que resfriamento rápido pode provocar o encolhimento da massa e danos ao coágulo, provocando a separação do soro. Isso pode ser explicado pela retração das proteínas do coágulo que afeta a capacidade de retenção de água (FERREIRA, 2005; ORDÓÑEZ et al., 2005; TAMIME; DEETH, 1980). Ainda assim, alguns autores recomendam que a redução da temperatura do iogurte de 42°C-45°C para 10°C deva acontecer no máximo em uma hora (FERREIRA, 2005).

Conforme Ferreira (2005), o iogurte pode ser resfriado na câmara de refrigeração com temperatura entre 5°C e 10°C, ao passo que Ordóñez et al. (2005) recomendam que a temperatura final do iogurte não exceda 5°C.

2.4.2.6 Acondicionamento e embalagem

Devido aos riscos de contaminação no produto final, essa etapa também tem seu grau de importância dentro do processo de elaboração do iogurte. Segundo Azeredo, Faria e Brito (2005), as embalagens interferiram na qualidade do alimento, sendo importante considerá-las como parte integrante de um sistema o qual engloba produto, embalagem e ambiente, em que

as alterações dentro desse sistema levam à redução gradativa da qualidade do produto e, por consequência, reduzem sua vida de prateleira.

Além disso, cada derivado lácteo tem suas peculiaridades e exigências em seu acondicionamento, de forma que alguns critérios devem ser levados em consideração. As embalagens devem ser impermeáveis aos corantes, sabores, odores do ambiente, oxigênio e contaminações externas, resistentes à acidez do iogurte, à umidade, a golpes mecânicos aos quais o produto está sujeito durante o transporte e armazenamento, além de não permitir exposição à luz (ORDÓÑEZ et al., 2005).

2.4.3 Utilização de iogurte probiótico como alimento funcional

A legislação brasileira define como propriedade funcional aquela que interfere no papel metabólico ou fisiológico, onde o nutriente ou não nutriente exerce influência no crescimento, desenvolvimento, manutenção, bem como em outras funções normais do organismo humano (BRASIL, 1999).

Apesar dos alimentos funcionais não terem sido classificados como uma nova categoria, são tratados como alimentos com alegações à saúde, que devem ser úteis para melhorar o bem estar de, pelo menos, alguns grupos da população (LAJOLO, 2007). Esses alimentos devem ser semelhantes aos convencionais, para que possam ser consumidos regularmente na dieta, e devem proporcionar benefícios fisiológicos e/ou reduzir o risco de doenças crônicas (USDA, 2010).

Entre os alimentos funcionais, a adição de probióticos é a mais importante linha de pesquisa em desenvolvimento, onde se destacam os derivados lácteos (WINTER, 2008). O iogurte, por sua vez, é um dos produtos lácteos fermentados mais consumidos no Brasil e no mundo e se caracteriza por ser uma importante fonte de proteína e por apresentar elevada digestibilidade (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Os micro-organismos probióticos podem ser adicionados ao leite fermentado em diferentes etapas da produção, podendo ser após a fermentação ou, até mesmo, em conjunto com a cultura tradicional do iogurte (*Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*), agindo também como cultura iniciadora para a fermentação do leite (MOHAMMADI; SOHRABVANDI; MORTAZAVIAN, 2012).

Nesse caso, podem ocorrer interações complexas entre os micro-organismos probióticos e a cultura tradicional, bem como com os demais componentes do leite, sendo

imprescindível a observação de algumas características, como a segurança, fermentabilidade (capacidade de acidificação) no leite e no tempo de fermentação, células viáveis no produto, habilidade de produzir sabor e textura agradáveis, além de analisar o custo-benefício (MOHAMMADI; SOHRABVANDI; MORTAZAVIAN, 2012).

Diante disso, a desidratação poderia ser uma alternativa para estender sobremaneira a vida de prateleira do iogurte, já que reduziria drasticamente a atividade de água, impossibilitando a multiplicação de micro-organismos.

2.5 Secagem por atomização

O processo normalmente utilizado na transformação de líquidos em pó é a secagem por atomização (*spray drying*). Trata-se de um processo econômico e flexível, realizado em um equipamento de fácil manipulação que consiste basicamente na atomização do líquido em um compartimento que recebe um fluxo de ar quente, de modo que a rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas (Figura 4). Assim, esta técnica permite a secagem de produtos termo sensíveis, sem afetar demasiadamente sua qualidade (RÉ, 1998).

Figura 4 - Esquema do spray-dryer e do fluxo do ar de secagem (LANNES; MEDEIROS, 2003).

Apesar de todas as vantagens relacionadas ao processo de secagem por atomização, os pós resultantes podem apresentar alguns inconvenientes, tais como pegajosidade (*stickiness*) e

alta higroscopicidade, devido principalmente à presença de açúcares e ácidos de baixo peso molecular, que apresentam baixa temperatura de transição vítrea (Tg). A baixa Tg pode provocar a adesão do pó às paredes do secador na secagem, dificuldade de manipulação, empastamento e compactação do pó, tornando seu armazenamento e utilização mais difíceis. Por isso, é fundamental o uso de coadjuvantes de processo (agentes carreadores), a fim de aumentar a Tg do produto, facilitando a secagem e as operações de transporte e armazenamento. Os principais agentes carreadores utilizados para desidratação de alimentos são os amidos e seus derivados, algumas gomas, lipídeos e proteínas (BHANDARI et al., 1993).

A fim de encontrar meios de maximizar a viabilidade das culturas probióticas antes e após a ingestão, Oliveira (2006) avaliou a influência do processo de desidratação sobre microcápsulas contendo *L. acidophilus* (LAC-04) e *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* (BI-01) produzidas por coacervação complexa, utilizando pectina e caseína como agentes encapsulantes. Foi verificado que o processo de secagem das microcápsulas pode interferir na viabilidade dos micro-organismos, já que, quando secos por *spray dryer*, se mostraram mais resistentes às condições ácidas do que quando secos em leite de jorro (OLIVEIRA, 2006).

Diante desse contexto, a atomização pode ser utilizada em várias áreas da indústria e trata-se de um processo clássico da engenharia, tendo aplicações na engenharia química, mecânica, civil, farmacêutica e de alimentos (FRITSCHING, 2006).

Como uma das maiores dificuldades na indústria de alimentos é a curta vida de prateleira de alguns produtos, como o iogurte, a desidratação pode ser alternativa viável para elevá-la. Além disso, pode promover redução dos custos de produção, pois elimina a necessidade de refrigeração e há redução de volume do produto (KEARNEY et al., 2009). Esse método já está sendo utilizado pela indústria alimentícia e farmacêutica (KUMAR; MISHRA, 2004).

2.6 Obtenção de iogurte em pó

O principal objetivo da secagem do iogurte é a preservação da sua qualidade no maior tempo possível, sem a necessidade de refrigeração. Para obter melhor eficiência no processo de secagem, recomenda-se a concentração do iogurte, para aumentar o teor de sólidos totais. Assim, o iogurte concentrado, pode ser desidratado e resultar em iogurte em pó de alta qualidade (KUMAR; MISHRA, 2004).

O iogurte em pó pode ter aplicações em segmentos da indústria de alimentos, como padaria, confeitaria e bebidas saudáveis como ingrediente em composições de iogurte em pó instantâneo (CAJIGAS, 1981), pó para preparo de sobremesas (CAWDRON, 1981), de sopas e bebidas instantâneas em geral (KUMAR; MISHRA, 2004).

Koc et al. (2010), com o objetivo de avaliarem as melhores condições de secagem de iogurte por *spray drying*, variaram a temperatura de entrada do ar de secagem (150 a 180°C). Os autores do estudo observaram que os melhores pós, em termos de maiores taxas de sobrevivência de bactérias ácido-láticas, menores mudanças na coloração e de umidade nos pós obtidos ao longo do armazenamento, foram desidratados à temperatura de 170°C.

O estudo da viabilidade de bactérias no iogurte em pó é essencial para avaliar os danos causados pelo processo de secagem e temperaturas estabelecidas, com o intuito de otimizar as condições de processamento. Mas, em geral, os processos mais utilizados para a desidratação de iogurte são a liofilização e a atomização (KUMAR; MISHRA, 2004).

Estudos demonstraram que foi possível desidratar culturas probióticas, iogurte probiótico e leite fermentado de soja e manter um elevado número de células viáveis após a secagem, para incorporação ou produção de alimentos funcionais (GARDINER et al., 2000; KEARNEY et al., 2009; WANG et al., 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

- Culturas: *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (cultura tradicional do iogurte) (CHR HANSEN YC-X11, Horsholm, Denmark) e o probiótico *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* (BI-01), doado pela Danisco Brasil Ltda (Cotia, Brasil), na forma liofilizada e mantido a -18°C .

- Leite caprino obtido no Laticínio da Prefeitura do Campus USP de Pirassununga (PUSP-P), provenientes do Setor de Caprinocultura da PUSP-P. O leite *in natura* ficava armazenado em latões previamente higienizados e sob temperatura controlada de $4,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

- Maltodextrina DE 10, doada pela Corn Products do Brasil (Mogi Guaçu, Brasil), utilizada como carreador.

3.2 Tratamentos

O presente estudo avaliou três temperaturas de entrada do ar de secagem (130°C , 150°C e 170°C) em iogurtes com duas concentrações de maltodextrina (10 e 20%), totalizando 6 tratamentos, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5 - Tratamentos utilizados no presente estudo com amostras de iogurte de leite de cabra.

3.3 Preparo de inóculo de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*

Bifidobacterium animalis subsp. *lactis* (BI-01) foi reativado de acordo com o método descrito por Liserre, Ré e Franco (2007), com algumas modificações, conforme descrito na Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma do processo de preparo do inóculo de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*.

