



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO  
ALIMENTAR E NUTRIÇÃO

APLICAÇÃO DE CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE  
LEITE BOVINO EM IOGURTES

LILIANE CORRÊA MAISTRO

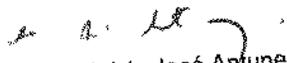
Nutricionista

Orientador: Prof. Dr. ALOÍSIO JOSÉ ANTUNES

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Liliane Corrêa Maistro aprovada pela Comissão Julgadora em 02 de março de 1999.

Campinas, 02 de março de 1999

  
Prof. Dr. Aloísio José Antunes  
Presidente da Banca

Dissertação apresentada ao Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência da Nutrição Aplicada à Tecnologia de Alimentos.

CAMPINAS  
Estado de São Paulo - Brasil  
Fevereiro - 1999

UNIDADE	BC		
N.º CHAMADA:			
V.	Ex		
TOMBO BC/	37650		
PROC.	229/99		
C	<input type="checkbox"/>	D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO R\$	11,00		
DATA	06/05/99		
N.º CPD			

CM-00122925-5

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

M287a

Maistro, Liliane Corrêa  
Aplicação de concentrados protéicos de soro de leite  
bovino em iogurtes. / Liliane Corrêa Maistro. --  
Campinas, SP: [s.n.], 1999.

Orientador: Aloísio José Antunes.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de  
Campinas. FMaculdade de Engenharia de Alimentos.

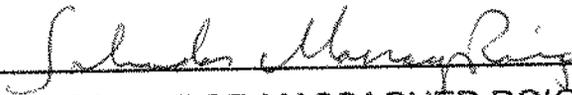
1. Proteínas. 2. Iogurte. 3. Laticínios. 4. Soro do  
leite. I. Antunes, Aloísio José. II. Universidade Estadual  
de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.  
III. Título.

## BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. ALOÍSIO JOSÉ ANTUNES  
(Orientador)



---

Prof. Dr. SALVADOR MASSAGUER ROIG  
(Membro)



---

Profa. Dra. MIRNA LÚCIA GIGANTE  
(Membro)

---

Prof. Dr. CARLOS RAIMUNDO F. GROSSO  
(Membro)

Campinas, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 1999.

***Ao meu marido Paulo Sérgio,  
grande amigo e companheiro  
desde o primeiro instante do meu  
envolvimento neste trabalho.***

***DEDICO***

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Dr. Aloísio José Antunes, o idealizador deste trabalho, pelo saber e experiência acumulados ao longo de anos de dedicação e atividades de ensino e pesquisa ;

Aos meus pais pela formação que me transmitiram ;

À amiga Henelyta Silva Santos pelo estímulo, apoio e carinho ;

À Banca Examinadora, pelo enriquecimento obtido à partir de suas preciosas sugestões ;

À Eliana P. Motta pelos ensinamentos importantes que possibilitaram o desenvolvimento desta pesquisa ;

Aos colegas do Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição: Ana Cláudia Alleoni, Cellis Ap. Scavassani, Cristina Yoshida, Elke Clemente, Rosemary Carvalho, Soely M. Reis e Suzana Lima Oliveira, cujo incentivo foi fundamental para a concretização deste trabalho ;

Ao laboratório de Tecnologia de Leites e Derivados, em especial à Prof<sup>a</sup>. Mirna e aos colegas Giuliana e Leonardo pela colaboração nas análises de gordura ;

À Universidade Metodista de Piracicaba pela concessão da bolsa auxílio através do Programa Interno de Capacitação Docente (PICD) ;

Também à tantos outros amigos que a vida me concedeu, os quais muito me auxiliaram, estimulando-me ao crescimento e tolerando-me as deficiências.

Muito Obrigada

# SUMÁRIO

	página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Leite bovino	4
2.1.1 Proteínas do leite	5
2.1.1.1 Propriedades físico-químicas das caseínas	5
2.1.1.2 Propriedades físico-químicas das proteínas do soro	8
2.1.1.3 O soro de leite bovino	12
2.1.1.4 Propriedades funcionais dos concentrados protéicos de soro	15
2.2 Leite de cabra	19
2.2.1 Características do leite de cabra	20
2.2.1.1 Proteínas do leite de cabra	21
2.3 Aplicação de CPS em iogurtes	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 Matérias primas	33
3.2 Desnate dos leite	33

3.3	Pasteurização do leite	33
3.4	Técnica de preparo dos iogurtes	34
3.5	Análises químicas	35
3.5.1	Matéria prima	35
3.5.1.1	Determinação da proteína bruta	35
3.5.1.2	Determinação de sólidos totais	35
3.5.1.3	Determinação do teor de gordura dos leites integrais	35
3.5.1.4	Determinação do teor de gordura dos leites desnatados	35
3.5.1.5	Determinação da acidez titulável dos leites	36
3.5.1.6	Determinação do pH dos leites	36
3.5.1.7	Determinação do nitrogênio caseico	36
3.5.2	Determinação do teor protéico bruto e sólidos totais do CPS	37
3.5.3	Avaliações durante a fermentação e no produto final	37
3.5.3.1	Determinação do pH e da acidez titulável	37
3.5.3.2	Determinação do teor protéico bruto e sólidos totais	37
3.5.4	Determinação das alterações eletroforéticas	37
3.5.4.1	Preparo das amostras	38
3.5.4.2	Determinação proteolítica em gel de poliacrilamida	38
3.6	Análise física	39
3.7	Análise estatística	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	Análise químicas dos leites	41
4.1.1	Proteínas	42

4.1.2	Sólidos totais	43
4.1.3	Gordura	45
4.1.4	Acidez titulável e pH	46
4.1.5	Nitrogênio caseico	48
4.2	Caracterização do Concentrado Protéico de Soro (CPS)	49
4.3	Durante a fermentação e no produto final	51
4.3.1	Determinação do pH em função do tempo de fermentação	51
4.3.2	Determinação da acidez titulável em função do tempo de fermentação dos iogurtes	58
4.3.3	Determinação do teor protéico bruto e sólidos totais dos iogurtes em função da adição em diferentes concentrações de CPS	66
4.4	Avaliação do perfil eletroforético das proteínas	71
4.5	Efeito da adição de CPS nas características de textura	76
5	CONCLUSÃO	81
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
7	ANEXOS	96

## LISTA DE FIGURAS

1	Fluxograma do processo para obtenção de soros ácido e doce .....	12
2	Fluxograma do processo de fabricação dos iogurtes .....	34
3	Abaixamento do pH em função do tempo de fermentação do iogurte de leite bovino integral .....	51
4	Abaixamento do pH em função do tempo de fermentação do iogurte de leite bovino desnatado.....	52
5	Abaixamento do pH em função do tempo de fermentação do iogurte de leite caprino integral .....	53
6	Abaixamento do pH em função do tempo de fermentação do iogurte de leite caprino desnatado .....	54
7	Desenvolvimento da acidez titulável durante o processo de fermentação do iogurte de leite bovino integral .....	59
8	Desenvolvimento da acidez titulável durante o processo de fermentação do iogurte de leite bovino desnatado integral .....	60
9	Desenvolvimento da acidez titulável durante o processo de fermentação do iogurte de leite caprino integral .....	61
10	Desenvolvimento da acidez titulável durante o processo de fermentação do iogurte de leite caprino desnatado.....	62

- 11 Aumento do teor de sólidos totais e proteínas do iogurte, produzido à partir de leite bovino integral em função da porcentagem de adição de CPS ..... 66
- 12 Aumento do teor de sólidos totais e proteínas do iogurte, produzido à partir de leite bovino desnatado em função da porcentagem de adição de CPS..... 67
- 13 Aumento do teor de sólidos totais e proteínas do iogurte, produzido à partir de leite caprino integral em função da porcentagem de adição de CPS..... 68
- 14 Aumento do teor de sólidos totais e proteínas do iogurte, produzido à partir de leite caprino desnatado em função da porcentagem de adição de CPS..... 69
- 15 Perfil eletroforético do leite bovino integral e dos iogurtes obtidos a partir do mesmo (banda 1: padrão de  $\alpha$  e  $\beta$ -caseínas; banda 2: leite bovino integral; banda 3: iogurte controle; banda 4: iogurte com 1% de CPS; banda 5: iogurte com 2% de CPS; banda 6: iogurte com 3% de CPS; banda 7: iogurte com 4% de CPS e banda 8: iogurte com 5% de CPS)..... 72
- 16 Perfil eletroforético do leite bovino desnatado e dos iogurtes obtidos a partir do mesmo (banda 1: padrão de  $\alpha$  e  $\beta$ -caseínas; banda 2: leite bovino integral; banda 3: iogurte controle; banda 4: iogurte com 1% de CPS; banda 5: iogurte com 2% de CPS; banda 6: iogurte com 3% de CPS; banda 7: iogurte com 4% de CPS e banda 8: iogurte com 5% de CPS)..... 73

- 17 Perfil eletroforético do leite caprino integral e dos iogurtes obtidos a partir do mesmo (banda 1: padrão de  $\alpha$  e  $\beta$ -caseínas; banda 2: leite bovino integral; banda 3: iogurte controle; banda 4: iogurte com 1% de CPS; banda 5: iogurte com 2% de CPS; banda 6: iogurte com 3% de CPS; banda 7: iogurte com 4% de CPS e banda 8: iogurte com 5% de CPS)..... 74
- 18 Perfil eletroforético do leite caprino desnatado e dos iogurtes obtidos a partir do mesmo (banda 1: padrão de  $\alpha$  e  $\beta$ -caseínas; banda 2: leite bovino integral; banda 3: iogurte controle; banda 4: iogurte com 1% de CPS; banda 5: iogurte com 2% de CPS; banda 6: iogurte com 3% de CPS; banda 7: iogurte com 4% de CPS e banda 8: iogurte com 5% de CPS)..... 75
- 19 Característica da dureza dos iogurtes em função da porcentagem da adição de CPS ..... 77
- 20 Característica da mastigabilidade dos iogurtes em função da porcentagem da adição de CPS ..... 78
- 21 Característica da gomosidade dos iogurtes em função da porcentagem da adição de CPS ..... 79

## LISTA DE TABELAS

1	Concentração das principais proteínas do leite bovino	5
2	Características das proteínas sensíveis ao calor no soro	9
3	Composição dos soros ácido e doce	13
4	Composição protéica dos soros ácido e doce	14
5	Composição aproximada dos concentrados e isolados protéicos do soro de leite .....	16
6	Composição química do leite de diferentes espécies	29
7	Composição dos leites utilizados na manufatura dos iogurtes	41
8	Quantidade percentual de proteína no leite fresco	42
9	Proteína total , sólidos totais e nitrogênio não-protéico do CPS	49

## RESUMO

O soro é um resíduo da fabricação de queijos e representa um importante agente poluente, se não for adequadamente tratado. A produção de queijos no Brasil vem crescendo nas últimas décadas e a destinação do soro tornou-se um problema a ser resolvido pela indústria.

O objetivo deste estudo foi testar a aplicação do Concentrado Protéico de Soro(CPS), na manufatura de iogurtes, utilizando leites de vaca e cabra, e avaliar as características físico-químicas do produto final, bem como o desenvolvimento do processo fermentativo. A adição de WPC foi realizada em diversas concentrações (1, 2, 3, 4 e 5%). As amostras foram inoculadas com culturas comerciais à base de *S. thermophilus* e *L. bulgaricus*, e incubadas a 45°C. As determinações do pH e da acidez total foram realizadas durante o processo de fermentação, em intervalos de 45 minutos, para um tempo total estimado de 360 minutos. As análises de textura (Texture Profile Analysis), foram realizadas utilizando-se um texturômetro modelo TA-TX 2 Texture Analyzer (Texture Technologies Corp., Scarsdale, N.Y.).

O desenvolvimento da acidez total e do pH, foram acompanhados durante o processo de fermentação dos leites bovino integral, bovino desnatado, caprino integral e caprino desnatado, contendo 0, 1, 2, 3, 4 e 5% de CPS. Tendo a acidez total aumentado em todos os tratamentos aos quais a adição foi efetuada.

Os valores dos pH ao final do período de fermentação foram similares para os leites integrais e desnatados. Como esperado, o aumento do conteúdo de sólidos totais, levou a um incremento dos valores calórico e nutritivo, e a uma alteração significativa das propriedades organolépticas (ex. consistência). Os valores para a dureza, a mastigabilidade e a gomosidade, cresceram gradualmente com a adição do CPS .

## ABSTRACT

Whey is a waste product from the cheese manufacturing industry and represents an important polluting agent, if it's not conveniently treated. Cheese production has increased in Brazil during the last decades and the disposal of whey has become an environmental problem to be solved by the industry.

The objective of this study was to test the application of Whey Protein Concentrate (WPC), in yogurt manufacture using cow's and goat's milk, and evaluate the physical-chemical characteristics of the final products as well as the development of the fermentation process. Addition of WPC was done at several levels (0, 1, 2, 3, 4 and 5%). Samples were inoculated with commercial freeze-dried cultures (*S. thermophilus* / *L. bulgaricus*) and incubated at 45°C. The determination of pH and total acidity was carried out during the fermentation process, in intervals of 45 minutes, to an estimated total time of 360 minutes. The Texture Profile Analysis (TPA) was evaluated using a texturometer model TA -TX 2 Texture Analyzer (Texture Technologies Corp., Scarsdale, N.Y).

The total acidity and pH development have been accompanied during the fermentation process of the whole bovine milk, skimmed bovine milk, whole goat milk and skimmed goat milk, containing 0, 1, 2, 3, 4, and 5% of WPC. Generally the addition of WPC had an effect in the development of the total acidity ; pattern was the same, the total acidity increased with the addition of WPC in all treatments.

The pH values at the end of the fermentation period were similar for whole and skimmed milk samples. As expected, the raise of the total solids content, made an increase of the nutritive and caloric values and an improvement of the organoleptic properties (e.g. consistency). Hardness, chewiness and gumminess have gradually increased with the addition of the WPC.

## 1 INTRODUÇÃO

Proteínas, são funcionalmente importantes em razão das propriedades únicas que conferem aos alimentos. Podem ser adicionadas como ingredientes funcionais na emulsificação de alimentos, formação de espumas ou géis, alteração de sabor e textura (GIESE, 1994).

A funcionalidade de ingredientes protéicos resulta de suas estruturas moleculares, método de isolamento e fabricação, modificações da proteína isolada e suas interações com outros ingredientes no produto alimentício (KINSELLA, 1984 ; GIESE, 1994 ; LAWSON, 1994).

Proteínas do leite são ingredientes alimentares muito valiosos funcionalmente e nutricionalmente, aplicados em um grande número de produtos alimentícios comerciais, possuindo aminoácidos essenciais assim como diversas propriedades funcionais.

As proteínas do leite compreendem duas principais frações : caseínas e não caseínas, sendo que as caseínas representam 80% do total de proteínas existentes no mesmo e os 20% restantes correspondem as proteínas do soro (KINSELLA et al. , 1989) .

O soro é um subproduto da fabricação de queijos e caseína. As proteínas do soro são utilizadas na elaboração de diversos produtos lácteos, dentre eles a ricota, o queijo tipo "quark", queijos cremosos e iogurtes. É conveniente na fabricação de iogurtes a adição de concentrados protéicos de soro (CPS). Essa adição promove uma maior estabilidade do gel e redução da sinérese, nos níveis de 1 e 2%, eqüivalendo a um incremento da ordem de 12 a 15% no conteúdo protéico (JENSEN et al., 1987 ; GIESE, 1994).

O soro em pó é um produto concentrado, sendo possível a remoção da gordura antes da concentração. Produtos contendo mais de 35% de proteína são chamados de concentrados protéicos de soro (CPS), sendo obtidos através de ultrafiltração e diafiltração. Os concentrados protéicos podem ser encontrados comercialmente com níveis de proteína variando entre 35 e 85% (GIESE, 1994) .

Enorme é o potencial de aplicação de CPS em vários sistemas alimentares. Esses concentrados, além de proporcionarem funcionalidade aos sistemas, acrescentam-lhes valor nutritivo. No Brasil, o soro obtido nas indústrias produtoras de queijo é quase totalmente descartado nos mananciais, constituindo-se em um potente agente poluidor ambiental. Fração insignificante tem sido empregada, em sua forma líquida, como alimento animal e porção ainda menor é transformada em soro em pó desmineralizado para uso em fórmulas para a alimentação infantil. Como se trata de resíduo sem valor, a sua transformação em produtos comercializáveis pode-se constituir num meio de aumentar a lucratividade das indústrias produtoras.

Este trabalho tem como objetivo geral estudar possíveis aplicações de CPS em iogurtes visando modificar suas características e como objetivos específicos :

- ⇒ Determinar as características do desenvolvimento da fermentação de iogurte preparado com leites de vaca e cabra integrais e desnatados, quando da adição de CPS ;
  
- ⇒ Estudar os efeitos da adição de CPS aos leites de vaca e cabra, integrais e desnatados sobre as características de textura dos produtos obtidos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Leite bovino

Leite é um alimento líquido secretado pelas glândulas mamárias para alimentação de todos os recém-nascidos. O leite é uma fonte de nutrientes fundamental ao homem, sendo por isso, universalmente, um dos alimentos de maior uso (JOHNSON, 1974).