3.4 Elaboração do iogurte

O leite caprino pasteurizado, em trocador de calor a placas (72-75°C/15 s), passou por um tratamento térmico adicional de 90°C/15 min (BRABANDERE; BAERDEMAECKER, 1999), como mostra o fluxograma (Figura 7).

Figura 7 - Fluxograma do processo de elaboração do iogurte probiótico de leite de cabra.

3.5 Atomização em *spray dryer*

Os iogurtes foram transportados ao Laboratório de Operações Unitárias FZEA/USP, onde foram homogeneizados em agitador mecânico (Fisatom 713D, São Paulo, Brasil), utilizando haste com hélice âncora (Fisatom 200.190, São Paulo, Brasil), com o carreador e com as proporções descritas no item 3.2. A secagem do iogurte foi realizada em *spray dryer* piloto modelo LM SD 5.0 (Labmaq do Brasil LTDA, Ribeirão Preto, Brasil) (Figura 8), com capacidade para 5 L/h.

Figura 8 - *Spray dryer* utilizado para a atomização de iogurte probiótico de leite de cabra.

As condições do processo de secagem foram: temperaturas de entrada do ar de secagem 130, 150 e 170°C e de saída (não ajustável, dependente da temperatura de entrada) 85, 105 e 121°C, respectivamente; vazão de alimentação no processo de 30 mL/min; vazão do ar comprimido entre 40 e 60 L/min e vazão do ar de secagem de 9 m³/min. A abertura do bico de atomização era de 2 mm.

3.6 Microbiologia

3.6.1 Esterilização

Todos os utensílios utilizados nas análises microbiológicas do projeto foram esterilizados em autoclave vertical (Phoenix Linha AV SD 75, Araraquara, Brasil), na temperatura de 121°C/15 minutos, com exceção daqueles cujos materiais não poderiam passar por altas temperaturas, que foram devidamente sanitizados com detergente neutro e álcool 70%. Tubos de ensaio rosqueáveis foram armazenados em béquers e suas respectivas tampas foram afrouxadas. Em seguida, esses tubos foram cobertos com papel kraft e amarrados com

barbante. As espátulas e os demais utensílios foram embrulhados individualmente em papel kraft e identificados corretamente para melhor manuseio durante as análises.

3.6.2 Cuidados assépticos

A abertura das embalagens, bem como manuseio dos utensílios utilizados para as análises microbiológicas foram realizados no interior de câmara de fluxo laminar (Engelab CFL V-1300, Curitiba, Brasil), para prevenir qualquer contaminação ambiente da amostra.

3.6.3 Enumeração de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* no inóculo, iogurte e iogurte em pó

A enumeração das células viáveis de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* foi realizada através de plaqueamento em profundidade, em agar MRS (Acumedia, Lansing, Michigan), de acordo com o método descrito por Grosso e Fávaro-Trindade (2004), com algumas modificações. O agar MRS foi suplementado com 1% de solução de cloreto de lítio, 0,5% de solução de L-cisteína, 0,01% de azul de anilina e 0,5% de dicloxacilina (10%). A dicloxacilina foi adicionada após a esterilização em unidade filtrante Millipore (Techno Plastic Products, Trasadingen, Suíça), com filtro 22 µm.

As amostras foram preparadas em capela com fluxo laminar previamente exposto à luz UV por 30 minutos. Para o inóculo, foi pesado em balança analítica (AR 2140, Ohaus) 1 g de cada tratamento e adicionado a 9 mL de citrato de sódio 2% estéril, constituindo assim a diluição 10^{-1} . Para o iogurte, foram pesados 25 g de cada tratamento e adicionados a 225 mL de citrato de sódio 2% estéril. Para os pós obtidos, foi pesado 1 g de cada tratamento e adicionado a 9 mL de citrato de sódio 2% estéril, constituindo assim a diluição 10^{-1} . A partir desta diluição e após homogeneização, obtiveram-se as diluições 10^{-2} a 10^{-10} em tubos de ensaio estéreis, homogeneizados após cada diluição, em agitador de tubos tipo vortex (modelo AP-56, Phoenix, Araraquara-SP, Brasil) por 30 segundos. Uma alíquota de 1 mL de cada tubo foi retirada e adicionada a uma placa de Petri descartável, estéril e devidamente identificada com os tratamentos. Adicionou-se, ainda, uma camada de MRS modificado, homogeneizando-se através de movimentos em forma de oito.

A seguir, com o Agar já solidificado, as placas foram invertidas e colocadas em jaras de anaerobiose (14 placas por jarra). Para promover a ausência de oxigênio, fundamental para a multiplicação de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, foi colocado o envelope de

anaerobiose (Probac do Brasil, São Paulo, Brasil), junto com as placas, dentro da jarra. Ao envelope, foram adicionados cerca de 20 mL de água destilada. As jarra com as placas de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* foram identificadas e incubadas a 37°C/72h em câmara BOD. Ao final da incubação de ambas, foi realizada a leitura das placas segundo a metodologia descrita por Grosso e Fávaro-Trindade (2004). O plaqueamento foi realizado em duplicata.

3.7 Caracterização do iogurte

3.7.1 pH e acidez titulável do iogurte

As variações do pH foram verificadas ao final do processamento através do pHmetro (Marte MB-10, Santa Rita do Sapucaí, Brasil) com eletrodo de vidro, a acidez titulável foi estimada com 10 g da amostra, titulada com NaOH 0,1M, utilizando como indicador a fenolftaleína, também ao final do processamento.

3.7.2 Teor de sólidos totais do iogurte

A percentagem de sólidos totais presente no iogurte foi analisada a partir dos dados de teor de umidade. A umidade do iogurte foi determinada em balança determinadora de umidade (Ohaus MB-35, Parsippany, EUA) utilizando radiação infravermelha de uma fonte de halogênio. A partir dos dados encontrados, para calcular a percentagem de sólidos totais presentes na amostra de iogurte, foi utilizada a equação 1.

$$\% \text{ Sólidos Totais} = 100 - \% \text{ Umidade (1)}$$

3.7.3 Atividade de água

As medidas instrumentais de atividade de água (AW) foram efetuadas em higrômetro (Aqua Lab Decagon Devices Series 3TE, Pullman, EUA), tanto para o iogurte quanto para os pós obtidos.

3.8 Caracterização dos pós obtidos

3.8.1 Atividade de água

Conforme descrito no item 3.7.3.

3.8.2 Teor de umidade

A umidade do iogurte em pó foi determinada uma balança determinadora de umidade (Ohaus MB-35, Parsippany, Estados Unidos) utilizando radiação infravermelha de uma fonte de halogênio.

3.8.3 Higroscopicidade

Para a determinação da higroscopicidade foi utilizado o método proposto por Cai e Corke, (2000) com algumas modificações, 2 g das amostras foram dispostas em cápsulas para amostra descartáveis de 15 mL e posteriormente acondicionadas por uma semana em dessecador contendo solução saturada de NaCl (UR de 75,3%). A higroscopicidade foi medida através da massa de água absorvida pela amostra e expressa através de g de água absorvida/100 g da matéria seca.

3.8.4 Solubilidade

A solubilidade foi determinada pelo método gravimétrico, de acordo com Eastman e Moore (1984), citado por Cano-Chauca et al. (2005), com algumas modificações. O método consistiu na adição de 0,50 g de amostra em um erlenmeyer contendo 50 mL de água destilada. A homogeneização foi realizada em uma mesa agitadora orbital tipo *shaker* (Tecnal TE-420, Piracicaba, Brasil) à 100 rpm/30 min, à temperatura ambiente. Em seguida, a solução foi centrifugada a 3500 rpm/5 min. Posteriormente, uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi retirada e levada à estufa a 105°C, até peso constante. A solubilidade foi calculada pela diferença de peso e expressa em base seca.

3.8.5 Tamanho e distribuição de partículas

A distribuição e o tamanho das partículas foram determinados em um aparelho com difração a laser (Shimadzu SALD/201V, Kyoto, Japão), utilizando álcool etílico como líquido sedimentador, uma vez que a solubilização das partículas de iogurte em pó não ocorre neste líquido.

3.8.6 Morfologia (Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV)

A morfologia das partículas foi analisada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), através do microscópio da marca Hitachi, modelo Analytical TableTop Microscope TM 3000 (Tóquio, Japão).

3.8.7 Determinação da cor nos pós

A determinação da cor foi realizada em colorímetro (MiniScan XE Plus, HunterLab, Reston, EUA), usando a escala CIELAB, em que foram avaliadas a luminosidade (L^*), a intensidade da cor vermelha (a^*) e a intensidade da cor amarela (b^*), à temperatura ambiente ($\sim 25^\circ\text{C}$), com 0, 30, 60, 90 e 120 dias de armazenamento.

3.8.8 Avaliação da resistência das culturas probióticas ao processo de atomização

Para avaliar a resistência das células viáveis de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* ao processo de atomização, a metodologia de contagem foi realizada como descrito no item 3.6.3, antes (iogurte) e após o processo (iogurte em pó).

3.8.9 Viabilidade das culturas probióticas nos produtos armazenados

Foi determinada a viabilidade das culturas probióticas fazendo-se contagens periódicas (com 1, 30, 60, 90 e 120 dias) nos pós armazenados à temperatura ambiente ($\sim 25^\circ\text{C}$). Para tanto, as amostras foram armazenadas em embalagens de vidro sem tampa em dessecadores hermeticamente fechados, contendo solução saturada de cloreto de magnésio (33% UR).