O leite é definido como secreção polifásica da glândula mamária, praticamente livre de colostro, obtido por completa ordenha de uma ou mais vacas sadias, contendo 3,25% de proteína e 8,25% de sólidos, existindo variações, em função de raça, estágio de lactação e alimentação (JENNESS, 1988).

Segundo FOX (1989), existem aproximadamente 4.000 espécies de animais mamíferos, sendo o leite de cada um desses animais específico para sua espécie. Por volta de 5 à 6 espécies são utilizadas pelo homem, incluindo o leite humano, no entanto apenas o leite bovino é usado como fonte de proteínas funcionais.

O leite bovino é composto de 87% de água, 3,9% de gordura, 5,0% de lactose, 3,3% de proteínas e 0,7% de cinzas (WONG et al., 1996).

### 2.1.1 Proteínas do leite

As proteínas do leite compreendem duas principais frações: caseínas e não caseínas, sendo a caseína a principal proteína do leite de vaca, representando 80% das proteínas existentes no mesmo conforme mostra a Tabela 1.

**Tabela 1. Concentração das principais proteínas do leite**

Proteína	Concentração (g/l)	% aproximada de proteína total
Caseínas	24-28	80
alfa-caseína	15-19	42
beta-caseína	9-11	25
kappa-caseína	3-4	9
gamma-caseína	1-2	4
Proteína do soro	5-7	20
beta-lactoglobulina	2-4	9
alfa-lactoalbumina	1-1,5	4
protease-peptonas	0,6-1,8	2
proteínas sangüíneas	1,4-1,6	2
albumina sérica	0,1-0,4	1
imunoglobulinas	0,6-1,0	2
		100

Fonte: FENNEMA (1965)

#### 2.1.1.1 Propriedades físico-químicas das caseínas

As caseínas são definidas como as proteínas do leite que se precipitam quando o pH é ajustado para 4,6, em temperatura de 20°C (SCHIMIDT et al., 1984 ; WHITNEY, 1988 ; GIESE, 1994).

Proteínas ocorrem em conformações tridimensionais dependentes da natureza e seqüência de aminoácidos, o que lhes conferem características físico-químicas e propriedades funcionais específicas.

As propriedades funcionais exibidas pelas proteínas são uma manifestação de diversas propriedades químicas de resíduos de aminoácidos e de acordo com seu número e distribuição ao longo da cadeia polipeptídica .

As maiores frações de caseína são  $\alpha_S$  ( $\alpha_{S1}$  e  $\alpha_{S2}$ ),  $\beta$  e  $\kappa$ . Tais frações apresentam variantes genéticas (A, D, B, C, E) na ordem de decréscimo de mobilidade no gel de eletroforese, decorrentes de modificações durante a tradução e proteólise das caseínas primárias (JENNESS, 1988) .

Segundo FOX(1989), estes polipeptídeos formados são  $\gamma$ -caseínas ( $\gamma^1$ ,  $\gamma^2$ ,  $\gamma^3$ ) e proteoses-peptonas 5 e 8 que são derivados da  $\beta$ -caseína e  $\gamma$ -caseína( derivada da  $\alpha_{S1}$ -caseína ). O mesmo autor ainda cita que proteoses-peptonas ou peptídios derivados da caseína tem sido classificadas como proteínas do soro, desde que são solúveis em pH = 4,6 , no entanto, desde que são derivados de caseínas, é recomendado que sejam classificadas como caseínas.

No que se refere a estrutura química das frações de caseínas, vários autores mencionam que :

- As caseínas são fosfoproteínas (KINSELLA, 1984 ; MORR, 1984; SCHIMIDT et al., 1984). No entanto desde que se tornou possível efetuar a classificação de acordo com a estrutura química das proteínas e não apenas a definição operacional, tornou-se claro que nem todas as caseínas contém fósforo (JENNESS, 1988);

- Possuem alta incidência do aminoácido prolina (KINSELLA, 1984; SCHIMIDT et al., 1984; HOVEN, 1987; FOX, 1989). Os resíduos de prolina interrompem estruturas  $\alpha$ -hélice e  $\beta$ -pregueada, dando as caseínas uma estrutura em hélice estável e ordenada ao acaso ( "random coils" );
- KINSELLA et al. (1989), mencionam que devido a presença considerável de  $\alpha$ -hélice e  $\beta$ -estruturas em algumas frações de caseína, como por exemplo a  $\kappa$ -caseína e  $\beta$ -caseína, talvez seja inapropriado considerar estas proteínas ordenadas ao acaso;
- Possuem baixo número de aminoácidos sulfurados (HOVEN, 1987);
- Possuem aminoácidos hidrófobos na cadeia lateral da estrutura e também em regiões discretas (SCHIMIDT et al., 1984; FOX, 1989). São fortemente hidrófobas na ordem  $\beta > \kappa > \alpha_{S1} > \alpha_{S2}$  (FOX, 1989);
- Possuem alta incidência de aminoácidos carregados, especialmente negativamente carregados por aminoácidos carboxílicos, os quais são concentrados em regiões específicas de suas estruturas (SCHIMIDT et al., 1984 ; KINSELLA, 1984);
- Possuem moderadamente baixo peso molecular na forma monomérica, quando comparadas com outras proteínas alimentares( SCHIMIDT et al., 1984; FOX, 1989 );
- Em leites se associam com cálcio, fosfato e outras espécies iônicas, formando grandes estruturas esféricas solúveis, denominadas micelas (MORR, 1984; SCHIMIDT et al. , 1984 ; JENNESS, 1988);
- A estrutura micelar consiste de sub-unidades micelares em composição "random coil" com baixa porcentagem de  $\alpha$ -hélice (KINSELLA, 1984; SCHIMIDT et al., 1984 ; HOVEN , 1987; FOX, 1989);

- Possuem estruturas primárias, secundárias e terciárias, sendo uma estrutura molecular " aberta ", menos compacta (FOX, 1989);
- São insolúveis nas proximidades do ponto isoelétrico (pI), ou seja, no pH entre 4,5 e 4,9 (KINSELLA, 1984; MORR, 1984; SCHIMIDT et al., 1984; FOX, 1989) ;
- Associam-se fortemente por ligações hidrófobas, necessitando de fortes agentes de dissociação no seu isolamento por métodos químico ou cromatográfico (FOX, 1989);

### 2.1.1.2 Propriedades físico-químicas das proteínas de soro

As principais proteínas do soro são a beta-lactoglobulina (54%) e a alfa-lactoalbumina (21%), que respondem por aproximadamente 80% do total protéico do soro. As outras proteínas incluem: albumina sérica bovina, imunoglobulinas, proteose-peptonas e caseínas solúveis, além de uma variedade de proteínas menores( enzimas, lactoferrina, etc. ) . A Tabela 2 mostra as principais características das proteínas do soro de queijo.

**Tabela 2. Características das proteínas sensíveis ao calor no soro**

Proteínas	% aproximada de proteínas	Peso molecular	Ponto Isoelétrico
beta-lactoglobulina	48	18.400-36.800	5,2
alfa-lactoalbumina	19	14.200	5,1
protease-peptonas	20	4.000-80.000	5,1-6,0
albumina sérica	5	69.000	4,8
imunoglobulinas	8	160.000	5,5-6,8
<b>Total</b>	<b>100</b>		

Fonte: De WIT (1981) e HARPER (1984)

HOVEN (1987), refere que as proteínas do soro seguem um padrão diferenciado, pois apresentam um baixo número de aminoácidos prolina e ligações S-S, resultando em uma estrutura globular fortemente organizada e pregueada. Proteínas do soro são sensíveis ao aquecimento. Durante o aquecimento, elas desdobram-se e dependendo do pH e concentração, formam ligações dissulfídicas intermoleculares, resultando na gelatinização. A forma globular é também responsável pela baixa viscosidade em solução. As proteínas do soro, possuem uma melhor hidrofobicidade quando comparadas aos caseinatos, por serem melhor distribuídas, e possuem propriedades de emulsificação mais irreversíveis, do que as correspondentes emulsões à base de caseinatos.

Proteínas do soro são globulares e existem como discretas moléculas com vários números de ligações dissulfídicas. Quando comparadas às caseínas, as proteínas do soro são mais sensíveis ao aquecimento, menos sensíveis à presença de cálcio, podem envolver-se em trocas com o grupo tiol dissulfídico e formar dímeros ou polímeros de ligações dissulfídicas, como por exemplo com a  $\kappa$ -caseína (MORR & JOSEPHSON, 1968).

Segundo WANISKA et al. (1981), a interação entre a  $\beta$ -lactoglobulina e  $\kappa$ -caseína é um exemplo da importância dos intercâmbios do grupo tiol dissulfídico em proteínas alimentares. O resultado é que a estabilidade do leite sob aquecimento é incrementada.

A  $\beta$ -lactoglobulina existe como um dímero em solução. Possui duas ligações dissulfídicas (S-S) e um grupo tiol (R-SH), o qual é normalmente presente na parte interna da molécula, sendo considerado importante, pois parece facilitar reações de trocas, as quais permitem a formação de novas estruturas ou formação de dímeros ou polímeros de ligações dissulfídicas intermoleculares, sob aquecimento (MACKENZIE, citado por KINSELLA, 1984).

A  $\beta$ -lactoglobulina tem por volta de 43% de  $\beta$ -sheet e 47% de estruturas não ordenadas respectivamente. A conformação da  $\beta$ -lactoglobulina é sensível ao pH e temperatura. Em regiões alcalinas ocorrem trocas na conformação irreversíveis, iniciando-se próximo ao pH 7,5, no qual expõem e ionizam um grupo carboxílico para monômero. Há grande exposição de resíduos de tirosina e triptofano, acompanhado por uma expansão geral da molécula, dissociação do dímero e incremento da reatividade do grupo tiol (KINSELLA, 1984).

De acordo com LEMAN & KINSELLA (1989), a  $\beta$ -lactoglobulina, em pH entre 5 e 7 é um dímero formado de duas sub-unidades idênticas, cada um com peso molecular de 18.400 Da. Em temperaturas acima de 40°C este dímero se dissocia em monômeros.

A principal fração da  $\beta$ -lactoglobulina em sistemas aquecidos contém duas ligações dissulfídicas e um grupo tiol, sendo este último capaz de interagir para formar novas ligações dissulfídicas a uma velocidade da reação que em pH acima de 6,8 aumenta repentinamente por causa das mudanças da conformação da molécula, que expõem os grupos tiol livres. Durante os tratamentos térmicos isso resulta em reações de troca intra e intermoleculares da própria  $\beta$ -lactoglobulina ou com outras proteínas ( $\kappa$  e  $\alpha$ -caseínas).

O leite tratado à alta temperatura e curto tempo (HTST), tem tendência a formar gel depois de um tempo prolongado de estocagem. O aquecimento causa a desnaturação das proteínas do soro e uma interação entre a  $\beta$ -lactoglobulina e a  $\kappa$ -caseína da micela de caseína, através de ligações dissulfídicas (KALAB, 1979). Alterações na estrutura das micelas de caseína foram gradualmente correlacionadas com alterações na viscosidade e estado de gelatinização durante a estocagem.

A habilidade da proteína de formar gel é uma característica desejável em produtos como a gelatina e o iogurte. A matriz de gel formada auxilia na retenção de água, gordura e outros ingredientes na fabricação desses produtos( MORR, 1979 ).

A  $\alpha$ -lactoalbumina é uma proteína globular compacta com quatro ligações dissulfídicas, as quais lhe conferem relativa estabilidade ao aquecimento( KINSELLA, 1984 ). Possui de 30 a 40% de  $\alpha$ -hélices e é uma metalproteína ligadora de cálcio (1 mol de cálcio por mol de proteína), o qual é essencial para a manutenção de sua conformação nativa.

Os polipeptídeos derivados da caseína, originalmente chamados de proteose-peptonas, derivam dessa proteína, com exceção do PP-3, o qual se origina da membrana do glóbulo de gordura. Os CDPs designados como PP-8 fast, PP-8 slow, PP-5 resultam da ação proteolítica da plasmina. Essas frações não apresentam conformação globular e, como consequência, são menos suscetíveis à ação do calor em termos estruturais (FOX, 1989) .

A albumina sérica bovina (BSA) é idêntica às albuminas do soro sanguíneo. São globulares, compactas, apresentando diversas pontes dissulfídicas estabilizando sua estrutura. Apresenta-se em pequenas quantidades no leite normal e nos soros.

As imunoglobulinas não são bem caracterizadas com relação aos seus comportamentos durante o processamento. Suas diversas frações variam em quantidade dependendo da fase de lactação.

### 2.1.1.3 O soro de leite bovino

O soro é um subproduto da fabricação do queijo e da caseína, e o seu tipo depende do tratamento utilizado para obtenção desses produtos.

Existem dois tipos básicos de soro de leite fluído: o primeiro, conhecido como soro ácido, é normalmente obtido da fabricação de queijo tipo "cottage" ou da fabricação da caseína, e o segundo tipo, o soro doce ou soro de coalho, é obtido à partir da manufatura de queijos que envolvam o tratamento com o coalho. A Figura 1 a seguir mostra o fluxograma para obtenção caseína :

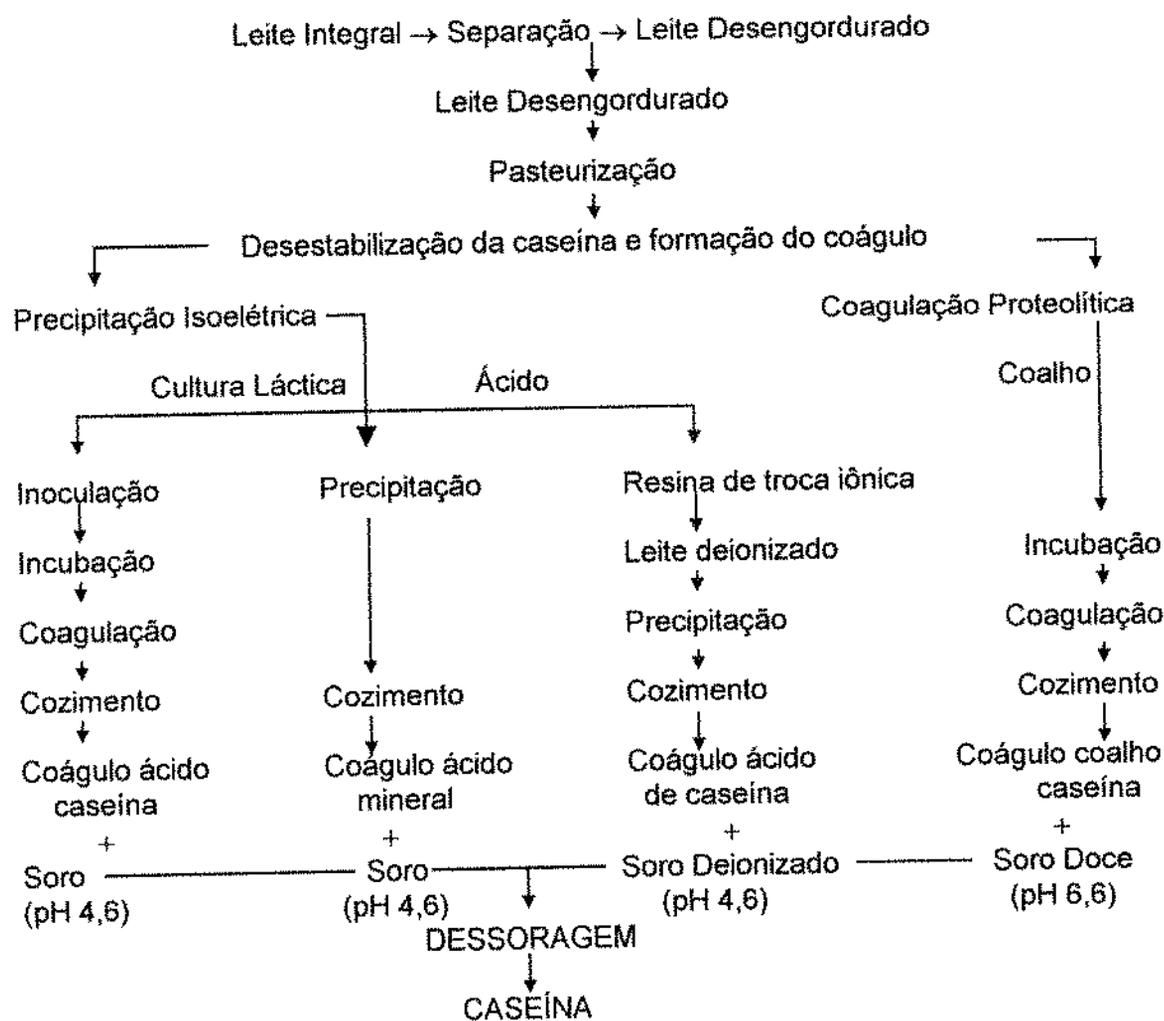


Figura 1. Fluxograma do processo de obtenção da caseína MULVIHILL(1989)

O aumento na produção de soro representa um dos mais importantes problemas para a indústria de laticínios em todo o mundo. A quantidade de soro doce disponível nos EUA e na maioria dos outros países do mundo é bem superior a quantidade de soro ácido, com exceção da Nova Zelândia e da Holanda, que são os principais produtores de caseína (SCHIMIDT et al., 1984).

Os componentes do soro classificados conforme a sua presença relativa são: lactose, compostos nitrogenados (proteínas, peptídeos e aminoácidos), cinzas e lipídios. Os principais minerais presentes no soro são cálcio, fósforo, sódio e potássio.

As diferenças entre o soro ácido e o doce têm sido investigadas exaustivamente por vários autores. MATTEWS (1978), refere que o soro doce possui um pH mais alto, bem como teores maiores de sólidos, proteínas, lactose e lipídios, porém o soro ácido possui quantidade maior de cálcio e fósforo. A composição dos soros ácido e doce encontra-se na Tabela 3, e a composição protéica encontra-se na Tabela 4.

**Tabela 3. Composição dos soros ácido e doce.**

	Soro Doce	%	Soro Ácido
lactose	4,9		4,7
proteína	0,8		0,7
minerais	0,5		0,8
gordura	0,2		0,4
ácido láctico	0,2		0,5
água	93,4		92,9

Fonte: JOSEPHSON et al. (1975)

**Tabela 4. Composição protéica dos soros ácido e doce.**

Proteína	Soro ácido	%	Soro doce
$\beta$ -lactoglobulina	54		49
$\alpha$ -lactoalbumina	23		19
CDP	2		20
BSA	6		5
imunoglobulinas	6		5
enzimas	2		2

Fonte: KOSIKOWISKI, 1977

A maior parte dos produtos de soro fabricados nos EUA, são derivados do soro doce. O soro doce líquido pode ser transformado em soro em pó, soro com teor de lactose reduzido, soro desmineralizado, soro parcialmente desmineralizado, concentrados protéicos de soro (CPS) ou isolados protéicos de soro (IPS).

A tendência mundial é desenvolver técnicas mais modernas para intensificar o uso de soro na alimentação humana.

As alternativas de utilização de constituintes do soro tem aumentado a cada ano. Novos usos para o soro têm sido propostos, dentre eles o uso na produção de queijos e correlatos, concentrado protéico de soro (CPS), panificação e produtos similares, alimentos infantis, produtos dietéticos, sopas, bases para molhos, iogurte, chocolates e sorvetes (PENNA et al., 1997).

#### **2.1.1.4 Propriedades funcionais dos concentrados protéicos de soro**

Concentrados protéicos de soro (CPS) são produtos contendo teor de proteínas entre 35% e 85%, mas a composição destes varia grandemente em função do método de manufatura (JELEN, 1979). A tecnologia para o processamento do soro envolve etapas como: pasteurização ou resfriamento rápido (temperatura <math><7^{\circ}\text{C}</math>) com posterior pasteurização e centrifugação para remoção de resíduos de caseína. As demais etapas vão depender da composição e das propriedades funcionais e nutricionais desejadas.

A ultrafiltração é o sistema comumente empregado, onde utilizam-se membranas poliméricas que são projetadas e construídas de modo a reter moléculas e partículas com pesos moleculares acima de 20.000 Daltons, separando portanto as moléculas menores como as de lactose (peso molecular 432 Daltons) sais e água. A solução diluída de lactose, minerais e nitrogênio não protéico que permeia através da membrana é chamada de permeado. A solução de proteínas e de gordura que não permeia através da membrana é chamada de retentado (FIL – IDF , 1981).

Para obtenção de concentrados protéicos na faixa de 60 a 80% de proteína adiciona-se a etapa de diafiltração após a ultrafiltração, antes do processamento de secagem, para facilitar uma maior separação de lactose e sais minerais, elevando-se assim a proporção de proteínas no retentado à medida que este circula pelo sistema de ultrafiltração.

A diafiltração promove a lavagem ou separação subsequente da lactose e sais minerais das proteínas e permite uma proporção de proteína/sólidos mais elevada (MORR, 1989).

O concentrado protéico de soro 80% é obtido pela remoção de quantidade suficiente de constituintes não protéicos do soro pasteurizado, de modo que o produto acabado em pó tenha mais que 80% de proteína. Os concentrados com teor de proteínas acima de 90% são chamados isolados protéicos de soro (IPS). A Tabela 5 mostra a composição dos CPS e IPS.

**Tabela 5. Composição aproximada dos concentrados e isolados protéicos de soro de leite.**

Composto	CPS 35%	CPS 50%	CPS 80%	IPS
proteína	34,0 -35,0	53,0	80,0	90,0
lactose	53,0	35,0	7,0	1,0
gordura	4,0	5,0	4,0-7,0	1,0
cinzas	8,0	7,0	4,0-7,0	3,0

Fonte: HUFFMAN (1996).

Devido às suas propriedades funcionais as proteínas do soro podem ser usadas em diversas formulações, tais como: produtos infantis, enterais, alimentos dietéticos para ganho ou redução de peso, sucos de frutas fortificados com proteínas e outros alimentos e bebidas (HUFFMAN, 1996).

Concentrados Protéicos de Soro devem possuir composição uniforme, e, cor e flavor característicos, serem livres de agentes tóxicos químicos ou microbianos, possuírem alta qualidade nutricional, serem economicamente viáveis, serem compatíveis com outros ingredientes e condições de processo usados na manufatura do produto, para que assim sejam considerados como fonte alternativa aceitável de ingredientes para a indústria de alimentos, provendo um ou mais atributos funcionais à formulação destes. Dentre as vantagens funcionais que estes oferecem, destacam-se a solubilidade em toda a extensão de pH, a formação de gel quando submetidos à tratamentos térmicos, emulsificação, incorporação de ar e a capacidade de absorção de água (MORR et al. , 1973).

Funcionalidade das proteínas, tem várias conotações para diversos pesquisadores, conforme seus interesses. Normalmente, as propriedades funcionais das proteínas denotam qualquer propriedade físico-química que afeta o processamento e comportamento da proteína em sistemas alimentares, que será avaliado pelos atributos qualitativos do produto final (KINSELLA, 1976).

As propriedades funcionais de proteínas do leite são largamente controladas por suas propriedades físico-químicas. Essas propriedades são influenciadas pelos processos utilizados para concentrar ou isolar as proteínas.

MORR (1984), menciona que tratamentos de proteínas lácteas com ácidos, alcalis, aquecimento, agitação, secagem, hidrólise com coalho, adição de sais, açúcares e outras proteínas, alteram significativamente as propriedades físico-químicas a ponto de influenciarem a sua funcionalidade na aplicação de um produto alimentício.

A modificação da fração protéica do leite bovino, apresenta uma nova oportunidade para a indústria láctea. O termo "ajustamento de proteína", implica em uma alteração relativamente drástica da fração protéica do leite, a qual pode ser ou não acompanhada por uma alteração da razão da proteína do soro e caseína, e é usualmente utilizada para proporcionar benefícios tecnológicos (RATTRAY & JELEN, 1996).

KINSELLA et al. (1989), enfatizam que a utilização de proteínas do leite como ingredientes alimentícios depende, em larga escala do sucesso de sua manipulação em sistemas alimentícios, porque são sensíveis ao balanceamento entre forças intrínsecas e extrínsecas.

Segundo De WIT (1989), a incorporação de proteínas do soro em produtos alimentares geralmente causa alterações em suas propriedades funcionais originais. Essas alterações são induzidas por um lado pela composição do CPS e pelo tipo de aplicação adotada na elaboração dos produtos em que é utilizado, e por outro lado pelos procedimentos de processamento adotados na preparação do CPS e dos produtos alimentícios que o utilizam.

A utilização de concentrados protéicos de soro em produtos alimentícios vem sendo incrementada em vários países. Foi verificado que em produtos achocolatados ele acentua o sabor e o aroma , resultando em possível economia de açúcar e chocolate (SPURGEON, 1976). MELLO et al. (1987) encontraram ser possível a adição de CPS em proporções entre 30 e 40% como substituto ao uso do leite na formulação de pudins de chocolates, uma vez que o produto obtido mostrou-se com doçura pronunciada e melhor textura.

Dentre os atributos funcionais que os CPS devem proporcionar aos sistemas alimentares, incluem-se: dispersibilidade, reidratação e solvatação, solubilidade à temperatura requerida, viscosidade, estabilidade e estrutura para géis, habilidade de coagular assim como prover textura e estrutura para produtos de panificação e confeitaria, funcionar como surfactantes para estabilizar espumas e emulsões, prover elasticidade, coesão e adesão para estruturas alimentares e possuir adequada estabilidade ao aquecimento para uso na pasteurização e esterilização de alimentos (De WIT, 1989a).

## 2.2 Leite de cabra

A exploração leiteira caprina é de grande importância em países como Alemanha, França, Canadá, Inglaterra, Suíça e Estados Unidos (OLMEDO et al., 1980), além de exercer papel de extrema importância sócio-econômica em regiões menos desenvolvidas (NETO & ALMEIDA, 1993).

Estimada em 7 milhões e 300 mil toneladas, a produção mundial de leite de cabra, ocupa o 3º lugar depois do leite de vaca e búfala, sendo superior ao leite de ovelha (LUQUET, 1991).

Segundo GUIMARÃES (1990), há um aumento do interesse na produção leiteira caprina no Brasil. Dados levantados por NETO & ALMEIDA (1993) referentes à situação da caprinocultura no Estado de São Paulo, mostram que num raio de 100 Km da capital, em 21 municípios, existem 18 criatórios. De acordo com MOURA (1989) referido por GOMES et al. (1997), várias circunstâncias fazem com que a criação de cabras leiteiras apresentem um futuro promissor, uma delas é o retorno rápido do capital investido devido ao ciclo de produção mais curto. Uma produção mínima de 180Kg de leite/ animal/ ano seria suficiente para cobrir os custos de produção.

Segundo dados do IBGE (1995), o Brasil apresenta grande potencial para o aumento da produção de cabras leiteiras, possuindo um rebanho caprino ao redor de 11 milhões de cabeças .

### 2.2.1 Características do leite de cabra

O leite de cabra possui algumas propriedades físico-químicas, químicas e nutricionais particulares. A cor é branca pela ausência do  $\beta$ -caroteno, o odor é suave podendo se acentuar no final da lactação. O sabor é doce e agradável, sendo neutro quando recém ordenhado. O aspecto é limpo, sem grumos. A acidez geralmente varia de 12 à 14° D, porém no final do estágio de lactação pode atingir 16 à 18° D. O pH do leite para a raça Saanen varia de 6,5 à 6,8. O sabor, o aroma e a qualidade do leite de cabra podem estar associados aos lipídeos. Os ácidos graxos de cadeia curta (4 à 10 carbonos) estão presentes em dobro neste leite quando comparados ao leite de vaca. Existe uma acentuada variação no conteúdo de gordura, proteína e no volume de produção durante as estações do ano e durante o período de lactação (GOMES et al., 1997).

ROBINSON & VLAHOPOULOU (1988), referem que as variações na composição do leite são devidas a inúmeros fatores tais como a individualidade do animal, raça, estágio de lactação, estação do ano, clima, alimentação, localização geográfica e outros. Segundo HARRIS et al. (s.d.) as faixas de variações para sólidos totais, gordura, proteína, lactose e cinzas são 12,0 a 16,0% , 3,0 a 6,0% , 3,0 a 4,0%, 3,8 a 4,8% e 0,70 a 0,85%, respectivamente. Assim como a composição, os valores de densidade, pH, acidez e ponto de congelamento também apresentam variações (JUAREZ & RAMOS, 1986).

VERNA & CHAWALA, citados por ROBINSON & VLAHOPOULOU (1988), consideram que a estação do ano e o estágio de lactação são especialmente responsáveis pelas variações nos componentes do leite. De acordo com os autores o leite produzido durante os meses de inverno apresentam maiores porcentagens de gordura e sólidos não gordurosos (incluindo proteína), do que o leite produzido no verão.

Outra característica interessante é a ausência de aglutininas, o que impede a aglutinação do glóbulo de gordura durante o resfriamento, com conseqüente formação da linha de creme.

#### 2.2.1.1 Proteínas do leite de cabra

Quanto à composição protéica, o leite de cabra é mais pobre em proteínas do que o leite bovino (LUQUET, 1991), apresentando cinco proteínas principais:  $\beta$ -lactoglobulina,  $\alpha$ -lactoalbumina,  $\kappa$ -caseína e  $\alpha_{S2}$ -caseína, que assemelham-se com suas homólogas no leite de vaca (JENNESS, 1980).

Segundo JUAREZ & RAMOS (1986), o conteúdo de  $\alpha_{S1}$ -caseína é baixo ou ausente e a proporção de  $\beta$ -caseína é alta. O conteúdo de nitrogênio não protéico é maior do que no leite de vacas.

O teor de caseína representa cerca de 70 a 74% da matéria nitrogenada (PARKASH & JENNESS, 1968), contra 76 a 79% no leite de vaca (JENNESS, 1980). No leite de cabra a proporção de micelas de caseína de tamanho menor também é mais alta. Estas micelas contém mais cálcio e fósforo do que no leite de vaca (JENNESS, 1980).

AMBROSOLI et al. (1988), observaram que o leite com baixo conteúdo de  $\alpha_{S1}$ -caseína coagula em menor tempo, enquanto que o leite com alto conteúdo produz um coágulo mais firme.

No leite de cabra a micela de caseína é fortemente mineralizada e o seu grau de hidratação é fraco, o que lhe confere menor estabilidade térmica (LOEWENSTEIN et al., 1980).

Quanto as proteínas do soro, elas representam cerca de 26 a 30% da matéria nitrogenada e são constituídas por  $\beta$ -lactoglobulina e  $\alpha$ -lactoalbumina numa proporção aproximada de 1:1,6 respectivamente (PARKASH & JENNESS, 1968). Em revisão feita sobre as características e composição do leite de cabras, JENNESS (1980), descreve a  $\beta$ -lactoglobulina como tendo uma cadeia com 162 resíduos de aminoácidos, sendo diferente da homóloga bovina em seis posições incluindo os resíduos terminais. O N-terminal Leu da  $\beta$ -lactoglobulina bovina é substituído pela Ile, Asp 53→Asn, Asp 130→Lys, Ser 150→Ala, Glu 158→Gly e Ile 162→Val. Assim a  $\beta$ -lactoglobulina caprina tem menos três grupos carregados negativamente e mais um grupo carregado positivamente que a bovina, o que explica a diferença que tem sido notada na curva de titulação das duas proteínas e a menor mobilidade eletroforética da  $\beta$ -lactoglobulina caprina em géis alcalinos.

A  $\alpha$ -lactoalbumina caprina, semelhantemente a de origem ovina, é isenta de metionina sendo diferente de todas as demais, que contém de um à três resíduos de metionina. A seqüência de aminoácidos revela doze diferenças, em relação a bovina, na cadeia de 123 resíduos. Uma delas, na posição 10, a  $\alpha$ -lactoalbumina caprina possui Gln enquanto que a bovina apresenta Arg (JENNESS, 1980).

### 2.3. Aplicações de CPS em iogurtes

A indústria láctea tem mostrado grande interesse no uso de proteínas de soro em vários produtos lácteos. Diferentes produtos obtidos de proteínas de soro são usados como ingredientes funcionais em numerosos produtos lácteos, tais como: queijos tipo cheddar, cottage e quark, e, iogurtes.

Produtos lácteos fermentados variam consideravelmente em composição, textura e flavor, de acordo com a natureza dos organismos fermentativos, o tipo de leite e o processo de manufatura utilizado. Essas diferentes técnicas dão origem à diversos produtos, incluindo kumiss, kefir, leite acidófilos e iogurte (KOSIKOWISKI, 1977).

O iogurte é uma bebida tradicional nos Balcãs e no Oriente Médio, entretanto, sua popularidade espalhou-se pela Europa e muitas outras partes do mundo, e, o seu consumo vem crescendo significativamente em todos os países nos últimos tempos, é conhecido por diferentes nomes, de acordo com a sua localização e tem recebido diferentes atributos( alimento milagroso, alimento misterioso e elixir ).Apresenta uma consistência macia, representada por um coágulo isento de grãos e grumos e estrutura contínua sem a presença de ar ou estruturas abertas.

A textura do iogurte tradicional deve ser firme e pastosa a viscosidade relativamente alta e uniforme, de modo a atribuir uma sensação macia, suave e agradável ao palato, apresentando alta resistência a dessoragem (DAVIS, 1971) .

O iogurte deve apresentar quatro atributos importantes, caracterizados da seguinte forma segundo O'NEIL (1979) :

- corpo : deve ser suficientemente viscoso, firme e coeso, para que o produto possa ser removido de seu recipiente e consumido com colher ;
- textura : deve ser suave, livre de grumos ou grânulos, bem como apresentar-se sem fissuras ;

- sabor e aroma : deve ter um nítido sabor ácido. O maior componente volátil deve ser o acetaldeído ;
- tempo ou vida de prateleira : dever ser em torno de vinte dias, período no qual o produto deve manter suas características próprias, desde que adequadamente refrigerado.