3.9 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente utilizando-se o Programa estatístico SAS (Statistic Analysis System), versão 8.02, por análise de variância ANOVA e teste de Tukey, ao nível de 5%. Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e, em caso de resultados significativos para os efeitos principais ou para alguma interação entre os fatores nas ANOVAs, foram utilizados testes de Tukey, ao nível de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises físico-químicas no iogurte caprino probiótico

Os iogurtes produzidos a partir do leite caprino foram analisados antes da desidratação quanto a pH, acidez titulável, atividade de água e sólidos totais. As medidas de pH e acidez foram realizadas nos iogurtes sem maltodextrina (Tabela 2). Nos iogurtes acrescidos de maltodextrina, em diferentes proporções (10 e 20%), foram realizadas as análises de atividade de água (A_w) e sólidos totais (Tabela 3).

Tabela 2 - Médias ($\pm$ desvios-padrões) de pH e acidez titulável para os iogurtes puros antes da desidratação.

Parâmetro	Iogurte
pH	4,43 $\pm$ 0,12
Acidez (g de ácido/100 g)	1,26 $\pm$ 0,06

Tabela 3 - Médias ($\pm$ desvios-padrões) dos valores obtidos para atividade de água e sólidos totais para os iogurtes acrescidos de maltodextrina antes da desidratação.

Amostra	A_w	Sólidos Totais
Iogurte + 10% de malto	0,99 $\pm$ 0,00	21,24 $\pm$ 0,57
Iogurte + 20% de malto	0,99 $\pm$ 0,01	26,94 $\pm$ 0,41

4.1.1 Avaliação do pH

A média do pH dos iogurtes caprinos sem maltodextrina antes da secagem foi similar à dos iogurtes probióticos de leite de cabra avaliados por Farnsworth et al. (2006), que obtiveram média $\pm$ desvio-padrão de 4,45 $\pm$ 0,01.

Stelios e Emmanuel (2004) analisaram iogurtes produzidos com leite caprino, leite ovino e mistura dos dois. Eles observaram que o pH do iogurte de leite caprino foi inferior ao obtido a partir do leite ovino ou mistura dos dois, fato que aponta para a maior acidez do leite caprino. Além disso, Güler e Gürsoy-Balci (2011) observaram que os iogurtes com elevado teor de acetaldeído, como o iogurte caprino, apresentaram baixos valores de pH e elevada acidez titulável. Borges, Medeiros e Correia (2009) elaboraram iogurtes com leite bovino e

bubalino, que foram fermentados até 4,66 e 4,56, respectivamente. Já Xanthopoulos, Ipsilandis e Tzanetakis (2012) e Senaka Ranadheera et al. (2012b) avaliaram iogurtes caprinos probióticos com pH de $4,54 \pm 0,11$ e $4,30 \pm 0,10$, respectivamente.

Além do tipo de leite, a proporção de inóculo utilizado durante a elaboração do iogurte pode influenciar no seu pH final, podendo variar de 0,5 a 6%, dependendo do tipo de iogurte e o processo de elaboração estabelecido. Para a elaboração de iogurtes fermentados na embalagem, é necessário uma proporção mais alta de bactérias lácticas, por volta de 5%, chegando ao pH ideal em pouco tempo, cerca de 2 horas. Quando a inoculação é realizada em pequenas proporções, com 0,5 a 1,5%, a fermentação ocorre em um maior intervalo de tempo e o pH pode chegar a 4,4 a 4,5 (NAUTH, 2004).

Nesse contexto, é possível inferir que os valores de pH podem variar de acordo com o tipo de leite utilizado e tempo de fermentação estabelecido.

4.1.2 Acidez em ácido láctico

Os valores de acidez obtidos para os iogurtes estavam dentro do limite que a legislação brasileira permite (0,6 a 1,5 g de ácido láctico/100 g do produto) (BRASIL, 2000a).

Senaka Ranadheera et al. (2012b) avaliaram iogurte caprino suplementado com probiótico (*Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*) e determinaram acidez de 1,4% de ácido láctico/100 g de iogurte. Em trabalho realizado por Merin (2000), o iogurte caprino obteve maiores valores de acidez titulável que o bovino. Sugerindo, assim, que o leite caprino produziu taxas mais elevadas de ácido láctico quando comparado ao leite de vaca.

4.1.3 Sólidos Totais

As análises de sólidos totais foram realizadas nos iogurtes com a adição da maltodextrina, nas proporções de 10% (T1, T3 e T5) e 20% (T2, T4 e T6). Os tratamentos com menor proporção do carboidrato, como esperado, obtiveram menores resultados de sólidos totais: T1 = $21,36 \pm 0,75$, T3 = $20,90 \pm 0,43$ e T5 = $21,47 \pm 0,35$. Em contrapartida, as amostras com maior teor de maltodextrina obtiveram maiores índices de sólidos totais: T2 = $26,73 \pm 0,42$, T4 = $27,13 \pm 0,24$ e T6 = $26,96 \pm 0,49$.

Alguns autores obtiveram valores abaixo do reportado no presente estudo, mas em amostras de iogurte probiótico de leite caprino sem adição de aditivos, como a maltodextrina,

onde obtiveram teor de sólidos totais de $10,98 \pm 0,04$ (FARNSWORTH et al., 2006), $12,7 \pm 0,10$ (XANTHOPOULOS; IPSILANDIS; TZANETAKIS, 2012), $14,3 \pm 0,04$ (MARTÍN-DIANA et al., 2003) e $16,12 \pm 0,02$ % (SENAKA RANADHEERA et al., 2012a).

4.1.4 Atividade de água

A análise de atividade de água foi realizada em amostras de iogurte probiótico caprino com adição de diferentes proporções de maltodextrina (10 e 20%). A diferença no teor de maltodextrina não teve influência clara sobre este parâmetro, pois os valores variaram muito pouco, de 0,98 a 0,99.

Como os valores de atividade de água podem variar de 0 a 1,0, os encontrados no presente estudo demonstram que os iogurtes elaborados estavam susceptíveis à multiplicação microbiana.

4.1.5 Contagem dos probióticos

A Tabela 4 mostra que todas as amostras de iogurte probiótico de leite caprino analisadas no presente estudo apresentaram contagens de bifidobactérias acima do estabelecido pela legislação brasileira, de no mínimo 10^6 UFC de bifidobactérias/g, para que o iogurte seja considerado um alimento funcional (BRASIL, 2000a).

Tabela 4 - Estimativa da população probiótica de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* em iogurtes de leite de cabra integral (antes da secagem).

Tratamentos	Contagens (log ₁₀ UFC/g)
T1 (com 10% de maltodextrina)	$8,65 \pm 0,02$
T2 (com 20% de maltodextrina)	$9,21 \pm 0,01$
T3 (com 10% de maltodextrina)	$8,93 \pm 0,12$
T4 (com 20% de maltodextrina)	$8,83 \pm 0,03$
T5 (com 10% de maltodextrina)	$8,78 \pm 0,01$
T6 (com 20% de maltodextrina)	$8,78 \pm 0,01$

A Tabela 5 mostra a estimativa da população probiótica de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* em iogurte de leite de cabra ($\log_{10}$ UFC/g – base seca) antes e após a secagem, para avaliar a resistência das bactérias ao processo.

Tabela 5 - Estimativa da população probiótica de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* em iogurte de leite de cabra ($\log_{10}$ UFC/g – base seca) e nos pós obtidos após atomização em *spray dryer* submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130, 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%).

Tratamentos	Contagens em base seca ($\log_{10}$ UFC/g)	
	Iogurte	Pó
T1 (130°C/10%)	9,32±0,02 ^a	8,92±0,05 ^b
T2 (130°C/20%)	9,79±0,01 ^a	9,00±0,31 ^b
T3 (150°C/10%)	9,61±0,12 ^a	8,67±0,18 ^b
T4 (150°C/20%)	9,40±0,03 ^a	7,39±0,08 ^b
T5 (170°C/10%)	9,44±0,01 ^a	7,05±0,20 ^b
T6 (170°C/20%)	9,46±0,01 ^a	6,53±0,47 ^b

*Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Na Tabela 5, verifica-se que após a desidratação dos iogurtes, apesar deles apresentarem contagens inferiores que os produtos integrais, ainda apresentaram contagens acima de 10^6 UFC/g, ou seja, ainda estavam dentro do limite estabelecido pela legislação para um produto ser considerado probiótico.

Os tratamentos que passaram por maiores temperaturas, durante o processamento de secagem (T5 e T6) foram os que tiveram maiores perdas de micro-organismos probióticos, sugerindo que as altas temperaturas exerceram forte influência na viabilidade dos probióticos. Este resultado foi similar ao obtido por Fávaro-Trindade e Grosso (2002), que determinaram que quanto maior a temperatura do ar de entrada no *spray dryer*, menor a resistência de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* ao processo de atomização.

4.2 Caracterização dos iogurtes desidratados

Os pós foram obtidos a partir da secagem de iogurte de leite de cabra em *spray dryer*, diferindo em concentração do carreador (10 e 20%) e diferentes temperaturas de entrada do ar de secagem.

4.2.1 Umidade

A Tabela 6 mostra os valores de umidade das amostras de iogurte probiótico de leite de cabra em pó ao longo da vida de prateleira.

Tabela 6 - Valores de umidade (%) dos iogurtes em pó.