TAMINE & DEETH (1980) e KOSIKOWISKI (1982), definem iogurte como sendo o produto resultante da fermentação do leite viabilizada pela cultura inicial mista obtida somente de *Streptococcus thermophilus* e do *Lactobacillus bulgaricus*. Iogurte é um produto fermentado elaborado com leite enriquecido com alto teor de sólidos usando uma cultura mista de *Lactobacillus delbrueckii ssp.* e *Streptococcus salivarius ssp. subespécie thermophilus* (VEDAMUTHU, 1992). As bactérias lácteas residem naturalmente no leite ou são introduzidas como culturas puras, preferencialmente na razão 1:1, para dar o flavor próprio do iogurte (YEAGER, 1975; KOSIKOWISKI, 1982).

A composição do iogurte é basicamente a mesma do leite, no entanto existem pequenas diferenças, uma vez que o leite é submetido à vários tratamentos no processamento do iogurte. Proteínas, carboidratos e minerais possuem quantidades similares às do leite. Parte da lactose do leite é transformada em ácido láctico e outros ácidos orgânicos. Os microorganismos do iogurte proporcionam a maior diferença composicional em relação ao leite. Em média, iogurtes tradicionais contêm 10-100 milhões de bactérias(gram) viáveis (SALJI, 1989).

*Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus termophilus* são termofílicos, capazes de crescer em temperaturas altas. Logo após a manufatura do iogurte pode conter um bilhão ou mais de células vivas de *Streptococcus termophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*/ml. Quando o iogurte fica estocado à 4°C durante muito tempo, esses microorganismos iniciam seu declínio havendo uma morte mais pronunciada dos *Streptococcus termophilus* (KOSIKOWISKI, 1982).

Segundo KOSIKOWISKI (1982), o iogurte integral é composto de 1,66 % de gordura, 10,98 % de sólidos totais, 3,45 % de proteína, 5,15 % de carboidratos e de 0,75 % de cinzas. Ainda segundo o autor, o flavor delicado do iogurte natural é conseguido através da reação simbiótica das culturas lácteas uma vez que as culturas empregadas na fermentação do iogurte, levam a produção de ácido láctico, além de acetaldeído, diacetil, ácido acético e substâncias voláteis.

O *Streptococcus termophilus* promove o crescimento dos *Lactobacillus*, removendo o oxigênio e promovendo a liberação de substâncias estimulantes como o ácido fórmico, ácido pirúvico e CO<sub>2</sub>. Por outro lado, os *Lactobacillus* também estimulam os *Streptococcus* pela liberação de certos aminoácidos, principalmente glicina e histidina, necessários ao seu crescimento e que são provenientes da degradação das proteínas do leite (TAMINE & ROBINSON, 1991).

O processo bioquímico que leva à uma alta acidez do iogurte é associado com o desenvolvimento de aroma e flavor, no entanto, o pH usual para o iogurte fresco é de 4,4 a 4,2, pois uma produção exagerada de ácido, conduz à uma super-acidificação durante a incubação, resfriamento e armazenagem do produto, o que não é desejável.

As culturas clássicas podem ser adicionadas de *L. acidophilus*, *Bifidobacteria* ou ambos, as quais contribuem com uma acidez não agressiva e com um flavor característico, além de supostamente apresentarem benefícios probióticos (TAMINE & ROBINSON, 1991).

Vários tipos de iogurtes são produzidos industrialmente, no entanto, existem dois principais, o "firme" e o "agitado", baseados no método de produção e na estrutura física do coágulo. O iogurte "firme" é o produto obtido quando a fermentação do leite é conduzida na embalagem final (ponto de venda) e o iogurte obtido é uma massa semi-sólida contínua. O iogurte "agitado", é produzido em bateladas, e tem sua estrutura gelatinosa quebrada antes do resfriamento e empacotamento final (TAMINE & DEETH, 1980).

O processamento industrial do iogurte envolve as seguintes etapas: padronização da gordura do leite, pasteurização (87°C por 30 minutos ou 145°C por poucos segundos), resfriamento (43°C a 45°C), adição de cultura (2 a 3%), homogeneização cuidadosa, incubação (43°C) por um período de 3 a 5 horas, dependendo da acidez desejável (SALJI, 1989).

De acordo com KOSIKOWISKI (1982) o procedimento para a fabricação do iogurte engloba etapas como: pasteurização do leite (88°C durante 30 minutos ou 95°C por 38 segundos), resfriamento (45°C), inoculação (2 à 5% de cultura) e incubação (temperatura ótima, por 3 à 6 horas, até atingir um pH  $\cong$  4,4 e 0,9 a 1,2% de ácido láctico).

Defeitos na textura e separação do soro do iogurte são freqüentemente causados pela excessiva temperatura de incubação, insuficiente resfriamento, imprudente manuseio do coalho ou gel e uso de estabilizante impróprio ou excessivo (KOSIKOWISKI, 1982).

Tecnologicamente, a consistência do iogurte é tão importante quanto o sabor e o aroma. A firmeza adequada sem a separação do soro é essencial para se melhorar a qualidade do produto (PENNA et al., 1997).

Segundo BENEZECH & MAINGONNAT (1994), três etapas são fundamentais na produção de iogurtes e importantes para a melhoria da textura: a preparação e o tratamento térmico do leite, a incubação e o processo usado no resfriamento.

A importância do pré-aquecimento do leite (temperatura mínima de 85° C) destinado à manufatura de um iogurte de alta qualidade tem sido preconizada. O iogurte produzido com leite aquecido é firme e mais resistente à sinérese, apresenta microestrutura firme composta de pequenas partículas. O complexo  $\beta$ -lactoglobulina desnaturada e  $\kappa$ -caseína inibem a fusão da micela, sendo que, ausência deste complexo em iogurte manufaturado com leite não aquecido, favorece a coalescência causando a sinérese (KALAB, 1979).

As características, viscosidade e consistência de um produto, podem determinar sua aceitação ou não por parte do consumidor. Estas também são importantes durante o processamento, até mesmo na determinação de seus parâmetros. A redução da viscosidade do iogurte pode acontecer em diferentes etapas após a incubação: durante o bombeamento e transporte, no resfriamento e nas operações de acondicionamento (PENNA, et al., 1997).

YEAGER (1975) e KOSIKOWISKI (1982), citam que apenas o leite integral é requerido como ingrediente para o preparo do iogurte, no entanto, açúcar, estabilizantes e misturas contendo leite magro, leite condensado e leite em pó podem ser utilizadas para diminuir o teor de gordura e aumentar o conteúdo de sólidos totais.

O uso de misturas de extrato hidrosolúvel de soja em misturas com o leite de vaca para a fabricação de iogurte foi estudado por RIBEIRO et al. (1987), que concluíram que é possível fabricar iogurte a partir de misturas com até 20% de extrato hidrosolúvel de soja desde que a qualidade deste seja aceitável, embora consideremos que a qualidade seja discutível. Misturas com 30% de extrato hidrosolúvel de soja promovem o aparecimento de sabor e aroma característicos de soja no produto final.

Iogurte produzido com leite ultrafiltrado, por exemplo, exibe incremento da textura e estabilidade (SAVELLO & DARGAN, 1995).

O iogurte pode ser manufaturado a partir do leite de qualquer mamífero (Tabela 6). Embora o conteúdo de gordura possa ser ajustado para adaptar-se à demanda de mercado, é o conteúdo protéico que exerce maior influência na qualidade do produto final. O nível de proteínas pode ser enriquecido tanto pela adição de proteínas em pó como também pela concentração do leite (ROBINSON & TAMINE, 1986). Em função do tipo de leite utilizado, variações na qualidade do iogurte podem ser encontradas, por exemplo, leites com elevado conteúdo de gordura (ovelha, búfalo ou rena), conferem um iogurte rico e cremoso, com excelente corpo, em comparação com um iogurte elaborado a partir de leites contendo baixos teores de gordura ou desnatados.

A lactose do leite é fonte de energia para os microorganismos iniciadores do iogurte, as proteínas desempenham um importante papel na formação do coágulo e portanto a consistência e viscosidade do produto é diretamente proporcional a concentração de proteínas presentes (ROBINSON & TAMINE, 1991).

**Tabela 6. Composição química do leite de diferentes espécies**

Espécie	Água	Gordura	Proteína %	Lactose	Cinzas
Asna	89,0	2,5	2,0	6,0	0,5
Búfala	82,1	8,0	4,2	4,9	0,8
Camela	87,1	4,2	3,7	4,1	0,9
Vaca	87,6	3,8	3,3	4,7	0,6
Cabra	87,0	4,5	3,3	4,6	0,6
Égua	89,0	1,5	2,6	6,2	0,7
Rena	63,3	22,5	10,3	2,5	1,4
Ovelha	81,6	7,5	5,6	4,4	0,9

Fonte: JOHNSON (1974)

Os avanços tecnológicos para a fabricação do iogurte de leite de cabra são bastante recentes e vários aspectos relativos à aroma, acidez e textura deste produto tem sido avaliados. Assim, KURMAN (1986), em sua revisão mostrou que diferenças na origem do leite tem grande efeito na consistência e viscosidade do iogurte sendo que, o leite caprino quando acidificado apresenta um coágulo aquoso e não muito firme, necessitando de um maior grau de manipulação externa para alcançar a consistência similar aquela do iogurte bovino.

ROBINSON & VLAHOPOULPOU (1988), referem que as propriedades do iogurte manufaturado de leite caprino são totalmente diferentes dos produzidos com leite de vaca. As razões para o contraste segundo os autores ainda não estão integralmente esclarecidas, no entanto, aspectos importantes como: perda do flavor típico do iogurte, coágulo delicado com perda da maciez e raros sinais de sinérese, tem sido apontados pelos consumidores.

LOWENSTEIN et al. (1978), encontraram que o iogurte produzido com leite de cabra é menos viscoso se comparado ao produzido com leite de vaca, e também que o desenvolvimento da acidez foi mais rápido quando o leite utilizado foi o de cabra.

Entretanto, AGGAWARL (1974), produziu uma amostra de iogurte de leite de cabra com 4,3% de gordura e 8,6% de sólidos desengordurados e obteve um produto final similar ao controle, elaborado com leite de vaca nas mesmas condições.

Segundo VAN GENNIP citado por De WIT (1989), a viscosidade e a estabilidade do iogurte são dependentes do conteúdo protéico do leite. O nível de sólidos totais contido no leite é significativo, tanto para a consistência, como para o aroma.

De acordo com GUINEE et al. (1995), muitos aditivos tem sido utilizados para conferir a consistência desejável e retardar o dessoramento. Dentre eles pode – se citar hidrocoloídes derivados de planta ou animal.

CÉSAR & ROIG (1987), por exemplo, concluíram que o uso de pectina cítrica de baixo teor de metoxilação nas concentrações de 0,1 e 0,2% mostrou-se satisfatório no que se refere ao processamento do iogurte, ambas promovendo um tempo de coagulação menor com uma acidez final do produto maior. A consistência também foi melhorada , não só nas características de viscosidade, como na maciez , textura e corpo do gel, entretanto, GUINEE et al. (1995) referem que para que se possa produzir um iogurte de alta qualidade, natural e estável, é necessário a utilização de ingredientes lácteos funcionais.

ROBINSON & TAMINE (1986), reportam que proteínas do leite conferem ao iogurte consistência e maciez, além de agregar valor nutricional, sendo que as propriedades funcionais de proteínas em sistemas alimentares estão bem estabelecidas, e o papel por ela desempenhados em iogurtes pode ser resumido da seguinte maneira :

- a ) Propriedades organolépticas de cor e flavor ;
- b ) Propriedades reológicas de viscosidade e consistência ;
- c ) Propriedades de maciez, textura e granulação .

A combinação da adição da proteína do soro e tratamento prévio de aquecimento do leite incrementam as propriedades de viscosidade e capacidade de ligar água do iogurte. A adição de CPS ao iogurte para adicionar sólidos ao leite desengordurado proporciona um incremento nas características de viscosidade e reduz a suscetibilidade à sinérese (GUIRGUIS et al., 1984). O nível recomendado de adição à mistura básica é de 1 a 2% (SPURGEON, 1976).

A adição do iogurte com CPS não apenas incrementa proteína, mas também o conteúdo de lactose. Durante a fermentação a porção de lactose (20 a 30%) é hidrolisada pela bactéria para glicose e galactose , sendo a glicose na seqüência convertida em ácido láctico ( RASIC,1978).

Altos níveis de CPS resultam em flavor indesejável para o iogurte e podem causar acidez excessiva devido ao nível extremamente alto de lactose e outros nutrientes bacterianos. O uso de concentrado protéico de soro ultrafiltrado, no entanto, pode elevar o teor protéico sem incrementar substancialmente o nível de lactose.

A incorporação de CPS ao leite em grandes quantidades prejudica as características do iogurte formando um produto de consistência quebradiça e excesso de soro . A provável causa para esses defeitos é a alteração da força iônica da mistura do iogurte (GREIG & VAN KAN , 1984).

Muitos estudos têm relatado o uso de soro na fabricação de iogurte, sendo vários os objetivos a que os pesquisadores visaram.

No Egito, um tipo de iogurte, "Zabadi", foi fabricado com leite enriquecido com 10 , 20 e 30% de CPS ou 2, 4 e 6% de proteína de soja concentrada (PSC). Um percentual maior de 20% de CPS ou mais de 4% de PSC melhoram a consistência e o sabor do "Zabadi" e aumentam os conteúdos de sólidos totais e o nitrogênio solúvel. A adição de 20% de CPS e 2% de PSC resulta em um produto de melhor qualidade (EL-NESHAWY & EL-SAFIE, 1989).

GUPTA & THAPA (1991), mencionam que existem numerosos estudos a respeito da incorporação de concentrados protéicos de soro em iogurtes. JELEN (1987), reportou o decréscimo na viscosidade do iogurte com o incremento da quantidade de CPS no leite. GREIG & HARRIS (1983), observaram que a substituição de 40% do leite cru por concentrado protéico de soro provocou uma menor viscosidade, porém o odor, o sabor, a aparência e a consistência não foram afetados quando a substituição foi de 10% .

BROOME et al. (1982) fabricaram um iogurte desnatado batido, adicionado de concentrado protéico de soro, na forma líquida, em níveis variando de 12 a 30%, com a finalidade de examinar o efeito do WPC no crescimento e na produção de ácido por *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* e *Lactobacillus helveticus* em leite desnatado.

A adição de CPS ao leite permite a produção de iogurte com melhor textura e estabilidade (JELEN et al., 1987; ABD EL SALAM et al., 1991). Hoje, é indiscutível que a textura é um importante atributo que afeta a aceitação do alimento pelo consumidor. Novos produtos têm sido desenvolvidos e comercializados, tomando-se por base as avaliações de consumidores, sobre características de textura esperadas (SZCZESNIAK, 1998).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Matérias-primas**

Os leites bovino e caprino crus foram adquiridos em uma fazenda produtora local (Campinas-SP), sendo transportados sob refrigeração e processados no dia em que foram obtidos. O CPS de leite bovino foi fornecido pela empresa CALPRO Ingredientes, Corona, CA - USA (tipo 8002). A cultura comercial liofilizada para inoculação (*S. thermophilus* e *L. Bulgaricus*) foi importada da Dinamarca por Cristian Hansen Ind. e Com. Ltda.

#### **3.2 Desnate do leite**

O desnate de parte do leite de cabra e parte do leite bovino foi realizado no Laboratório de Leite e Derivados, do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Faculdade de Engenharia de Alimentos, da Universidade Estadual de Campinas. O desnate foi efetuado com leite aquecido a 40°C em uma centrífuga desnatadeira de pratos modelo 24S, com capacidade para 100 litros/hora, marca Alfa Laval.

#### **3.3 Pasteurização do leite**

De acordo com o RISPOA (1980), os leites desnatados e integrais foram submetidos a uma pasteurização lenta ( $65^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$ , por 30 min), mantendo-se dentro dos limites permitidos pela legislação brasileira. Após o tratamento foram rapidamente resfriado e armazenados sob refrigeração até o momento de uso.

### 3.4 Técnica de preparo do iogurte

Os leites refrigerados receberam a adição de CPS nas proporções de 1, 2, 3, 4 e 5%, em relação ao volume total, assim como um grupo controle foi estabelecido. Após a homogeneização que ocorreu de forma lenta com a utilização de uma “bagueta” para cada tratamento, o iogurte foi manufacturado de acordo com o procedimento clássico descrito por KOSIKOWISKI (1982). Os iogurtes durante o preparo, foram acondicionados em copos de 100 ml e armazenados sob refrigeração logo após serem retirados da “incubadora”, tipo B.O.D. (Biologic Oxygen Demand), TE-390 da Tecnal.