Tratamentos	Dias				
	0	30	60	90	120
T1 (130°C/10%)	3,38±0,37 ^{Ac}	6,70±0,30 ^{BCa}	6,01±0,20 ^{Db}	6,26±0,16 ^{Aab}	6,24±0,11 ^{Aab}
T2 (130°C/20%)	3,28±0,40 ^{Ab}	6,38±0,21 ^{CDa}	6,22±0,32 ^{BCa}	6,41±0,17 ^{Aa}	6,32±0,12 ^{Aa}
T3 (150°C/10%)	2,28±0,14 ^{Bb}	6,47±0,32 ^{CDa}	5,99±0,13 ^{Da}	5,84±0,30 ^{Ca}	6,20±0,28 ^{Aa}
T4 (150°C/20%)	3,04±0,22 ^{Ab}	6,13±0,14 ^{Da}	6,15±0,07 ^{CDa}	6,13±0,08 ^{Ba}	6,27±0,20 ^{Aa}
T5 (170°C/10%)	2,26±0,66 ^{Bc}	7,29±0,26 ^{Aa}	6,51±0,17 ^{ABCb}	6,30±0,14 ^{Ab}	6,10±0,26 ^{Ab}
T6 (170°C/20%)	1,94±0,17 ^{Bc}	7,09±0,08 ^{ABa}	6,73±0,18 ^{ABab}	6,61±0,21 ^{Aab}	6,34±0,24 ^{Ab}

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nos dias em que os pós foram obtidos, todos apresentaram teores de umidade menores que 4%. Quanto maior a temperatura de secagem, menor o valor de umidade obtido. Desta forma, pode-se inferir que a temperatura de secagem influenciou os valores de umidade das amostras ($p < 0,0001$). Assim como no trabalho de Rodríguez-Hernández et al. (2005), que estudaram o efeito das condições de operação do *spray dryer* nas propriedades dos pós obtidos após secagem do suco do fruto do cacto (*Opuntia streptacantha*) e observaram que a maior temperatura empregada (225°C) resultou em pós com menores teor de umidade que aqueles obtidos sob a menor temperatura (205°C). Por outro lado, o aumento na concentração de carreador não influenciou na umidade dos pós no processo de secagem e nem durante o armazenamento.

Após 30 dias de armazenamento, houve um considerável aumento dos teores de umidade de todos os pós, especialmente àqueles que apresentaram menor teor de umidade no início. Porém, após este período, os valores mantiveram-se estáveis praticamente ao longo dos 120 dias de armazenamento, indicando que as amostras atingiram a umidade de equilíbrio e permaneceram nela. Este resultado indicou que as amostras são capazes de adsorver água do ambiente, sendo higroscópicas, e que devem ser embaladas imediatamente após o preparo e em embalagens totalmente impermeáveis ao vapor de água. Aos 120 dias, todas as amostras apresentaram teor de umidade em torno de 6%, não diferindo entre si, estatisticamente.

4.2.2 Determinação da atividade de água (A_w)

Os valores obtidos na análise de atividade de água fornecem o teor de água livre do alimento, a forma ideal de água usada pelos micro-organismos para sua proliferação.

A A_w dos pós variou de 0,09 a 0,19, nos dias em que foram obtidos. Todos os valores encontrados são inferiores a 0,6 (Tabela 7), que é o limite mínimo para multiplicação microbiana.

A temperatura de 170°C gerou pós com menor A_w , todavia, após 120 dias os valores foram similares. O teor de carreador influenciou apenas quando se utilizou a temperatura de 170°C, onde a maior proporção de carreador resultou em pós com menores valores para este parâmetro, porém ao longo da estocagem este efeito não foi nítido.

Tabela 7 - Valores de atividade de água de iogurte em pó de leite de cabra submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130, 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%) em diferentes dias de estocagem (0, 30, 60, 90 e 120).

Tratamentos	Dias				
	0	30	60	90	120
T1 (130°C/10%)	0,19±0,03 ^{Ac}	0,47±0,01 ^{Aa}	0,45±0,02 ^{Aab}	0,42±0,02 ^{Ab}	0,41±0,01 ^{Ab}
T2 (130°C/20%)	0,19±0,02 ^{Ad}	0,47±0,01 ^{ABa}	0,40±0,00 ^{Cc}	0,41±0,01 ^{Abc}	0,44±0,02 ^{Aab}
T3 (150°C/10%)	0,18±0,01 ^{Ab}	0,44±0,02 ^{BCa}	0,40±0,01 ^{BCa}	0,40±0,02 ^{Aa}	0,41±0,00 ^{Aa}
T4 (150°C/20%)	0,19±0,03 ^{Ab}	0,43±0,01 ^{Ca}	0,41±0,01 ^{BCa}	0,40±0,00 ^{Ba}	0,42±0,01 ^{Aa}
T5 (170°C/10%)	0,15±0,03 ^{Ac}	0,48±0,00 ^{Aa}	0,43±0,01 ^{ABCb}	0,42±0,01 ^{Ab}	0,42±0,01 ^{Ab}
T6 (170°C/20%)	0,09±0,03 ^{Bc}	0,48±0,00 ^{Aa}	0,43±0,01 ^{BCb}	0,41±0,00 ^{Ab}	0,42±0,01 ^{Ab}

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Estes resultados comprovam o caráter higroscópico dos pós obtidos, já que os valores de A_w aumentaram após 30 dias. Valores de A_w próximos a 0,4 garantem a estabilidade microbiológica dos pós e retardam o escurecimento não enzimático (FENNEMA, 2000). Porém, valores de A_w baixos favorecem a oxidação lipídica (FENNEMA, 2000). Portanto, a oxidação lipídica e a viabilidade dos probióticos são os fatores que limitariam a vida de prateleira dos produtos obtidos.

4.2.3 Higroscopicidade

No dia da obtenção dos pós, aqueles desidratados à temperatura de 130°C obtiveram médias de higroscopicidade maiores que as médias dos obtidos a 170°C. Já as amostras desidratadas a temperaturas de 150°C foram as menos higroscópicas. Stencl, Janstova e Drackova (2010) observaram que, sob A_w constante, os pós de soro de leite e iogurte, desidratados em *spray dryer*, também se tornaram menos higroscópicos a temperaturas mais elevadas. Não houve diferença estatística entre as higroscopicidades de tratamentos com diferentes concentrações de maltodextrina ($p>0,05$) (Tabela 8).

Tabela 8 - Médias de higroscopicidade (g de água absorvida/100 g de pó) de iogurte em pó de leite de cabra no dia da secagem do iogurte.

Tratamentos	Higroscopicidade
T1 (130°C/10%)	15,95±0,97 ^{ab}
T2 (130°C/20%)	16,10±0,28 ^a
T3 (150°C/10%)	13,24±0,54 ^d
T4 (150°C/20%)	12,65±0,58 ^{de}
T5 (170°C/10%)	14,97±0,48 ^{bc}
T6 (170°C/20%)	14,30±0,18 ^c

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Após 30 dias de armazenamento, houve diminuição da higroscopicidade de todas as amostras, como esperado, porque as amostras absorveram mais água, conforme os valores expressos na Tabela 6.

De maneira geral, não houve interação entre a concentração de maltodextrina utilizada nas amostras de iogurte probiótico caprino e a temperatura utilizada na secagem ($p=0,16$); a concentração do carreador também não exerceu forte influência nos resultados ($p=0,28$); por outro lado, a temperatura influenciou na higroscopicidade das amostras de iogurte probiótico caprino em pó ($p<0,0001$), porém a influência foi pequena.

Ferrari, Ribeiro e Aguirre (2012) analisaram amostras de suco de amora-preta em pó, produzido por *spray drying* com o objetivo de avaliar a influência da temperatura de entrada do ar de secagem (160 ou 180°C) e da concentração de maltodextrina (5, 15 ou 25%) e concluíram que os pós com maiores concentrações do carreador obtiveram menores médias de higroscopicidade.

4.2.4 Solubilidade

Amostras com 10% de maltodextrina (T1, T3 e T5) apresentaram menores médias de solubilidade que as demais, em torno de 69%, calculadas em base seca, não diferindo entre si. Já em relação às amostras com 20% do carreador (T2, T4 e T6), foram de $80,93 \pm 0,51$, $78,08 \pm 0,54$ e $75,57 \pm 0,80\%$, respectivamente, da menor temperatura à maior temperatura de entrada do ar de secagem do *spray dryer*, havendo diferença estatística entre elas (Figura 10).

Dessa forma, quando a concentração da maltodextrina foi de 10%, a temperatura não influenciou nos resultados. Por outro lado, quando a concentração do carreador aumentou para 20%, a temperatura de entrada do ar de secagem do *spray dryer* exerceu influência na solubilidade dos pós ($p < 0,0001$), acarretando na obtenção de pós mais solúveis quanto menor a temperatura (130°C) (Figura 10). Nesse caso, as duas variáveis empregadas no presente estudo (temperatura de entrada do ar de secagem e concentração de maltodextrina) influenciaram nas análises de solubilidade das amostras ($p < 0,0001$).

Figura 9 - Médias de solubilidade (%) calculadas em base seca de amostras de iogurte probiótico caprino em pó.

O resultado obtido pode ser atribuído à alta solubilidade da maltodextrina. Com relação ao efeito da temperatura, quanto maior a temperatura utilizada, maior a caramelização, o que pode ter resultado em menor solubilidade do carreador.

4.2.5 Tamanho e distribuição de partículas

No dia da obtenção dos pós, as médias dos tamanhos das partículas das amostras de iogurte probiótico caprino variaram de $12,75 \pm 5,50$ (T3) a $23,42 \pm 0,84$ μm (T6).

De maneira geral, as partículas das amostras de iogurte probiótico caprino em pó aumentaram de tamanho ao longo dos 120 dias de armazenamento (Tabela 9), especialmente os tratamentos 5 e 6, submetidos à temperatura de 170°C na atomização.

Tabela 9 - Diâmetro médio das partículas (μm) de iogurte probiótico caprino em pó submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130 , 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%) em diferentes dias de estocagem (0 , 30 , 60 , 90 e 120).

Tratamentos	Dias				
	0	30	60	90	120
T1 ($130^\circ\text{C}/10\%$)	$15,01 \pm 4,00^{\text{Ab}}$	$31,02 \pm 4,21^{\text{ABa}}$	$31,22 \pm 1,40^{\text{Ba}}$	$33,86 \pm 0,98^{\text{BCa}}$	$32,08 \pm 2,47^{\text{Ba}}$
T2 ($130^\circ\text{C}/20\%$)	$15,52 \pm 1,41^{\text{Ab}}$	$26,99 \pm 1,56^{\text{ABa}}$	$29,25 \pm 3,97^{\text{Ba}}$	$24,84 \pm 2,25^{\text{CDab}}$	$20,63 \pm 3,35^{\text{Cab}}$
T3 ($150^\circ\text{C}/10\%$)	$12,75 \pm 5,50^{\text{Ab}}$	$24,61 \pm 6,99^{\text{Ba}}$	$12,31 \pm 2,79^{\text{Cb}}$	$20,23 \pm 4,54^{\text{Dab}}$	$23,90 \pm 6,81^{\text{BCa}}$
T4 ($150^\circ\text{C}/20\%$)	$19,93 \pm 2,29^{\text{Ab}}$	$35,86 \pm 1,93^{\text{Aa}}$	$30,04 \pm 4,82^{\text{Bab}}$	$36,91 \pm 3,13^{\text{Aa}}$	$32,88 \pm 4,92^{\text{Ba}}$
T5 ($170^\circ\text{C}/10\%$)	$20,26 \pm 2,18^{\text{Ac}}$	$36,36 \pm 4,01^{\text{Ab}}$	$53,83 \pm 5,27^{\text{Aa}}$	$45,58 \pm 5,71^{\text{Aab}}$	$46,49 \pm 8,34^{\text{Aab}}$
T6 ($170^\circ\text{C}/20\%$)	$23,42 \pm 0,84^{\text{Ac}}$	$28,98 \pm 2,71^{\text{ABbc}}$	$37,11 \pm 5,99^{\text{Bab}}$	$40,24 \pm 1,95^{\text{ABa}}$	$45,69 \pm 3,02^{\text{Aa}}$

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Este resultado pode ser atribuído ao fato das amostras terem absorvido umidade após os primeiros dias de estocagem (Tabela 6). Provavelmente a água absorvida promoveu a formação de pontes entre as partículas, formando aglomerados que resultaram em aumento dos seus tamanhos médios. Ainda assim, os tamanhos médios determinados estão dentro do esperado para partículas produzidas por *spray dryer*, que é de 0 a 150 μm (FÁVARO-TRINDADE; PINHO; ROCHA, 2008).

Com o objetivo de avaliar a influência da temperatura de entrada do ar de secagem (160 ou 180°C) e da concentração de maltodextrina (5 , 15 ou 25%) sobre as características do suco de amora-preta em pó, produzido por *spray drying*, Ferrari, Ribeiro e Aguirre (2012) observou que o aumento da temperatura de secagem resultou em maiores diâmetros médios para as partículas produzidas com concentrações de maltodextrina de 25% .

As distribuições das partículas das amostras de iogurte probiótico caprino em pó podem ser observadas na Figura 11.

Figura 10 - Distribuição do tamanho de partículas (%) de iogurtes em pó de leite caprino submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130, 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%).

A Figura 11 mostra que boa parte das partículas do T1 encontram-se com cerca de 8 e 22 μm , formando dois picos na distribuição. Ao longo dos 120 dias de armazenamento o maior volume das partículas continuam nos dois picos, de 8 e 22 μm , aproximadamente, mas o volume de partículas com maior diâmetro vai aumentando ao longo do tempo.

De maneira geral, as partículas produzidas apresentaram distribuição com comportamento bimodal, ou seja, com dois picos. Este resultado é interessante, pois as partículas menores podem ocupar os espaços entre as maiores, resultando em uma boa acomodação dos pós.

4.2.6 Cor instrumental

A análise de colorimetria utilizada no presente estudo avaliou três parâmetros, sendo eles: L – luminosidade; a^* - variação do verde para o vermelho; b^* - variação do azul para o amarelo (Figura 12).

Figura 11 - Cores no sistema L, a, b.

Os valores de L das amostras de iogurte probiótico caprino em pó apresentados na Tabela 10 mostram que as amostras submetidas a maiores temperaturas tendem a ser mais escuras (menores valores de L). Este resultado pode ser atribuído ao fato de que quanto maior a temperatura de processo empregada, maior a possibilidade de ocorrência de reações de escurecimento não enzimático, como Maillard e caramelização.

Tabela 10 - Valores de luminosidade obtidos para iogurtes em pó de leite de cabra submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130, 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%) em diferentes dias de estocagem (0, 30, 60, 90 e 120).

Tratamentos	Dias				
	0	30	60	90	120
T1 (130°C/10%)	78,05±1,91 ^{Bab}	77,56±1,76 ^{Cb}	78,72±1,92 ^{Bab}	79,35±1,57 ^{Bab}	79,62±0,73 ^{Ba}
T2 (130°C/20%)	83,23±0,51 ^{Aab}	83,81±0,20 ^{Aa}	84,72±0,10 ^{Aa}	81,91±0,27 ^{Ab}	83,86±0,33 ^{Aa}
T3 (150°C/10%)	78,46±2,29 ^{Bab}	77,10±1,12 ^{Cb}	78,22±0,10 ^{Bb}	78,23±0,06 ^{Bb}	80,05±0,22 ^{Ba}
T4 (150°C/20%)	79,20±0,99 ^{Bb}	79,51±1,00 ^{Bb}	79,17±3,02 ^{Bb}	78,92±1,72 ^{Bb}	84,79±0,44 ^{Aa}
T5 (170°C/10%)	66,18±0,09 ^{Da}	62,43±0,59 ^{Eb}	63,45±1,31 ^{Db}	63,45±1,20 ^{Db}	61,68±0,62 ^{Db}
T6 (170°C/20%)	70,62±0,40 ^{Cab}	69,43±0,93 ^{Db}	71,72±0,60 ^{Ca}	68,83±0,31 ^{Cc}	71,09±0,12 ^{Cab}

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

É possível notar que nos tratamentos submetidos à secagem com maior concentração de maltodextrina o L foi maior, ou seja, a concentração do carreador exerceu influência nos resultados, sendo mais claros os pós com maior concentração do carreador (20%). Ferrari,

Ribeiro e Aguirre (2012) também observaram que o aumento da concentração da maltodextrina resultou no aumento da claridade das amostras de amora preta desidratadas por atomização sob temperatura de secagem de 160°C.

Os valores de luminosidade permaneceram relativamente estáveis durante o armazenamento (Tabela 10). Indicando que os produtos não sofreram reação de Maillard durante a estocagem.

A temperatura de entrada do ar de secagem exerceu influência no parâmetro a^* , que apresentou aumento significativo nas amostras submetidas à atomização com maiores temperaturas (Tabela 11), o que é mais um indicativo da ocorrência dos processos de escurecimento não enzimático durante o processo de atomização.

Tabela 11 - Valores do parâmetro a^* de iogurtes em pó de leite de cabra submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130, 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%) em diferentes dias de estocagem (0, 30, 60, 90 e 120).

Tratamentos	Dias				
	0	30	60	90	120
T1 (130°C/10%)	-1,50±0,29 ^{CDc}	-0,64±0,33 ^{Db}	-0,42±0,12 ^{Da}	-0,42±0,04 ^{Da}	-0,19±0,03 ^{Da}
T2 (130°C/20%)	-1,55±0,05 ^{CDb}	-0,65±0,23 ^{Da}	-1,01±0,09 ^{Ea}	-1,00±0,17 ^{Ea}	-0,84±0,10 ^{Ea}
T3 (150°C/10%)	-1,18±0,03 ^{Cd}	1,49±0,40 ^{Cb}	2,09±0,41 ^{Ca}	2,11±0,45 ^{Ca}	0,97±0,23 ^{Cc}
T4 (150°C/20%)	-1,80±0,11 ^{Db}	-0,53±0,06 ^{Da}	-0,29±0,17 ^{Da}	-0,33±0,21 ^{Da}	-0,47±0,04 ^{Da}
T5 (170°C/10%)	7,76±0,41 ^{AcD}	7,38±0,66 ^{Ad}	8,07±0,37 ^{Abc}	8,30±0,13 ^{Ab}	8,99±0,15 ^{Aa}
T6 (170°C/20%)	5,24±0,33 ^{Bb}	5,23±0,17 ^{Bb}	5,29±0,06 ^{Bb}	6,24±0,05 ^{Ba}	5,93±0,40 ^{Ba}

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As amostras tenderam a ser um pouco menos vermelhas quanto maior a concentração de maltodextrina. Este resultado denota a influência do carreador na cor das amostras (Figura 13). Ainda, de acordo com a Figura 13, verifica-se que as amostras que foram atomizadas utilizando-se a temperatura do ar de entrada de 170°C sofreram muito escurecimento não enzimático (reações de Maillard e/ou caramelização), o que inviabiliza a utilização das condições de processo empregadas neste estudo, para este tratamento, para a obtenção de iogurte em pó de leite de cabra.

Figura 12 - Amostras de iogurte probiótico caprino em pó submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130, 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%) após 120 dias de armazenamento.

Ao longo dos 120 dias de armazenamento, determinou-se ligeira diminuição nos valores de a^* dos pós, quando comparados ao dia de sua obtenção, isso se deve a possível ocorrência de reação de Maillard e ao efeito diluente da água que as amostras absorveram (Tabela 6).

Os valores de b^* (Tabela 12) de todos os tratamentos apresentaram diminuição estatisticamente significativa com o aumento da concentração de maltodextrina, conferindo uma tonalidade menos amarelada aos pós. Além disso, maiores valores foram observados com o aumento da temperatura e com a menor concentração de maltodextrina (10%), conferindo aos pós uma intensificação da tonalidade amarela. Este resultado deixa claro que houve processos de escurecimento não enzimático durante o processo de secagem e que esses foram menos intensos quanto maior a concentração de carreador empregada. As diferenças encontradas ao longo do tempo de armazenamento podem ser explicadas pelos motivos já discutidos para os parâmetros L e a^* .