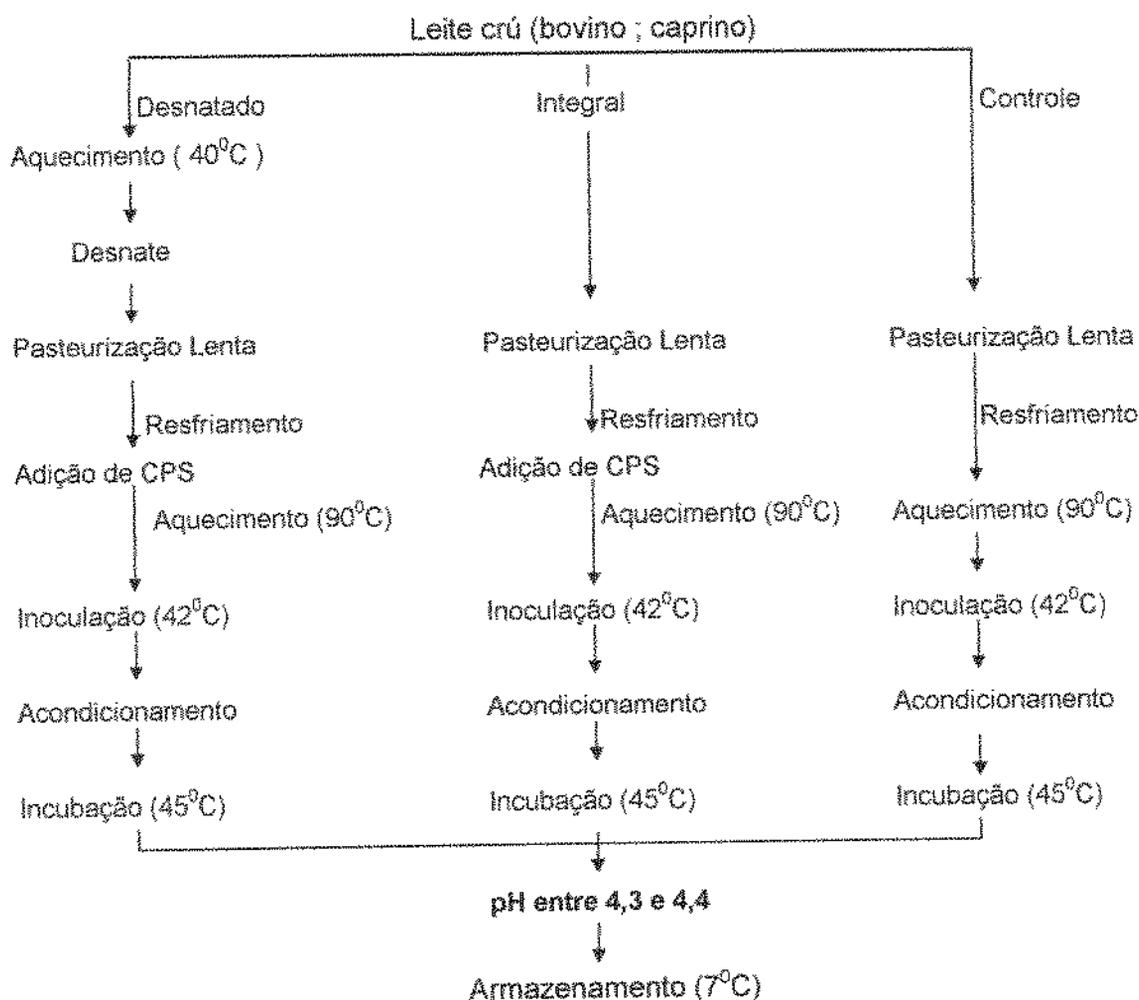


Figura 2. Fluxograma do processo de fabricação dos iogurtes

## **3.5 Análises químicas**

### **3.5.1 Matéria-prima**

#### **3.5.1.1 Determinação de proteína bruta**

A determinação quantitativa do teor de proteínas dos leites foi realizada segundo o método de micro-Kjeldahl, como descrito na AOAC (1980), utilizando-se o fator de 6,38.

#### **3.5.1.2 Determinação sólidos totais**

Para a determinação de sólidos totais dos leites foi utilizado o método gravimétrico de acordo com AOAC (1980).

#### **3.5.1.3 Determinação do teor de gordura do leite integral**

O teor de gordura do leite integral foi determinado pelo método volumétrico de Gerber (APHA, 1992). Esse método baseia-se na separação da gordura do leite através da centrifugação após a digestão do material protéico com ácido sulfúrico. Além de solubilizar a proteína do leite o ácido sulfúrico diminui a viscosidade e aumenta a diferença de densidade entre a gordura e os demais componentes, facilitando assim a separação. O método baseia-se na leitura direta da porcentagem de gordura na escala do butirômetro.

#### **3.5.1.4 Determinação do teor de gordura do leite desnatado**

Para a determinação do teor de gordura foi utilizado o clássico método de MOJONNIER (APHA, 1992).

### 3.5.1.5 Determinação de acidez titulável dos leites

A acidez titulável foi determinada de acordo com o método descrito por ATHERTON & NEWLANDER (1981), onde 10 ml das amostras foram tituladas com uma solução diluída de hidróxido de sódio (N/9), solução Dornic, usando como indicador a fenolftaleína. O resultado foi expresso em % de ácido láctico.

### 3.5.1.6 Determinação do pH

O pH dos leites foi determinado pela presença de H<sup>+</sup> naturalmente presentes no meio e aquele formado durante a fermentação. Para tal finalidade foi utilizado um potenciômetro digital modelo Micronal - B 374.

### 3.5.1.7 Determinação do nitrogênio caseico

A obtenção do nitrogênio caseico se deu através de 4 etapas: primeiro todo o nitrogênio contido nas amostras dos leites (N total) foi determinado segundo a metodologia descrita no item 3.5.1.1; na segunda etapa o nitrogênio não protéico (NNP) foi determinado por modificação do método descrito por BECKER et al. (1940); na terceira etapa o nitrogênio não caseico (NNC) foi determinado através da precipitação das amostras pela adição de ácido clorídrico (0,1 N), baixando seu pH a 4,6 e centrifugado (10.000 rpm/15 min à 4°C), filtragem do sobrenadante e realização do método semi-micro Kjeldahl (AOAC, 1980) e na última etapa o nitrogênio caseico (NC), foi calculado pela diferença:

$$Nc = N \text{ total} - (NNP + NNC)$$

### **3.5.2 Determinação do teor protéico bruto e sólidos totais do CPS**

No concentrado protéico de soro foi realizado a análise de nitrogênio total pelo método micro-Kjeldahl conforme descrito no item 3.5.1.1 e sólidos totais de acordo com o item 3.5.1.2 ,ambos como descrito na AOAC (1980).

### **3.5.3 Avaliações durante a fermentação e no produto final**

#### **3.5.3.1 Determinação do pH e acidez titulável**

Acompanhamento do pH e da acidez titulável, durante 6 horas em intervalos de 45 minutos. O pH foi determinado em potenciômetro digital modelo Micronal - B 374 e a acidez titulável das amostras de iogurte foram determinados de acordo com o descrito por ATHERTON & NEWLANDER (1981). Foi considerado como sendo ponto final de fermentação, quando o resultado da determinação do pH se encontrava na faixa de 4.3-4.4 e o gel se apresentava firme.

#### **3.5.3.2. Determinação do teor protéico bruto e sólidos totais do iogurte**

Determinação de proteína e sólidos totais dos iogurtes produzidos de acordo com o método micro-Kjeldahl conforme descrito no item 3.5.1.1 e sólidos totais de acordo com o item 3.5.1.2, ambos em concordância com AOAC (1980).

### **3.5.4 Determinação das alterações eletroforéticas**

#### **3.5.4.1 Preparo das amostras para eletroforese**

As amostras liofilizadas (leite, controle, WPC 1%, WPC 2%, WPC 3%, WPC 4% e WPC 5%) foram desengorduradas com éter etílico. Após a adição de éter às amostras foram agitadas com bastões de vidro e deixadas em repouso por 15 minutos. Este processo foi repetido por 4 vezes. Após a última extração as amostras foram deixadas sobre papel de filtro em condições ambientais, até a completa evaporação do solvente. Posteriormente as amostras foram colocadas uma a uma em um "moinho de bola", visando a completa homogeneização destas.

O teor protéico nas amostras desengorduradas foi dosado utilizando-se o método colorimétrico de LOWRY et al. (1965). As amostras foram misturadas em 3ml de "stacking gel buffer". Deixou-se em banho-maria à 37°C por 1 hora. Retirou-se do banho e adicionou-se 15 µl de β-mercaptoetanol e pequena quantidade de bromofenol blue. A quantidade de amostra aplicada foi calculada de tal modo que 10µl desta solução contivessem em torno de 100 µg de proteína.

#### **3.5.4.2 Determinação proteolítica em gel de poliacrilamida**

A eletroforese em gel de poliacrilamida (PAGE), em placas, na presença de uréia, foi conduzida em um equipamento "Mini-Protean II" da BIORAD. Os sistemas empregados foram: "Running gel" (9% acrilamida) e "Stacking gel".

Nos dois sistemas foram utilizados tetrametilenodiamina (TEMED) como catalisador e persulfato de amônia 5% (W/V) para polimerização. O gel de poli(acrilamida) foi injetado com 10 $\mu$ l de solução de proteína e estas foram separadas pela aplicação de um potencial elétrico de 60mA (5mA por tubo – LANE) a 200 V. Azul de bromofenol foi usado como indicador do movimento das proteínas, os géis foram corados em "Comassie blue" (0,1%) dissolvido em ácido acético, metanol e água por meia hora. A solução para descorar os géis consistiu de ácido acético, metanol e água. Após a remoção do corante os géis foram preservados em solução de ácido acético a 7,5%. Foi incluída uma amostra padrão ( $\alpha$  e  $\beta$ -caseínas juntas, sendo 10 $\mu$ l de cada uma). Os géis obtidos foram fotografados para efeito de comparação.

### 3.6 Análise física

A textura dos iogurtes foi medida através da análise do perfil de textura (Texture Profile Analysis - TPA). O equipamento utilizado foi um texturômetro, modelo TAXT2, utilizando-se um probe cilíndrico de acrílico de fundo chato de 20 mm de diâmetro. As condições foram padronizadas em: calibre do probe 40mm e velocidade de penetração 30 mm/s (ANTUNES, 1998). As análises foram realizadas no dia seguinte à manufatura dos iogurtes, onde estes permaneciam aproximadamente 16 horas sob refrigeração (4-5°C). As determinações foram efetuadas em quadruplicatas.

Os resultados foram expressos em forma gráfica e através das curvas obtidas, três parâmetros definidos por BOURNE (1978) foram determinados:

- Dureza: é a força necessária para ocasionar uma compressão no alimento , correspondendo ao pico máximo ( positivo ) , obtido na primeira curva do ciclo de compressão , ou seja , é a força necessária para que o alimento atinja uma dada deformação;

- Mastigabilidade: é o produto da elasticidade e gomosidade , sendo considerada a quantidade de energia requerida para mastigar uma amostra semi-sólida até o ponto de ser engolida ;

- Gomosidade : é o produto da dureza e coesividade, sendo considerada a quantidade de energia requerida para desintregar uma amostra semi-sólida até o ponto de ser engolida.

### **3.7 Análise estatística**

Os resultados foram analisados através da comparação das médias dos tratamentos, com a utilização do Teste de Tukey nas médias transformadas, estabelecendo  $p < 0,05$  como nível de significância. O programa estatístico utilizado foi o Statistic versão 5.0.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análises Químicas dos Leites

Segundo vários autores, e dentre eles KOSIKOWISKI(1977) e ROBINSON & TAMINE(1975), é sabido que o iogurte é produzido à partir de leite integral ou desnatado, sendo ainda a qualidade dos mesmos de grande importância para o produto final .

A composição do leite utilizado é importante tanto para a consistência como para o aroma do iogurte final .

Os dados apresentados na Tabela 7 mostram a composição média, encontrada através de determinações em triplicatas, obtidas conforme as metodologias descritas anteriormente .

**Tabela 7 : Composição dos leites utilizados na manufatura dos iogurtes :**

	Leite de Vaca Integral	Leite de Vaca Desnatado	Leite de Cabra Integral	Leite de Cabra Desnatado
Proteína ( % )	3,18 ± 0,03	2,85 ± 0,11	2,87 ± 0,09	2,55 ± 0,05
Sólidos Totais ( % )	11,50 ± 0,01	8,13 ± 0,05	10,37 ± 0,09	7,96 ± 0,12
Gordura ( % )	3,20 ± 0,00	0,09 ± 0,01	3,00 ± 0,00	0,26 ± 0,07
Acidez Titulável *	0,14 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,14 ± 0,00	0,15 ± 0,01
pH	6,32 ± 0,00	6,89 ± 0,01	5,93 ± 0,01	6,86 ± 0,01
Nitrogênio Caseico *	0,36 ± 0,03	0,39 ± 0,11	0,39 ± 0,09	0,35 ± 0,05

\* % de ácido láctico

• g

### 4.1.1 Proteína

A viscosidade do iogurte é quase totalmente dependente do conteúdo de proteínas presentes no leite. Uma alta concentração protéica é essencial para a produção de um iogurte com alta viscosidade (TAMINE & DEETH, 1980 ; TAMINE & ROBINSON, 1991) .

O conteúdo de proteína no leite fresco exibe considerável variação, como indicado por uma recente pesquisa internacional (HIGGINS et al., 1995) .

**Tabela 8 Quantidade percentual de proteína no leite fresco :**

<b>País</b>	<b>Leite ( g / 100 g )</b>
Alemanha	3,26 - 3,48
Áustria	3,21 - 3,46
Bélgica	3,18 - 3,53
Canadá	2,75 - 4,09
Espanha	2,80 - 3,25
Finlândia	3,11 - 3,40
França	3,09 - 3,38
Irlanda	2,85 - 3,60
Noruega	3,16 - 3,33
Nova Zelândia	3,16 - 4,22
Reino Unido	2,96 - 3,54

HIGGINS et al., 1995

Em estudo efetuado por PARNELL CLUNIES et al. (1986) a proteína contida no leite cru foi determinada através de luz infravermelha e o resultado encontrado foi na faixa de 3,03 a 3,17% .

O teor mínimo de proteína total contida no leite é definido em algumas jurisdições, por exemplo, na União Européia, como sendo 2,8%.

Autores como JOHNSON (1974) e WONG et al. (1996) citam como sendo 3,3% o teor de proteínas no leite de vaca. HARRIS et al. ( s.d ) refere a faixa de 3,0 a 4,0% de proteínas para o leite de cabra , sendo que JENNESS (1980) encontrou 2,90 a 5,06% de proteínas para o mesmo leite.

Em relação aos valores encontrados neste estudo, nota-se que coincidem com os do leite normal, e portanto adequados para elaboração de iogurtes, com exceção do leite de cabra desnatado cuja composição média obtida de proteína foi  $2,55 \pm 0,05\%$ . Vale ainda ressaltar que valor mais próximo à este, 2,68%, encontrou DUITSCHAEVER (1978) em um dos métodos por ele utilizados para avaliar a porcentagem de proteína de leite de cabra integral.

Variações na composição do leite podem ocorrer, sendo devidos à inúmeros fatores tais como a individualidade do animal, raça, estágio de lactação, estação do ano, clima, alimentação, localização geográfica e outros.

Em relação a composição do leite de cabra, ROBINSON & VLAHOPOULOU (1988) referem que a capacidade de adaptação das cabras faz com que a composição de seu leite varie mais do que a do leite de vaca.

#### **4.1.2 Sólidos totais**

De acordo com JOHNSON (1974) o leite de vaca apresenta a seguinte composição média: 87,6% de água, 3,8% de gordura, 3,3% de proteína, 4,7% de lactose, 0,6% de cinzas, perfazendo um total de 12,4% de sólidos totais .

WONG et al. (1996) referem uma composição pouco distinta: 87,0% de água, 3,9% de gordura, 3,3% de proteína, 5,0% de lactose, 0,70% de cinzas, totalizando 12,9% de sólidos totais.

O teor de sólidos totais no leite para a fabricação de iogurte pode variar de 9% em iogurte desnatado e cerca de 20% em outros (TAMINE & DEETH, 1980). DUAME (1979), afirma que deve ser no mínimo de 12% para obtenção de um iogurte de boa textura, mas que este valor tem que ser compensado em misturas sem gorduras ou com baixo teor de gordura.

CHAMBERS (1979), recomenda um teor de sólidos totais de 12,0 a 15,0% , uma vez que valores baixos como 9,0% resultam em um coágulo frágil e quebradiço e em contraste acima de 15% obtém-se um coágulo pesado. KOSIKOWISKI (1978), recomenda um teor de sólidos totais de 15,0 a 17,0%.

Normalmente recomenda-se um valor mínimo de 8,5% de sólidos desengordurados no leite para a fabricação de iogurte(RASIC & KURMAN, 1978; KOSIKOWISKI , 1977) .

Quanto ao leite de cabra HARRIS et al. (s.d.) mencionam que a composição destes em amostras de um rebanho varia dentro de uma faixa específica para cada componente . Valores fora dessa faixa são comuns para amostra individuais . Segundo os autores a faixa de variação para sólidos totais em porcentagem é 12,0 a 16,0%.

JENNESS (1980) em seu estudo apresenta a composição do leite de cabra segundo vários autores registrada de 1968 a 1979 em vários países, sendo que em relação ao teor de sólidos totais a faixa encontrada foi 11,50 a 21,55%.