Tabela 12 - Valores de cor (b*) de iogurte em pó de leite de cabra submetidos a diferentes temperaturas de secagem (130, 150 e 170°C) e diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%) em diferentes dias de estocagem (0, 30, 60, 90 e 120).

Tratamentos	Dias				
	0	30	60	90	120
T1 (130°C/10%)	19,77±1,63 ^{Da}	15,54±1,17 ^{Dc}	17,03±1,15 ^{Cbc}	17,95±1,10 ^{Cb}	16,95±0,52 ^{Dbc}
T2 (130°C/20%)	12,14±1,36 ^{Ea}	10,50±1,00 ^{Ea}	10,95±1,89 ^{Da}	10,54±1,42 ^{Ea}	11,64±1,44 ^{Ea}
T3 (150°C/10%)	23,18±0,60 ^{Ca}	23,14±0,86 ^{Ba}	22,45±0,38 ^{Bab}	22,83±0,26 ^{Bab}	21,08±0,36 ^{Cb}
T4 (150°C/20%)	20,20±1,60 ^{Da}	20,64±1,19 ^{Ca}	17,08±1,29 ^{Cb}	15,75±0,88 ^{Db}	16,26±0,36 ^{Db}
T5 (170°C/10%)	35,20±0,24 ^{Aa}	30,33±0,16 ^{Ab}	31,46±0,37 ^{Ab}	31,10±0,47 ^{Ab}	34,41±1,08 ^{Aa}
T6 (170°C/20%)	27,92±1,84 ^{Ba}	24,25±0,78 ^{Bbc}	23,34±2,10 ^{Bc}	24,53±2,04 ^{Bbc}	25,14±0,13 ^{Bb}

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As amostras produzidas a temperatura de 170°C foram mais escuras (menor valor de L), mais vermelhas e amarelas (maiores valores para b e a), inviabilizando a utilização desta condição de processo para atomização de iogurte de cabra.

4.2.7 Viabilidade dos probióticos durante o armazenamento dos produtos

Na Tabela 13 foram apresentados os valores estimados das contagens das culturas probióticas de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* nos dias da elaboração dos iogurtes em pó, que foram superiores ao mínimo recomendado pela legislação brasileira para ser um produto considerado funcional (10^6 UFC/g), como discutido anteriormente.

Tabela 13 - Estimativa da população probiótica de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* em amostras de iogurte em pó de leite de cabra (log10 UFC/g – base seca).

Tratamentos	Dias				
	0	30	60	90	120
T1 (130°C/10%)	8,92±0,05 ^{Aa}	8,91±0,07 ^{Aa}	6,12±0,05 ^{Bbc}	5,99±0,04 ^{Ac}	5,48±0,47 ^{Ad}
T2 (130°C/20%)	9,00±0,31 ^{Aa}	6,51±0,23 ^{CDb}	6,69±0,04 ^{Ab}	3,06±0,15 ^{Dc}	0,00±0,00 ^{Cd}
T3 (150°C/10%)	8,74±0,12 ^{Aa}	4,94±0,05 ^{Eb}	4,46±0,07 ^{Cc}	3,69±0,38 ^{Cd}	2,33±0,25 ^{Be}
T4 (150°C/20%)	7,39±0,08 ^{Ba}	6,17±0,09 ^{Db}	4,28±0,04 ^{Cc}	3,87±0,05 ^{Cd}	0,00±0,00 ^{Ce}
T5 (170°C/10%)	7,11±0,23 ^{Ba}	7,35±0,10 ^{Ba}	4,34±0,10 ^{Cb}	4,33±0,03 ^{Bb}	0,00±0,00 ^{Cc}
T6 (170°C/20%)	6,53±0,47 ^{Ca}	6,38±0,14 ^{CDa}	2,28±0,12 ^{Db}	2,31±0,15 ^{Eb}	0,00±0,00 ^{Cc}

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Todavia, as contagens permaneceram satisfatórias ($\geq 10^6$ UFC/g) para as amostras atomizadas à temperatura de 170°C, com ambas as concentrações de maltodextrina, apenas até aproximadamente 30 dias de armazenamento; para as amostras atomizadas à temperatura de 150°C, até aproximadamente 30 dias, com 20% de carreador, e menos de 30 dias para aquelas atomizadas com 10% de carreador; para as amostras atomizadas a 130°C, a população de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* manteve-se com contagem adequada até aproximadamente 60 dias, com ambas as concentrações de carreador. Esses resultados permitem inferir que a atomização de iogurtes contendo *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* promoveu injúrias nas células dessas bactérias que levaram à perda de sua viabilidade durante o armazenamento. Adicionalmente, verificou-se que a utilização de temperatura acima de 130°C foi mais danosa, porque a viabilidade foi ainda menor para as amostras atomizadas a 150 e 170°C.

Bielecka e Majkowska (2000), com o objetivo de avaliar as melhores condições de secagem de iogurte no *spray dryer* para obter melhor resistência de culturas tradicionais de iogurte, contendo estirpes de *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* 151 e *Streptococcus thermophilus* MK-10, variaram a temperatura de saída do ar de secagem (60-80°C) e analisaram a umidade dos pós. Eles observaram que a temperatura de saída do ar de secagem do *spray dryer* afetou a viabilidade das bactérias ao final do processo de secagem e a maior sobrevivência das bactérias foi observada nos pós obtidos quando desidratados sob temperaturas de saída do ar de secagem entre 60 e 65°C. Nos pós obtidos sob maior temperatura de saída do ar de secagem (80°C) as contagens de bactérias diminuíram significativamente e apresentaram menores valores de umidade.

Com relação à influência do carreador, verificou-se que a maior concentração de maltodextrina não resultou em contagens maiores após o processo. Ao contrário, para as temperaturas de atomização de 150 e 170°C, quanto maior a concentração de carreador, menor as contagens. Ou seja, o carreador não exerceu o efeito protetor esperado durante a atomização. Este resultado diferiu do reportado por Chávez e Ledebøer (2007), onde a utilização de maltodextrina associada com proteína isolada de soja resultou em melhores taxas de sobrevivência dos probióticos quando desidratados em *spray dryer*.

4.2.8 Morfologia das partículas por MEV

A Figura 15 (de A a R) mostra as micrografias das partículas de iogurtes probióticos caprinos em pó produzidos pela atomização em *spray dryer*.

Figura 13 - Micrografias das partículas produzidas pela atomização em *spray dryer* (temperaturas de entrada do ar de secagem: 130, 150 e 170°C) de iogurte caprino com 10 e 20% de maltodextrina: T1 (130°C/10% malto) = A (200x); B (500x); C (1000x); T2 (130°C/20% malto) = D (200x); E (500x); F (1000x); T3 (150°C/10% malto) = G (200x); H (500x); I (1000x); T4 (150°C/20% malto) = J (200x); K (500x); L (1000x); T5 (170°C/10% malto) = M (200x); N (500x); O (1000x); T6 (170°C/20% malto) = P (200x); Q (500x); R (1000x), após 120 dias de armazenamento.

Verifica-se que, de maneira geral, as partículas apresentaram tamanhos variados e formato esférico, característicos de partículas obtidas por *spray drying*. Nota-se também, a presença de concavidades nas partículas, o que, deve-se ao fato do encolhimento como resultado da rápida evaporação da água durante o processo de secagem em *spray dryer*.

Outro aspecto que pode ser notado é a presença de aglomerados, os quais corroboram com os resultados obtidos para o tamanho das partículas (Tabela 9), que apresentaram aumento durante o armazenamento. Estes aglomerados possivelmente formaram-se devido a fato de que houve absorção de água pelos pós até que fosse atingida a umidade de equilíbrio. Esta água adicional possivelmente promoveu a formação de pontes entre as partículas e, conseqüentemente, aglomeração.

5. CONCLUSÕES

Considerando os objetivos propostos e diante dos resultados obtidos no presente estudo, pode-se inferir que:

- 1) Imediatamente após a desidratação dos iogurtes, apesar deles terem apresentado contagens inferiores que os iogurtes antes do processo de secagem, ainda apresentaram contagens acima de 10^6 UFC/g, ou seja, ainda estavam dentro do limite estabelecido pela legislação para um produto ser considerado probiótico;
- 2) As contagens de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* após o processo de secagem evidenciaram que houve resistência dos micro-organismos probióticos, especialmente quando a temperatura de entrada do ar de secagem no *spray dryer* eram mais baixas (130 e 150°C);
- 3) A maltodextrina influenciou negativamente na viabilidade dos micro-organismos probióticos;
- 4) Todos os tratamentos apresentaram elevada higroscopicidade, necessitando assim de embalagem impermeável imediatamente após o processo de secagem;
- 5) Ao longo dos 30 dias de armazenamento, praticamente todos os tratamentos apresentaram contagens acima de 10^6 UFC/g, com exceção do T3 (150°C/10%);
- 6) Os pós desidratados sob maior temperatura de entrada do ar de secagem (170°C) com diferentes concentrações de maltodextrina (10 e 20%)(T5 e T6) apresentaram coloração muito escura, inviabilizando a utilização desses tratamentos. Além disso, foram os tratamentos com menores contagens de micro-organismos probióticos após o processo de atomização;
- 7) O T1 (130°C/10%) obteve maiores contagens do micro-organismo analisado, com contagens acima de 10^6 UFC/g, com 60 dias de armazenamento, indicando ser o melhor tratamento entre os estudados, em relação à obtenção de um iogurte caprino probiótico em pó com maior período de vida de prateleira.