DUISTCHAEVER (1978) utilizando dois métodos de análises distintos encontrou para o leite de cabra usado na manufatura do iogurte as seguintes taxas para sólidos totais : 10,90% e 11,82% , respectivamente .

Através da análise dos resultados denota-se que os leites integrais não se encontraram dentro do considerado ideal em termos de porcentagens de sólidos totais para elaboração de iogurtes, sendo que para os leites desnatados os teores se apresentaram abaixo do limite inferior, ou seja, 8,5% , o que influencia na qualidade do produto, uma vez que o teor de sólidos totais é de importância relevante, pois pode controlar o sabor, a viscosidade, a estabilidade e o valor nutritivo.

O teor de sólidos também afeta a acidez e o tempo de coagulação devido a ação tamponante dos outros constituintes, como proteínas, citratos, fosfatos e lactatos ( TAMINE & DEETH , 1980 ) .

#### **4.1.3 Gordura**

O teor de gordura do leite é muito importante e pode variar conforme o tipo de produto desejado, uma vez que influi no sabor, na consistência e no valor energético do iogurte .

Os resultados ora avaliados para os leites de vaca e de cabra integrais apresentaram-se diferentes do relatado por vários autores, uma vez que o encontrado foi de 3,20% e 3,00% respectivamente, para os leites de vaca e de cabra integrais .

JOHNSON (1974) refere como sendo 3,8% o teor de gordura normal para o leite de vaca, enquanto WONG et al. (1996) citam 3,9%.

Quanto ao leite de cabra HARRIS et al. (s.d.) mencionam a faixa de 3,0% a 6,0%, JENNESS (1980) encontrou em seu estudo 3,07% a 7,76% e DUITSCHAEVER (1978) obteve através de dois métodos distintos de análises as taxas de 3,67% e 3,54% .

Segundo ROBINSON & TAMINE (1975) para obter-se um melhor sabor, aroma e consistência, o ideal é utilizar um leite com no mínimo 3,0% de gordura, concluindo-se então que os leites integrais utilizados, ao menos atenderam ao mínimo estipulado pelos autores, entretanto de acordo com KOSIKOWISKI (1977) uma boa parte dos iogurtes é produzida com leite contendo 3,3% de gordura.

Para iogurtes de baixa caloria, o conteúdo de gordura do leite deve ser de 1,7% segundo KOSIKOWISKI (1977), sendo que para o iogurte desnatado poderia ter um máximo de 0,5% de gordura (ROBINSON & TAMINE, 1975).

Os dados obtidos para os leites desnatados apresentaram-se coerentes com base no descrito por ROBINSON & TAMINE (1975), pois atingiram valores inferiores à 0,5% de gordura .

Sem dúvida, a normatização do teor de gordura seria benéfica, tanto para o consumidor quanto para os fabricantes. Segundo COTTINIE (1978), o sabor, o aroma, a firmeza, a viscosidade, a estabilidade e o valor nutritivo do iogurte podem ser influenciados pela padronização de gordura do leite.

#### **4.1.4 Acidez titulável e pH**

Pela análise da Tabela 7 percebe-se que a acidez ( em % de ácido láctico ) variou de  $0,14 \pm 0,01\%$  a  $0,17 \pm 0,01\%$  para o leite de vaca integral e desnatado, o que confere com o encontrado por TEIXEIRA et al. (1997) que foi  $0,15 \pm 0,02\%$  e  $0,17 \pm 0,01\%$  de ácido láctico, para leites provenientes de dois lotes distintos.

Em relação ao leite caprino o resultado encontrado foi de  $0,14 \pm 0,00\%$  e  $0,15 \pm 0,01\%$  , para o leite integral e desnatado respectivamente , estando dentro da faixa de normalidade citada: 0,11 a 0,17% de ácido láctico (BONASSI , 1987) e 0,12 à 0,14% de ácido láctico (GOMES et al., 1997).

De acordo com CARUSO & OLIVEIRA (s.d.) o leite pode ser integral, semi-desnatado ou desnatado e deve ter acidez máxima de 20° D a 24° D, ou seja, 0,20 a 0,24% de ácido láctico .

Ainda, com base na Tabela 7, percebe-se que o leite de vaca utilizado, integral e desnatado, tinha um pH de  $6,32 \pm 0,01$  e  $6,89 \pm 0,01$  , sendo considerado normal para o leite de vaca fresco, recém ordenhado e em boas condições higiênicas 6,70 a 6,80 . TEIXEIRA et al. (1997) detectaram para o leite de vaca tipo C pasteurizado  $6,60 \pm 0,01$  e  $6,70 \pm 0,04$  , na avaliação de dois lotes distintos, sendo estes considerados resultados satisfatórios para os autores .

A faixa de normalidade encontrada para o leite de cabra integral a nível de Brasil segundo JUAREZ & RAMOS (1986) é entre 6,08 e 6,74 . De acordo com GOMES et al. (1997) o pH do leite para a raça Saanen varia de 6,5 a 6,8. AMBROSOLI et al. (1988) encontraram para o leite integral uma variação de  $6,74 \pm 0,01$  a  $6,77 \pm 0,01$ . No presente estudo os valores encontrados foram  $5,93 \pm 0,01$  e  $6,86 \pm 0,01$  para o leite de cabra integral e desnatado, diferente portanto dos descritos na literatura.

Vários autores referem que os valores tanto para acidez quanto para o pH, servem como um guia geral, podendo-se encontrar variações dos mesmos em outros animais, sejam eles considerados individualmente ou por rebanhos. Logicamente é um fator que pode variar muito, dependendo do tempo transcorrido entre a ordenha e a determinação, e também das condições higiênicas da ordenha. No estudo em questão, essas diferenças podem ser atribuídas ao fato de serem leites diferentes, processados em dias diferentes.

#### 4.1.5 Nitrogênio caseíco

Os quatro maiores componentes caseicos são  $\alpha$ S<sub>1</sub>-caseína,  $\alpha$ S<sub>2</sub>-caseína,  $\beta$ -caseína e  $\kappa$ -caseína, nas proporções aproximadas de 45, 12, 34 e 10% respectivamente, dependendo das variáveis genéticas envolvidas (LEMAN & KINSELLA, 1989).

Conforme a Tabela 7, denota-se que as diferenças encontradas em relação aos teores de nitrogênio caseico(g) nos leites utilizados, quando comparados entre si, foram pouco significativas.

Mc HUGH & KROCHTA (1994), citam que do total de proteínas contidas no leite, 27g / l referem-se à porção caseica, representando 80% desse total de proteínas (correspondendo a 0,42g de nitrogênio caseíco). WONG et al. (1996), afirmam que 30 g / l é o valor do conteúdo de caseínas para os leites desnatados, ou seja, 0,47 g de nitrogênio caseico. MORR(1984), determinou como sendo de 0,29 g de nitrogênio caseico a porção contida em leite integral.

HIGGINS et al. (1995), em um levantamento no qual foi considerada a variação natural do conteúdo protéico do leite ao redor do mundo, encontraram em média 3,19 % de proteína total, correspondente a 2,55 % de proteínas provenientes de caseínas, ou seja, 0,40 g de nitrogênio caseico.

Os valores de nitrogênio caseico encontrados para os diversos leites(vide Tabela 7), encontram-se dentro dos padrões preconizados pelos autores acima mencionados .

#### 4.2 Caracterização do Concentrado Protéico de Soro

Dentre os métodos para aumentar o total de sólidos da mistura para o iogurte, inclui-se a adição de CPS. O uso do CPS na fabricação do iogurte foi descrito por TRATNIK & KRSEV (1988), BROOM et al. (1982), GREIG & VAN KAN (1984), GREIG & HARRIS (1983).

O lote de Concentrado Protéico de Soro usado nos experimentos foi analisado para determinação de parte de seus constituintes, como mostra a tabela 9.

**Tabela 9. Proteína total, sólidos totais e nitrogênio não protéico do CPS**

Proteína Total (%)	77,67 ± 0,95
Sólidos Totais (%)	94,06 ± 0,43
Nitrogênio não Protéico (%)	4,02 ± 0,15

\* Média do lote feito em triplicata

Em relação à proteína total o resultado ora avaliado confere aos descritos por MORR (1984), KIRKPATRICK & FENWICK (1987) e MORR & FOEGEDING (1990), que encontraram 76,0%, 79,0% e 73,8%  $\pm$  1,64 respectivamente. Tal resultado, no entanto, é praticamente semelhante ao referido por HUFFMAN (1996), ou seja, 80%, e difere do citado por WONG et al. (1996) que preconizam um teor máximo de proteínas ao redor de 75%.

MORR (1984), KIRKPATRICK & FENWICK (1987), MORR & FOEGEDING (1990) descreveram o teor de umidade para o CPS como sendo: 4,00% , 4,00% e 5,33  $\pm$  0,66%, respectivamente, o que indica uma porcentagem de sólidos totais de 96,00% 96,00 % e 94,76  $\pm$  0,66%. O valor obtido neste estudo, 94,06  $\pm$  0,43% se aproxima do detectado por MORR & FOEGEDING (1990) e pouco distingue-se dos citados por MORR (1984) e KIRKPATRICK & FENWICK (1987) .

Para a determinação do Nitrogênio Não Protéico, MORR & FOEGEDING (1990) avaliando 8 amostras de CPS, obtiveram um valor de 3,09  $\pm$  1,33%, diferentemente do levantado no presente trabalho , que foi de 4,02  $\pm$  0,15% .

De acordo com SCHMIDT et al. (1984) variações na composição e funcionalidade destes produtos são devidas a diferenças na composição do leite e condições utilizadas na manufatura dos queijos e produção dos concentrados . Exemplos de variações no processamento incluem : pasteurização do leite para a produção de queijo, adição de  $\text{CaCl}_2$  para incrementar o rendimento do queijo, cultura inicial utilizada, tipo e concentração do coagulante de caseína, corte do coágulo, cozimento e secagem, pH e temperatura. O pré-tratamento do soro para remover resíduos de lipídios e condições de processamento usada para ultrafiltrar e diafiltrar o soro e a secagem do retentado também influem na composição e propriedades funcionais do CPS resultante .

### 4.3 Durante a fermentação e no produto final

#### 4.3.1 Determinação do pH em função do tempo de fermentação dos iogurtes.

A variação do pH nas diferentes amostras, durante 360 min estão expressas nas figuras 3 ,4,5 e 6 , e nos anexos 1,2,3 e 4 :

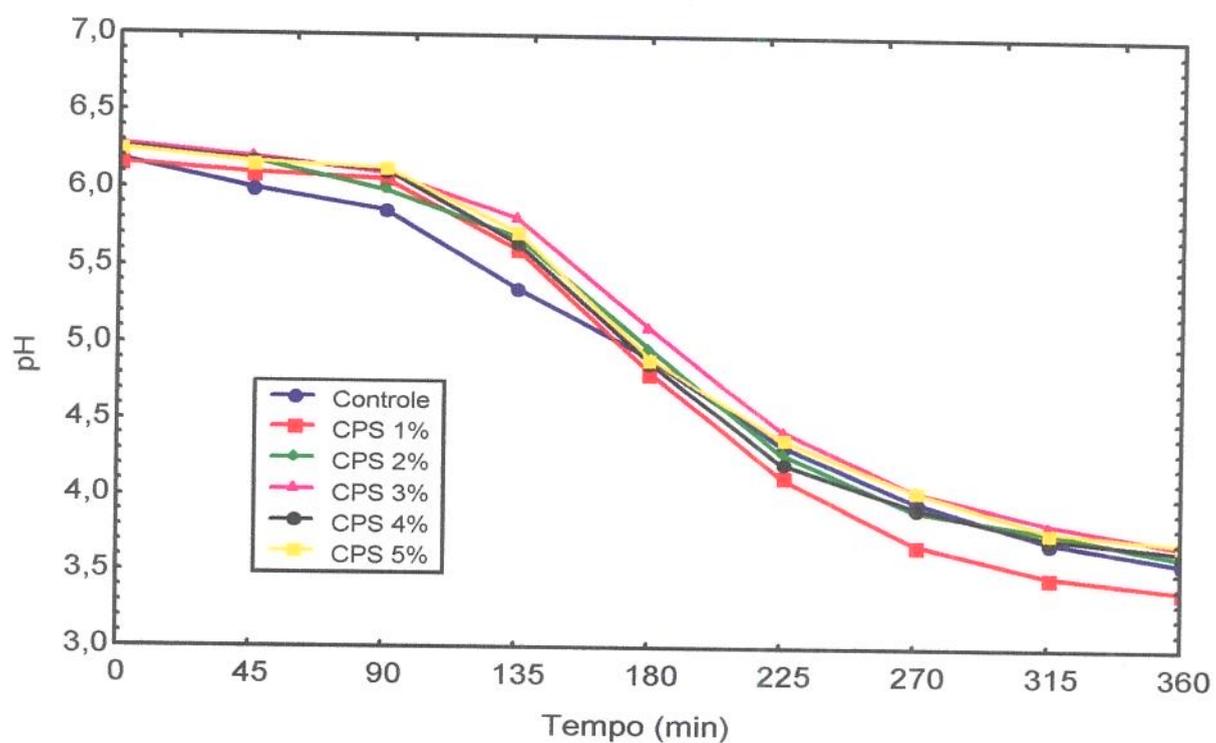
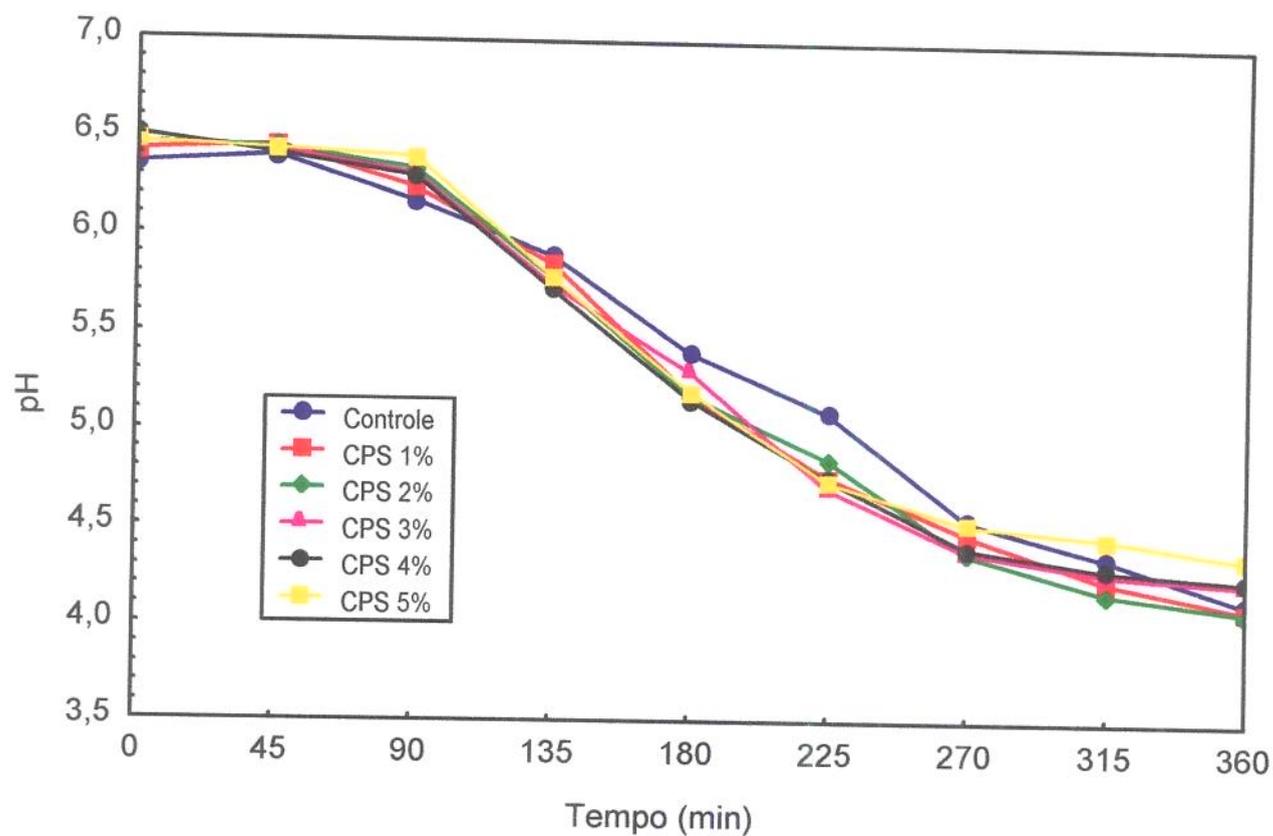
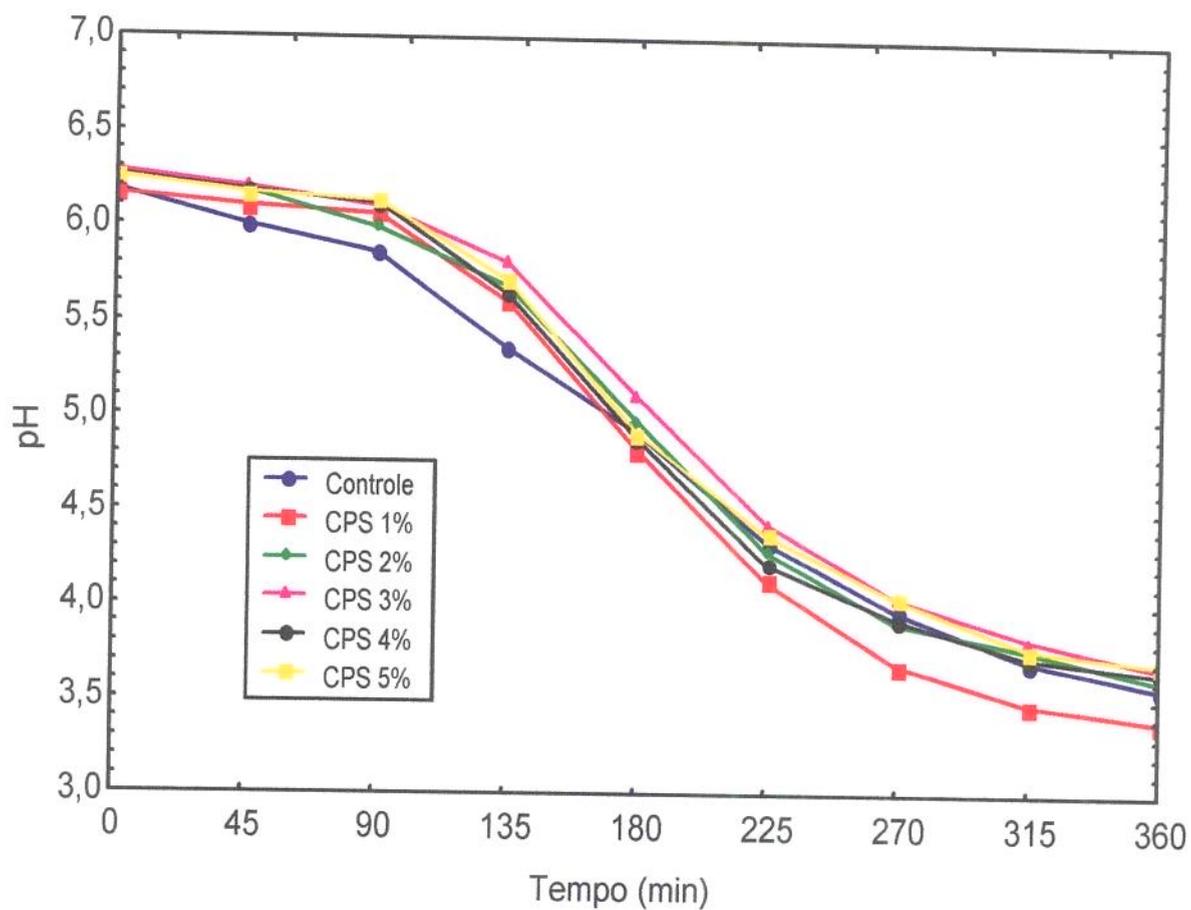