De maneira geral, conclui-se que o processo de atomização possibilitou a obtenção de iogurte de leite de cabra estável do ponto de vista microbiológico, que dispensa a cadeia do frio e ocupa menor volume que o produto antes do processo de secagem, portanto com menor custo de transporte e armazenamento. Além disso, obteve-se um produto que pode ser uma alternativa para incrementar o consumo de leite de cabra, bem como o de probióticos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, F.; MIYAUCHI, H.; UCHIJIMA, A.; YAESHIMA, T.; IWATSUKI, K. Stability of bifidobacteria in powdered formula. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 718–724, 2009.
- AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F.; BRITO, E. S. Fundamentos de Estabilidade de Alimentos. **Embalagens e Estabilidade de Alimentos**, p. 151-164, 2005.
- BAHNA, S. L. Cow's milk allergy versus cow milk intolerance. **Annals of Allergy, Asthma & Immunology**, v. 89, n. 6, p. 56-60, 2002.
- BALLONGUE, J. Bifidobacteria and Probiotic Action. **Lactic Acid Bacteria - Microbiological and Functional Aspects**, v. 3, p. 67-124, 2004.
- BHANDARI, B. R.; SENOUSI, A.; DUMOULIN, E. D.; LEBERT, A. Spray drying of concentrated fruit juices. **Drying Technology**, v.11, n.5, p.1081-1092, 1993.
- BIELECKA, M.; MAJKOWSKA, A. Effect of spray drying temperature of yoghurt on the survival of starter cultures, moisture content and sensoric properties of yoghurt powder. **Nahrung**, v. 44, n. 4, p. 257– 260, 2000.
- BORGES, K. C.; MEDEIROS, A. C. L.; CORREIA, R. T. P. Iogurte de leite de búfala sabor cajá (*Spondias lutea* L.): caracterização físico-química e aceitação sensorial entre indivíduos de 11 a 16 anos. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 2, p. 295-300, 2009.
- BRABANDERE, A.; BAERDEMAECKER, J. Effects of process conditions on the pH development during yoghurt fermentation. **Journal Food Engineering**, v.41, p.221-227, 1999.
- BRANDÃO, S. C. C. Tecnologia da fabricação de iogurte. **Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes**, v. 42, n. 250, p. 3-8, 1987.
- BRASIL, 1999. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem**. Portaria ANVISA nº 399, de 30 de abril de 1999.
- BRASIL, 2000a. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Padrões de**

Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados. Resolução Nº 5, de 13 de novembro de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, 2000.

BRASIL, 2000b. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite de Cabra.** Instrução normativa nº 37, de 31 de outubro de 2000, Diário Oficial da União, Brasília, 08/11/2000, seção 1, p. 23-25, 2000.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p.1248-1252, 2000.

CAJIGAS, S. D. Instant yoghurt composition. **United States Patent**, n. 4 289 788, 1981.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P.C.; RAMOS, A.M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.5, n.4, p.420-428, 2005.

CAWDRON, D. Dry dessert mix compositions. **United States Patent**, n. 2 388 337, 1981.

CEBALLOS, L. S.; MORALES, E. R.; ADARVE, G. T.; CASTRO, J. D.; MARTÍNEZ, L. P.; SAMPELAYO, M. R. S. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, p. 322–329, 2009.

CHAMPAGNE, C.P.; GARDNER, N. J.; ROY, D. Challenges in the addition of probiotic cultures to foods. **Critical Review Food Science and Nutrition**, v. 45, p. 61–84, 2005.

CHARTERIS, W. P.; KELLY, P. M.; MORELLI, L.; COLLINS, J.K. Development and application of an in vitro methodology to determine the transit tolerance of potentially probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* species in the upper human gastrointestinal tract. **Journal of Applied Microbiology**, v. 84, n. 5, p. 759-768, 1998.

CHÁVEZ, B. E.; LEDEBOER, A. M.; Drying of Probiotics: Optimization of Formulation and Process to Enhance Storage Survival. **Drying Technology**, v. 25, p. 1193–1201, 2007.

COELHO, D. T.; ROCHA, J. A. A. Prática de processamento de origem animal. **Caderno Didático 49-Ciências exatas e Tecnológicas**. Universidade Federal de Viçosa, 3ª edição, p. 7-37, 2005.

CORREIA, R.; BORGES, K. Posicionamento do consumidor frente ao consumo de leite de cabra e seus derivados na cidade de Natal-RN. **Revista do Instituto Candido Tostes**, v. 366, n. 64, p. 36-43, 2009.

COSTA, A. L. **Leite Caprino: Um Novo Enfoque de Pesquisa**, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2005. Disponível em: <http://www.capritec.com.br/artigos_embra020819a.htm> Acesso em: 25 de Outubro de 2012.

DAIRY COUNCIL OF CALIFORNIA. **Probiotics – Friendly Bacteria with a Host of Benefits**, 2000.

EJTAHED, H. S; MOHTADI-NIA, J.; HOMAYOUNI-RAD, A.; NIAFAR, M.; ASGHARI-JAFARABADI, M.; MOFID, V. Probiotic yogurt improves antioxidant status in type 2 diabetic patients. **Nutrition**, v. 28, p. 539–543, 2012.

FAO. Probiotics in food. Health and nutritional properties and guidelines for evaluation. Food & Agriculture Organization of the United Nations. **Food and Nutrition Paper**, Rome, n. 85, 62 pp, 2006.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Faostat Agriculture Data. Production – Livestock Primary**. 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor>>. Acesso em: 17 de dezembro de 2012.

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. 2006. **Small Ruminant Research**, v. 65, p. 113–121, 2006.

FÁVARO-TRINDADE, C. S.; GROSSO, C. R. F. Microencapsulation of *L. acidophilus* (La-05) and *B. lactis* (Bb-12) and evaluation of their survival at the pH values of the stomach and in bile. **Journal of Microencapsulation**, London, v. 19, n. 4, p. 485-494, 2002.

FÁVARO-TRINDADE, C. S.; GROSSO, C. R. F. Stability of free and immobilized *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium animalis subsp. lactis* in acidified milk and of immobilized *B. lactis* in Yoghurt. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 35, p. 151-156, 2004.

FÁVARO-TRINDADE, C. S.; PINHO, S. C.; ROCHA, G. A. Revisão: Microencapsulação de

ingredientes alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 2, p. 103-112, 2008.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos** (2nd ed.). Zaragoza: Acribia. 1258 p., 2000.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 2, p. 157-165, 2012.

FERREIRA, C. L. L. F. Produtos lácteos fermentados: aspectos bioquímicos e tecnológicos. **Caderno Didático 43-Ciências exatas e Tecnológicas**, Universidade Federal de Viçosa, 3ª edição, p. 68-75, 2005.

FRITSCHING, U. **Spray Systems**. Multiphase Flow Handbook. Cap. 8, p. 1-100, 2006.

GARCIA, R. V.; TRAVASSOS, A. E. R. Aspectos gerais sobre o leite de cabra: uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 386, p. 81-88, 2012.

GARDINER, G. E.; SULLIVAN, E. O.; KELLY, J.; AUTY, M. A. E.; FITZGERALD, G. F.; COLLINS, J. K.; ROSS, R. P.; STANTON, C. Comparative Survival Rates of Human-Derived Probiotic *Lactobacillus paracasei* and *L. salivarius* Strains during Heat Treatment and Spray Drying. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 66, n. 6, p. 2605–2612, 2000.

GASTALDI, E. LAGAUDE, A.; MARCHESSEAU, C. LA FUENTE, B. Acid milk gel formation as affected by total solids content. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 4, p. 671-687, 1997.

GOUVEIA, C.O.; NASCIMENTO, M. C. M.; CAMPOS, M. C. B.; CASTRO, T. A.; SANTOS NETO, T. M. **Manual de Leite e Derivados**, SEBRAE – PE. p. 5-21, 2000.

HAENLEIN, G. F. W. Status and prospects of the dairy goat industry in the United States. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 1173-1181, 1996.

HAENLEIN, G.F.W. Past, Present and Future Perspectives of Small Ruminant Research. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 2097–2115, 2001.

HAENLEIN, G. F. W. Goat milk in human nutrition. **Small Ruminant Research**, v. 51, p. 155-163, 2004.

HASS, I.; PAVLAK, P. F.; SAUER-LEAL, E.; JUNIOR, G. S. Avaliação Comparativa entre Leite de Cabra *in-natura* e industrializado. **V Semana de Tecnologia em Alimentos**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Ponta Grossa - Paraná – Brasil. ISSN: 1981-366X/ v. 02, n. 01. 21 a 25 de maio, 2007.

HODGKINSON, A. J.; MCDONALD, N. A.; KIVITS, L. J.; HURFORD, D. R.; FAHEY, S.; PROSSER, C. Allergic responses induced by goat milk α S1-casein in a murine model of gastrointestinal atopy. **Journal Dairy Science**, v. 95, p. 83-90, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sala de Imprensa, Produção da Pecuária Municipal** – 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2002&id_pagina=1> Acesso em: 17 de dezembro de 2012.

IEA – Instituto de Economia Agrícola. Caprinos e ovinos em São Paulo atraem argentinos. **Análise e Indicadores do Agronegócio**. v. 1, n. 1, jan. 2006.

JELLEN, P.; LUTZ, S. Functional milk and dairy products. In. MAZZA, G., ed. **Functional foods: biochemical and processing aspects**. Lancaster: Technomic Publishibg, p. 357-381, 1998.

KEARNEY, N.; MENG, X. C.; STANTON, C.; KELLY, J.; FITZGERALD, G. F.; ROSS, R. P. Development of a spray dried probiotic yoghurt containing *Lactobacillus paracasei* NFBC 338. *International Dairy Journal*, v. 19, p. 684–689, 2009.