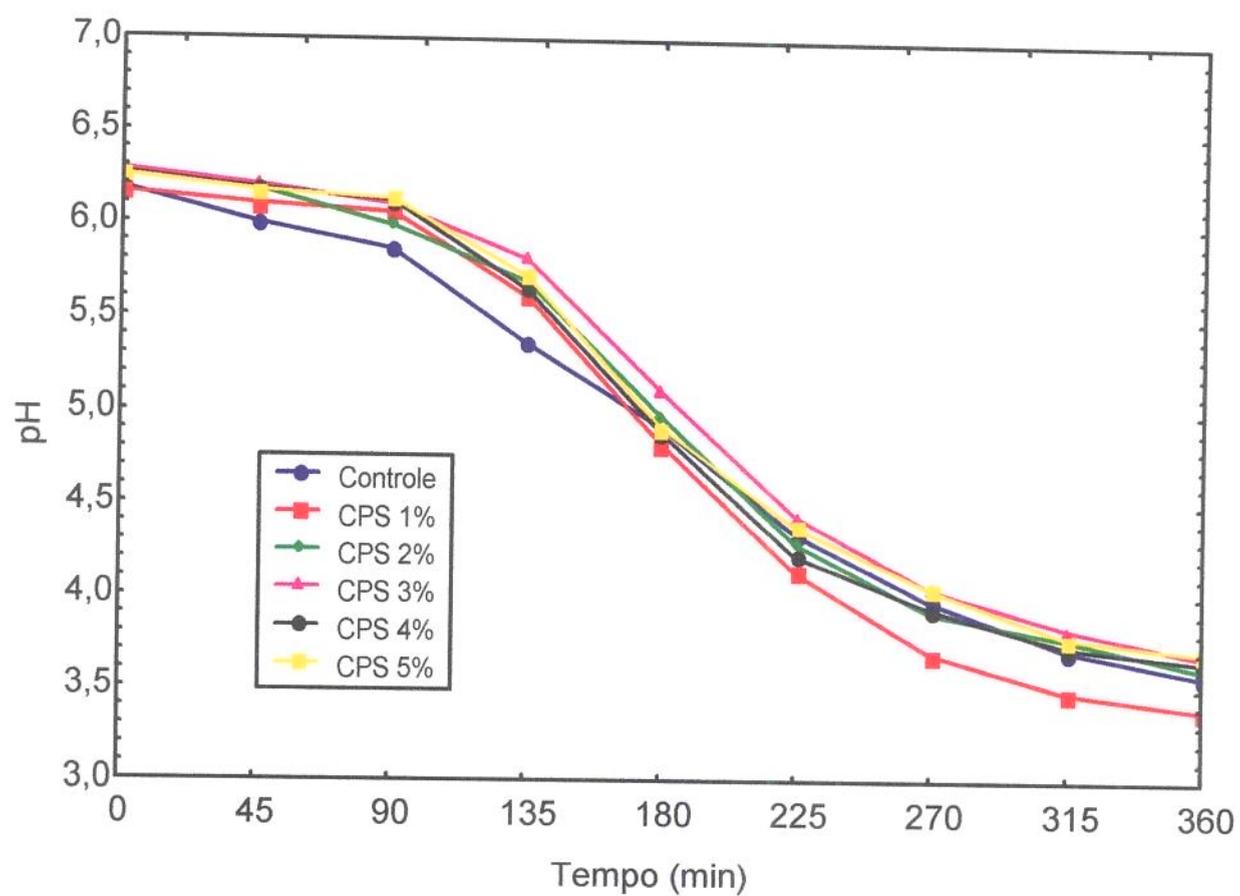
Figura 3 Abaixamento do pH em função do tempo de fermentação do iogurte de leite bovino integral.



**Figura 4** Abaixamento do pH em função do tempo de fermentação do iogurte de leite bovino desnatado.



**Figura 5** Abaixamento do pH em função do tempo de fermentação do iogurte de leite de cabra integral.



**Figura 6** Abaixamento do pH em função do tempo de fermentação do leite de cabra desnatado.

O pH é determinado pela presença de  $H^+$  naturalmente presentes no meio e aquele formado durante a fermentação. Assim, as proteínas que, devido a sua composição, agem como substâncias tamponantes, podem afetar o pH (ALAIS, 1970).

Os valores médios de pH inicial e final de todas as amostras fermentadas, considerando-se todo o período de acompanhamento foram 6,17 e 3,64 respectivamente.

O valor do pH inicialmente fixado próximo à 4,3 como sendo o ponto final de fermentação ocorreu para os iogurtes elaborados com leite bovino integral, considerando-se todos os tratamentos, entre 225 min ( controle e CPS 1% ) à 270 min (CPS 2%, CPS 3%, CPS 4% e CPS 5%). A partir de 2% de adição de CPS, ocorreu um período de tempo maior para atingir-se o ponto final de fermentação .

Já para os iogurtes produzidos com leite bovino desnatado, o mesmo ocorreu entre 270 min (CPS 1%, CPS 2%, 3% e WPC 4%) e 315 min ( controle e CPS 5%), Observou-se que as amostras adicionadas de 1, 2, 3, e 4% de CPS apresentaram um tempo de fermentação menor que o controle, porém a amostra que foi adicionada de 5% de CPS apresentou um tempo de fermentação similar ao controle.

Quanto aos iogurtes manufacturados à partir de leite de cabra integral, detectou-se o tempo final de fermentação como sendo de 180 min (CPS 4% e CPS 5%) e 225 min ( controle, CPS 1% , CPS 2% e CPS 3%) .

Notou-se que ocorreu uma redução no tempo de fermentação apenas para os iogurtes que receberam 4% e 5% de CPS, sendo que os demais tratamentos apresentaram tempos iguais quando comparados entre si .

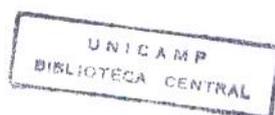
O tempo de fermentação de aproximadamente 225 min foi o obtido para os iogurtes de leite de cabra desnatado em todos os tratamentos avaliados.

CHRISTIANINI & ROIG (1987) observaram uma redução no tempo de fermentação usando soro em pó na fabricação de iogurtes, o mesmo foi encontrado por TRATNIK & KSERV (1988) utilizando concentrado protéico de soro. Entretanto, GREIG & VAN KAN (1984), não observaram redução no tempo de fermentação com o acréscimo de CPS ao leite para a fabricação de iogurte.

A análise dos dados permite observar que as amostras apresentaram resultados não conclusivos quanto ao aumento ou redução do tempo de fermentação para iogurtes adicionados ou não de CPS. Uma possível justificativa para tal fato, pode ser a de que o intervalo de tempo adotado (45 minutos) para o acompanhamento do pH tenha sido extenso, uma vez que notou-se que de um tempo para outro, o pH apresentou-se muitas vezes pouco acima do estipulado como pH ideal para ponto de coagulação (em um tempo inferior) ou pouco abaixo do estipulado (em um tempo superior), o que pode ter expressado um intervalo de tempo não tão preciso (vide anexos 1 a 4).

No estudo efetuado por CHRISTIANINI & ROIG (1987) já referido anteriormente, o intervalo de tempo adotado para o acompanhamento da fermentação durante o processamento dos iogurtes foi de 15 minutos.

No trabalho em questão, a adoção do mesmo intervalo seria inviável, em função do número de amostras a serem avaliadas sob os aspectos químicos, não sendo possível o acúmulo destas após a retirada da incubadora, em decorrência da não paralisação da atividade microbiana.



Verificou-se que quando colocadas sob refrigeração com intuito de retardar a ação dos microorganismos, as mesmas alteravam suas consistências rapidamente (exceção válida para o controle e para 1% de adição de CPS), dificultando as análises de pH e acidez titulável, que deveriam ocorrer imediatamente após remoção da estufa .

Através dos resultados também foi possível avaliar que as amostras apresentaram uma variação de pH semelhantes durante o período de incubação. MODLER et al. (1983) encontraram que o pH das várias preparações de iogurtes, ou seja, com incorporação de caseinato, concentrado de protéico de leite, leite em pó desnatado, concentrado protéico de soro obtido por ultrafiltração, concentrado protéico de soro obtido através de troca iônica e concentrado protéico de soro obtido por eletrodialise, estavam controladas não havendo diferença significativa dada pelo tipo de produto ou concentração destes, num mesmo tempo.

Ainda notou-se que os iogurtes manufacturados a partir de leite de cabra, integral ou desnatado, demonstraram necessitar de menor tempo de fermentação.

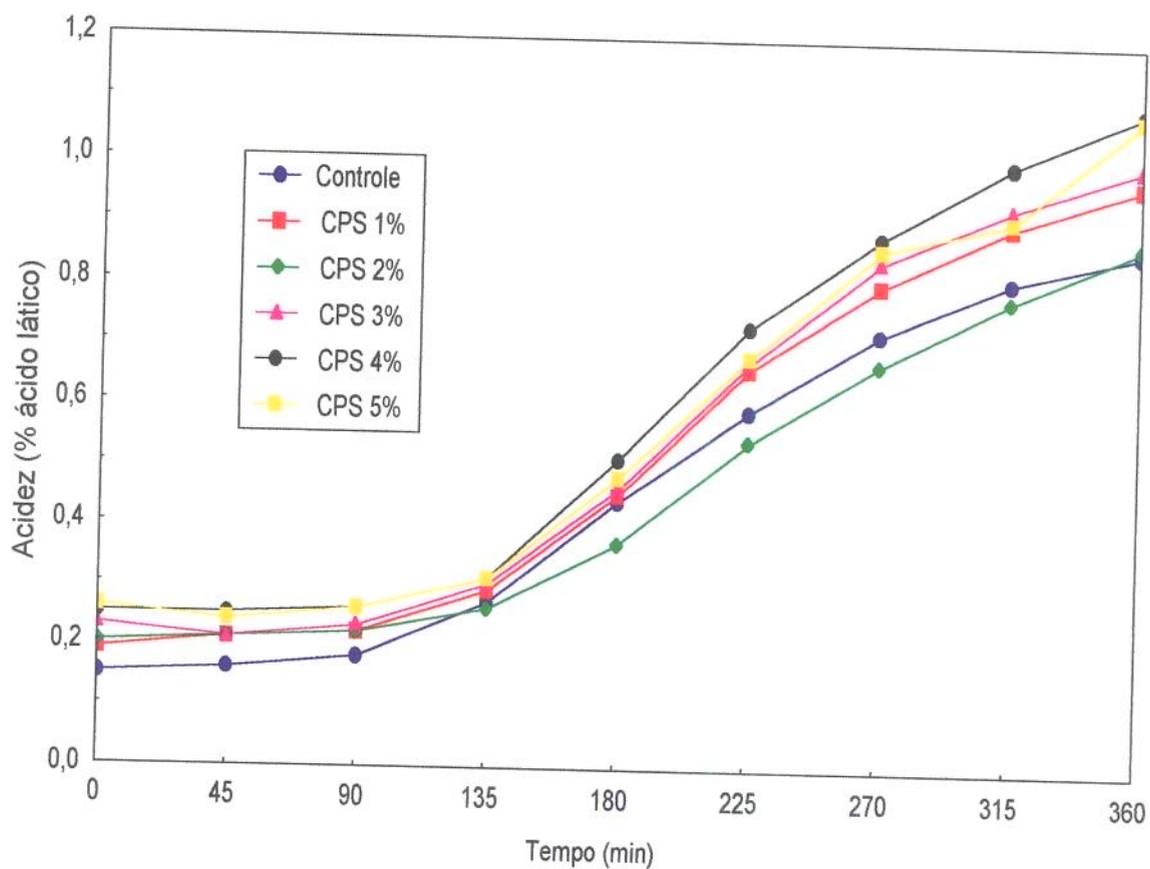
DUITSCHAEVER (1978) em seu estudo avaliou que o tempo requerido para conseguir o pH desejável de 4.4 foi menor no leite de cabra do que no de vaca, e que o tempo adicional requerido para conseguir o pH nos dois leites adicionados de leite em pó desnatado foi provavelmente resultado da ação tampão devido a adição de sólidos ao leite . O tipo de leite e a adição com leite desnatado em pó influenciaram no tempo no qual o pH desejado foi conseguido.

Entretanto, PARK (1991) refere que tem sido constatado que o leite de cabra apresenta maior capacidade tamponante do que o leite de vaca, e esta característica pode ser influenciada pela espécie animal e o tipo de alimentação.