KLAENHAMMER, T. R. Probiotic Bacteria: Today and Tomorrow. **The Journal of Nutrition**, v. 130, p. 415S-416S, 2000.

KOBLITZ, M. G. B. **Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 148-185, 2011.

KOC, B.; Yilmazer, M. S.; Balkır, P.; Ertekin, F. K. Spray Drying of Yogurt: Optimization of Process Conditions for Improving Viability and Other Quality Attributes. **Drying Technology**, v. 28, p. 495–507, 2010.

KUMAR, P.; MISHRA, H. N. Yoghurt Powder: A Review of Process Technology, Storage and Utilization. *Trans IChemE, Part C, Food and Bioproducts Processing*, v. 82 (C2), p. 1–10, 2004.

LAIJOLO, F. M.; Miyazaki, E. Functional Food Legislation in Brazil. In Regulation of Functional Foods and Nutraceuticals: A Global Perspective, Atlanta: Taylor & Francis, v. 1, p, 275-289, 2007.

LANGRISH, T. A. G. **Crystallization in Spray Drying**. Mathematical Modeling of Food Processing, University of Sydney, Cap. 30, p. 773-794, 2010.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por *spray-dryer*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, p. 115-123, 2003.

LISERRE, A. M.; RÉ, M. I.; FRANCO, B. D. G. M. F. Microencapsulation of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* in modified alginate-chitosan beads and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions. **Food Biotechnology**, v.21, p. 1-16, 2007.

LOPEZ-ALIAGA, I.; ALFEREZ, M. J. M.; BARRIONUEVO, M.; NESTARES, T.; SANZ SAMPELAYO, M. R.; CAMPOS, M. S. Study of Nutritive Utilization of Protein and Magnesium in Rats with Resection of the Distal Small Intestine. Beneficial Effect of Goat Milk. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 9, p. 2958-2966, 2003.

MAGNE, F.; HACHELAF, W.; SUAUA, A.; BOUDRAA, G.; MANGIN, I.; TOUHAMI, M.; BOUZIANE-NEDJADI, K.; POCHART, P. A longitudinal study of infant faecal microbiota during weaning. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 58, p. 563–571, 2006.

MARTÍN-DIANA, A. B.; JANER, C.; PELÁEZ, C.; REQUENA, T. Development of a fermented goat's milk containing probiotic bacteria. **International Dairy Journal**, v. 13, p. 827–833, 2003.

MARTINS, E. C.; WANDER, A. E.; CHAPAVAL, L.; BOMFIM, M. A. D. O mercado e as potencialidades do leite de cabra na cidade de Sobral: a visão do consumidor. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Sistemas de Produção**, Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, v. 7, 2007.

MEDEIROS, A. C. L.; MEDEIROS, K. C. B.; MEDEIROS, M. F. CORREIA, R. T. P. Avaliação Comparativa do Efeito do Tratamento Térmico e Temperatura de Incubação sobre o Perfil de Acidificação dos Leites Bovino e Bubalino. **Anais do XVII Simpósio Nacional de Bioprocessos – SINAFERM**. 2009.

MERIN, U. Influence of breed and husbandry on viscosity of Israeli goat milk yogurt. **Small Ruminant Research**, v. 35, p. 175-179, 2000.

MOHAMMADI, R.; SOHRABVANDI, S.; MORTAZAVIAN, A. M. The starter culture characteristics of probiotic microorganisms in fermented milks – Review. **Engineering in Life Sciences**, v. 12, n. 4, p. 399-409, 2012.

NAUGHT, K. R. Yogurt. In. **Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology**, New York, p. 125-145, 2004.

OLIVEIRA, A. C. Viabilidade de '*Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*', microencapsulados por coacervação, seguida de secagem por 'spray drying' e leite de jorro. Dissertação de mestrado - **Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto**, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto-SP, 77 pp., 2006.

ORDÓÑEZ, J. A. RODRIGUES, M. I. C.; ALVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. Alimentos de Origem Animal. **Tecnologia de Alimentos**, Ed. Artmed, Porto Alegre, v. 2, p. 67-81, 2005.

PANDYA, A. J.; GHODKE, K. M. Goat and sheep milk products other than cheeses and yoghurt. **Small Ruminant Research**, v.68, issue 1-1, p. 193-206, 2007.

PEARCE, L. E.; SMYTHE, B. W.; CRAWFORD, R. A.; OAKLEY, E.; HATHAWAY, S. C.; SHEPHERD, J. M. Pasteurization of milk: The heat inactivation kinetics of milk-borne dairy pathogens under commercial-type conditions of turbulent flow. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 1, p. 20-35, 2012.

RÉ, M. I. Microencapsulation by spray drying. **Drying Technology**, v.16, n.6, p.1195-1236, 1998.

RÊGO, J. P. A.; FACÓ, O.; VILLELA, L. C. V.; SILVA, F. L. R.; PINHEIRO, A. A.; SANTOS, D. O. BGCON – Banco de germoplasma de caprinos e ovinos naturalizados: uma alternativa para inventariar a infra-estrutura dos recursos genéticos existentes. **Comunicado Técnico**, n. 85. EMBRAPA, Sobral-CE. 2007.

RIBEIRO, S. D. A. **Caprinocultura: Criação racional de Caprinos. Mercado e Tecnologia de Processamento**. São Paulo: Nobel, p. 249-266, 1997.

RIBEIRO, A. C.; RIBEIRO, S. D. A. Specialty products made from goat milk. **Small Ruminant Research**, v. 89, p. 225-233, 2010.

SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 1, P. 1-16, 2006

SAAD, S. M. I.; BEDANI, R.; MAMIZUKA, E. M. Benefício à saúde dos probióticos e prebióticos. **Probióticos e Prebióticos em Alimentos – Fundamentos e aplicações tecnológicas**, v. 1, cap. 2, p. 51-84, 2011.

SANTOS, J. A. Iogurte: um bom negócio se feito com profissionalismo. **Indústria de Laticínios**, n. 18, p. 20-27, 1998.

SEBRAE/RN. Diagnóstico da cadeia produtiva agroindustrial da caprinovinocultura do Rio Grande do Norte: comportamento da cadeia produtiva agroindustrial da caprinovinocultura do Rio Grande do Norte. **SEBRAE/RN**, Natal (RN), v. 1. 2001.

SENAKA RANADHEERA, C.; EVANS, C. A.; ADAMS, M. C.; BAINES, S. K. Probiotic viability and physico-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yogurts made from goat's milk. **Food Chemistry**, v. 135, p. 1411–1418, 2012a.

SENAKA RANADHEERA, C.; EVANS, C. A.; ADAMS, M. C.; BAINES, S. K. *In vitro* analysis of gastrointestinal tolerance and intestinal cell adhesion of probiotics in goat's milk ice cream and yogurt. **Food Research International**, v. 49, p. 619–625, 2012b.

SHAH, N. P. Functional cultures and health benefits. **International Dairy Journal**, v. 17, p. 1262-1277, 2007.

SILANIKOVE, N.; LEITNER, G.; MERIN, U.; PROSSE, C. G. Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. **Small Ruminant Research**, v. 89, n. 2–3, p. 110-124, 2010.

STELIOS, K.; EMMANUEL, A. Characteristics of set type yoghurt made from caprine or ovine milk and mixtures of the two. **International Journal Food Science Technology**. v. 39, p. 319-324, 2004.

STENCL, J.; JANSTOVA, B.; DRACKOVA, M. Effects of temperature and water activity on the sorption heat of whey and yogurt powder spray within the temperature range 20–40C. **Journal of Food Process Engineering**, v. 33, p. 946–961, 2010.

TAMIME, A. Y.; DEETH, H. C. Yogurt: technology and biochemistry. **Journal of Food Protection**, v. 43, n. 12, p. 939-977, 1980.

TENCHINI, N. L. M. Tecnologia de fabricação de leites fermentados iogurte e bebidas lácteas. **Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. Juiz de Fora, 2003.

USDA, UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Functional Foods Research in ARS. **Agricultural Research Service**, 2010. Disponível em: < <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/00000000/NPS/FinalFunctionalFoodsPDFReadVersion6-25-10.pdf>>. Acesso em: 27 de dezembro de 2012.

VALENTI, B.; PAGANO, R. I.; AVONDO, M. Effect of diet at different energy levels on milk casein composition of Girgentana goats differing in CSN1S1 genotype. **Small Ruminant Research**, v. 105, p. 135– 139, 2012.

VIEIRA DE SÁ, F. A Cabra. **O leite: produção, ordenha, contraste leiteiro**. Coleção Técnica Agrária. Editora Lisboa, p. 97-136, 1978.

WALSTRA, P.; WOUTERS, J. T. M.; GEURTS, T. J. Milk: Main Characteristics. **Dairy Science and Technology**, v. 2, p. 3-16, 2005.

WANG, Y.; YU, R.; CHOU, C. Viability of lactic acid bacteria and bifidobacteria in fermented soymilk after drying, subsequent rehydration and storage. **International Journal of Food Microbiology**, v. 93, p. 209– 217, 2004.

WINTER, J. Probiotics: the potential of billions. **Functional Ingredients**, nov. 1, 2008. Disponível em: < <http://newhope360.com/regulatory/probiotics-potential-billions>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2013.

WUNGRATH, J.; PIANMONGKHOL, A.; WIRJANTORO, T. I. Effect of probiotics added goat and cow milk yogurt consumption on immunoglobulin a (iga) induction in healthy adolescents. **Journal Health Research**, v. 23, n. 1, p. 5-9, 2009.

XANTHOPOULOS, V.; IPSILANDIS, C. G.; TZANETAKIS, N. Use of a selected multi-strain potential probiotic culture for the manufacture of set-type yogurt from caprine milk. **Small Ruminant Research**, v. 106, p. 145– 153, 2012.