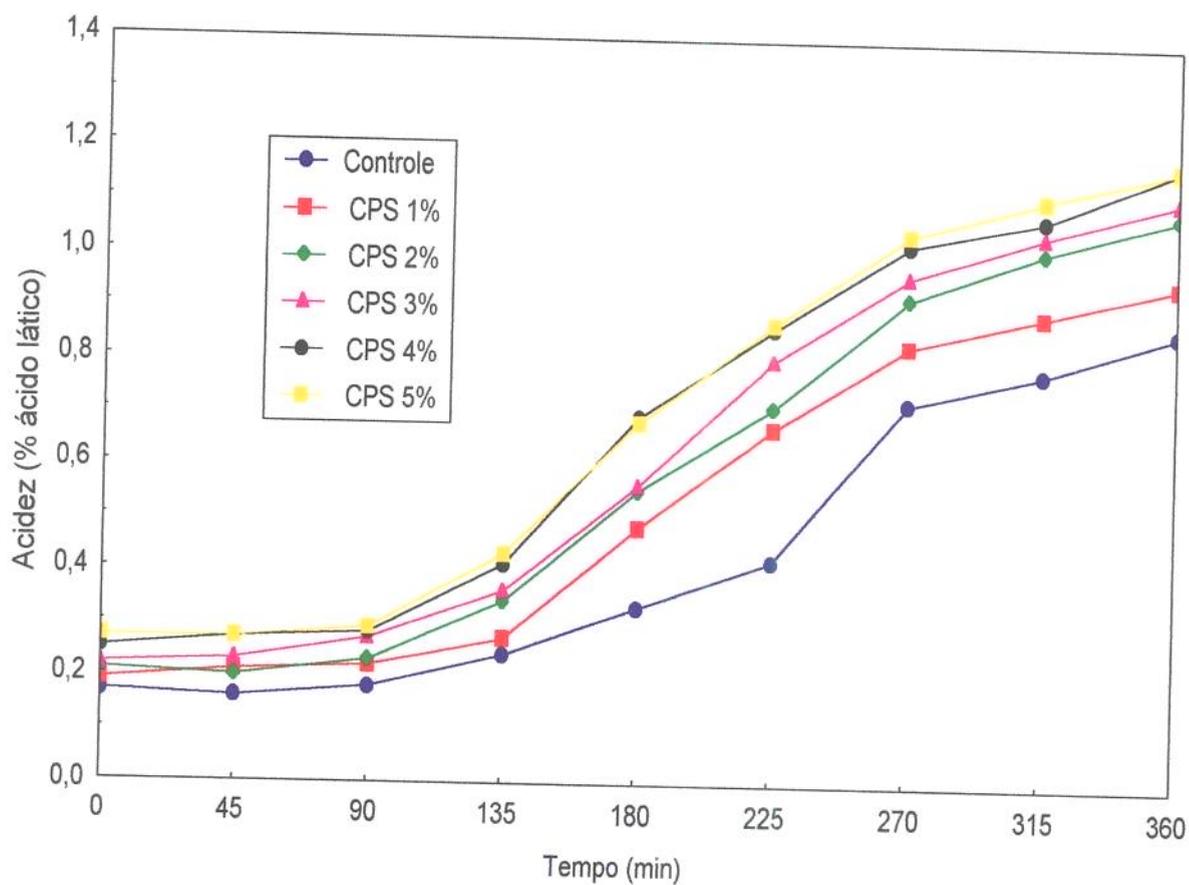
Outro fator importante no que diz respeito à capacidade tamponante do leite de cabra se relaciona ao tipo de proteína presente, principalmente as micelas de caseína, que podem apresentar rearranjos estequiométricos . WHITHIER (1929) citado por PARK (1991) relata que a ação tamponante da caseína é exercida com maior intensidade entre pH 4,5 e 5,7 , com um efeito máximo em 5,2 . Porém, a caseína parece ser apenas um dos fatores primários da ação tamponante do leite (PARK, 1991).

#### **4.3.2 Determinação da acidez titulável em função do tempo de fermentação de iogurtes.**

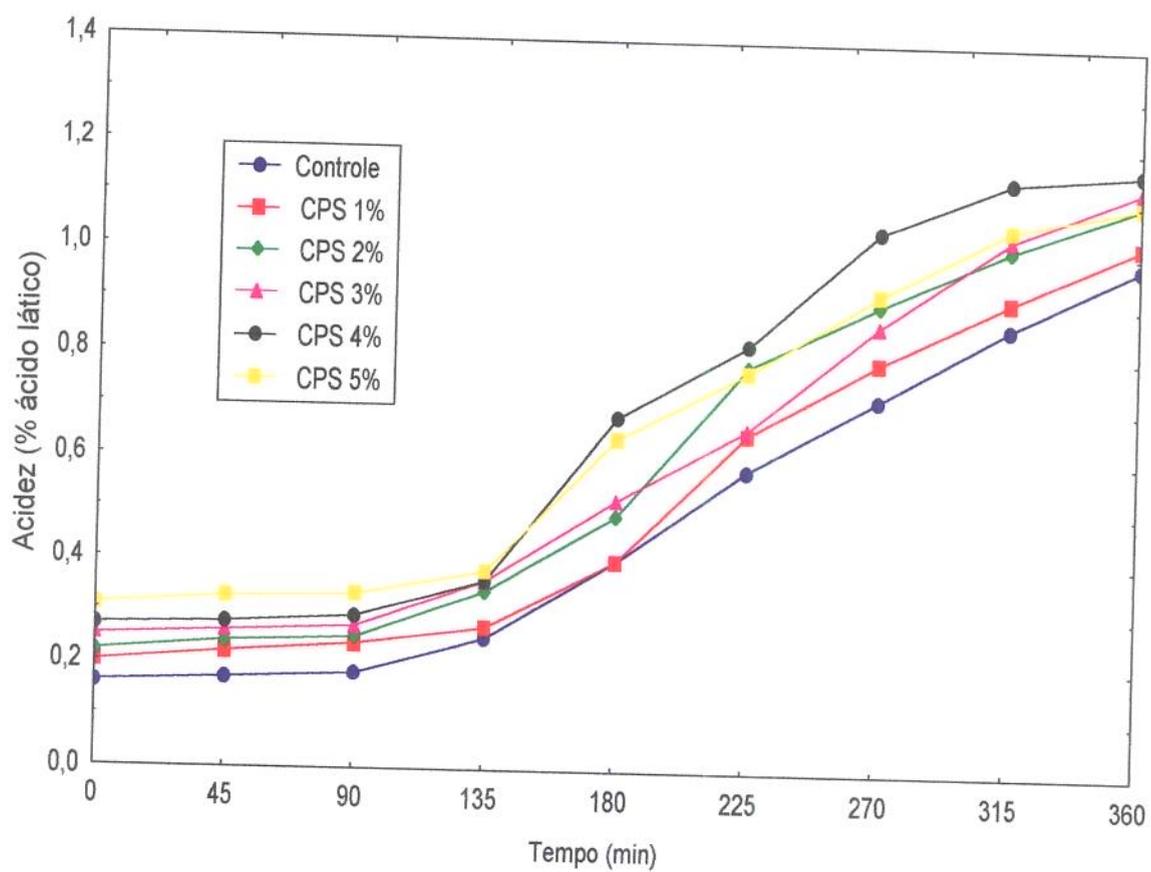
Nas figuras 7,8,9 e 10, e nos anexos 5, 6, 7,e 8 são apresentadas a evolução da acidez titulável no iogurte controle e nos iogurtes adicionados de CPS, durante o processo de fermentação :



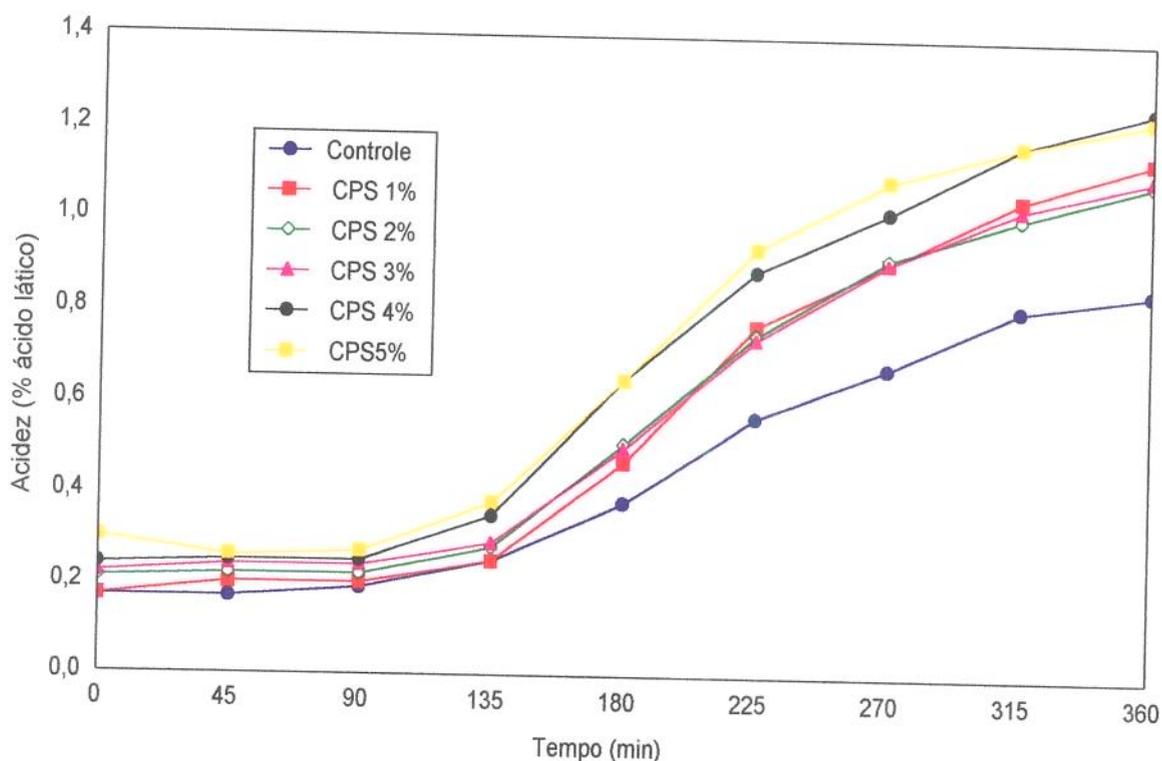
**Figura 7** Desenvolvimento da acidez titulável obtida durante o processo de fermentação do iogurte de leite bovino integral



**Figura 8** Desenvolvimento da acidez titulável obtida durante o processo de fermentação do iogurte de leite bovino desnatado



**Figura 9** Desenvolvimento da acidez titulável obtida durante o processo de fermentação do iogurte de leite de cabra integral



**Figura 10** Desenvolvimento da acidez titulável obtida durante o processo de fermentação do iogurte de leite de cabra desnatado

Ao contrário do pH, que é determinado pela presença de  $H^+$  naturalmente presentes no meio e aquele formado durante a fermentação, a acidez titulável determina toda substância ácida, seja ela originária do desenvolvimento de microorganismos ou resultante de substâncias minerais, proteínas e reações secundárias de citratos e fosfatos. Assim as proteínas que devido a sua composição agem como substâncias tamponantes, não terão influência sobre a acidez titulável (ALAIS, 1970).

Ao final do processo fermentativo (pH entre 4,3 e 4,4), verificou-se um incremento da acidez titulável em função da adição de CPS, ou seja, 0,59% de ácido láctico para controle e 0,86% de ácido láctico para 5% de adição de CPS nos iogurtes de leite bovino integral; 0,78% de ácido láctico para controle e 1,11% de ácido láctico para 5% de adição de CPS para iogurtes de leite bovino desnatado; 0,58% de ácido láctico para controle e 0,64% de ácido láctico para 5% de adição de CPS para iogurtes de leite de cabra integral e 0,57% de ácido láctico para controle e 0,94% de ácido láctico para 5% de adição de CPS para os iogurtes elaborados com o leite de cabra desnatado, conforme as figuras 7, 8, 9, e 10.

Geralmente os valores de acidez titulável são mais altos no iogurte de leite de cabra do que no de vaca (DUITSCHAEVER, 1978; FLANAGAN & HOLSINGER, 1885; MANJUNATH & ABRAHAM, 1986), no entanto, a análise de nossos dados permite observar que as amostras apresentaram resultados diferentes.

De acordo com DUITSCHAEVER (1978) a razão para o incremento ácido no leite de cabra não é claro. Uma possível causa seriam as diferenças na estrutura química e na composição de alguns componentes do leite. A proteólise pode tornar viável o estímulo da concentração de pequenos peptídeos no leite de cabra, mas não no leite de vaca. Grandes quantidades de nitrogênio não protéico no leite de cabra, pode ser igualmente estimulatório, assim como certos ácidos graxos ou fosfolipídios.

Faz-se necessário lembrar das diferenças encontradas por diversos autores no que diz respeito à composição química entre leites caprinos, e, no presente trabalho, observou-se um teor de proteínas relativamente inferior, o que implicaria numa menor disponibilidade de aminoácidos e peptídeos, indispensáveis ao crescimento microbiano.

Os resultados ainda mostram que a acidez titulável apresentou valor médio no final do processo fermentativo igual à 0,63% de ácido láctico para os iogurtes controles e 0,89% de ácido láctico para iogurtes que receberam 5% de adição de CPS. Os iogurtes que receberam 5% de adição de CPS se apresentaram dentro da faixa estabelecida por KOSIKOWISKI (1982) e pela legislação (BRASIL, 1952); já os iogurtes controles se apresentaram menos ácidos. BAIG & PRASAD (1996) encontraram em pH 4.6, uma acidez titulável para iogurtes fortificados com CPS de  $0,94 \pm 0,04\%$  de ácido láctico.

Uma provável justificativa para o incremento da acidez em função do acréscimo de CPS, seria a maior disponibilidade de lactose no meio.

MODLER et al. (1983) encontraram diferenças significativas entre as acidez tituláveis de iogurtes manufacturados com caseinato, concentrado protéico de leite, leite em pó desnatado e concentrados protéicos de soro obtidos por diferentes métodos (ultrafiltração, troca iônica e eletrodialise). O iogurte estabilizado com 1,5% de concentrado protéico de leite e leite em pó desnatado resultaram em uma acidez mais alta, o uso de caseinato (0,5%) e concentrado protéico de soro obtido por eletrodialise (0,5 e 1,0%) tiveram a menor acidez titulável. Segundo os autores a alta acidez, bem como a alta porcentagem de adição de proteínas, particularmente com a adição de leite em pó desnatado, pode ser explicada pela alta capacidade tampão.

Quando comparados apenas os dados referentes à acidez titulável dos iogurtes adicionados de CPS, os autores acima ainda detectaram um aumento desta em cada uma das amostras, ou seja, 0,99% de ácido láctico para 0,5% de adição de CPS obtido por ultrafiltração à 1,03% de ácido láctico para 1,5% de adição de CPS, 0,99% de ácido láctico para 0,5% de adição de CPS obtido por troca iônica a 1,19% de ácido láctico para 1,5% de adição de CPS e 0,96% de ácido láctico para 0,5% de adição de CPS obtido por eletrodialise a 1,08% de ácido láctico para 1,5% de adição de CPS.

De acordo com TRATNIK & KERSEV (1988) a acidez de bebidas fermentadas é suavemente incrementada com a adição do CPS ao leite até um certo nível. A adição ao acaso do CPS ao leite provocou um leve decréscimo da acidez das amostras experimentais, assemelhando-se a acidez das amostras controle, porque um aumento ao acaso da quantidade de proteína pode reduzir o crescimento da bactéria ácido láctica .

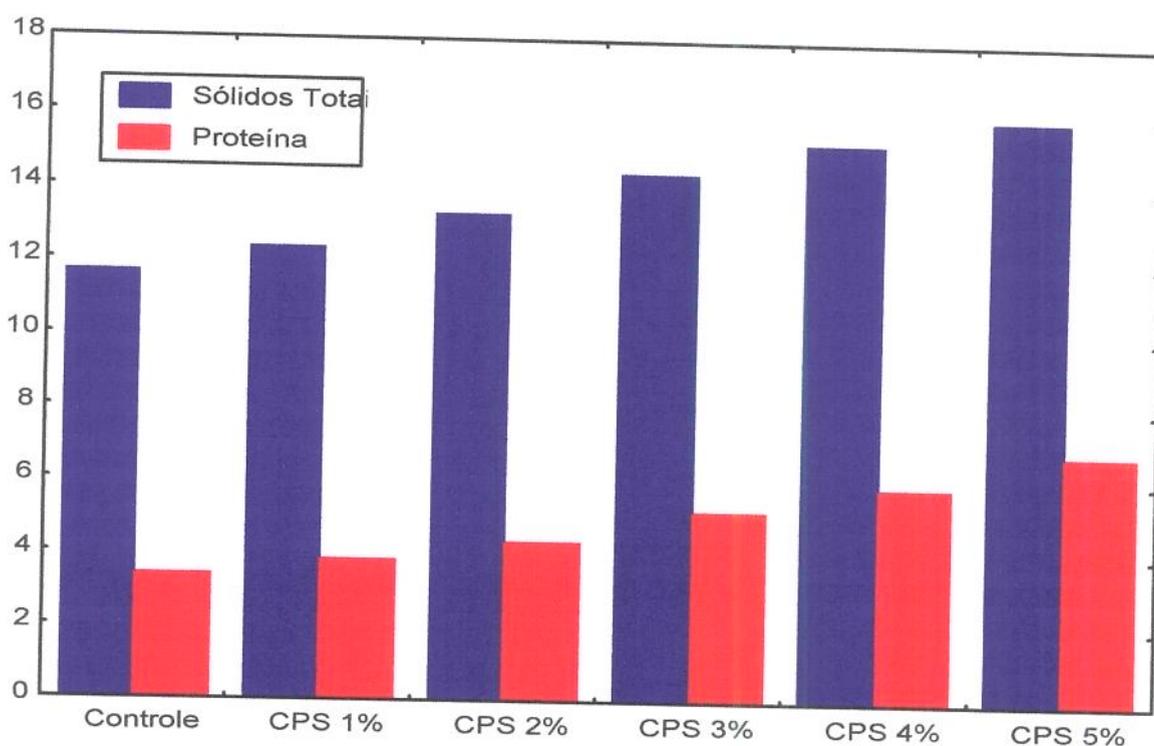
MARSHALL et al. (1982) encontraram que a adição do CPS ao leite influencia o incremento da acidez em bebidas fermentadas, como a estimulação do crescimento e duplicação da bactéria ácido láctica .

O efeito da adição de proteína através do uso de caseinato de potássio, proteína de soro doce ou acidificada(em uma série de testes com envolvimento de aquecimento) ou ultrafiltração sob o comportamento do iogurte durante a maturação pode ser descrito segundo RENNEN & EISELT-LOMB (1985) como :

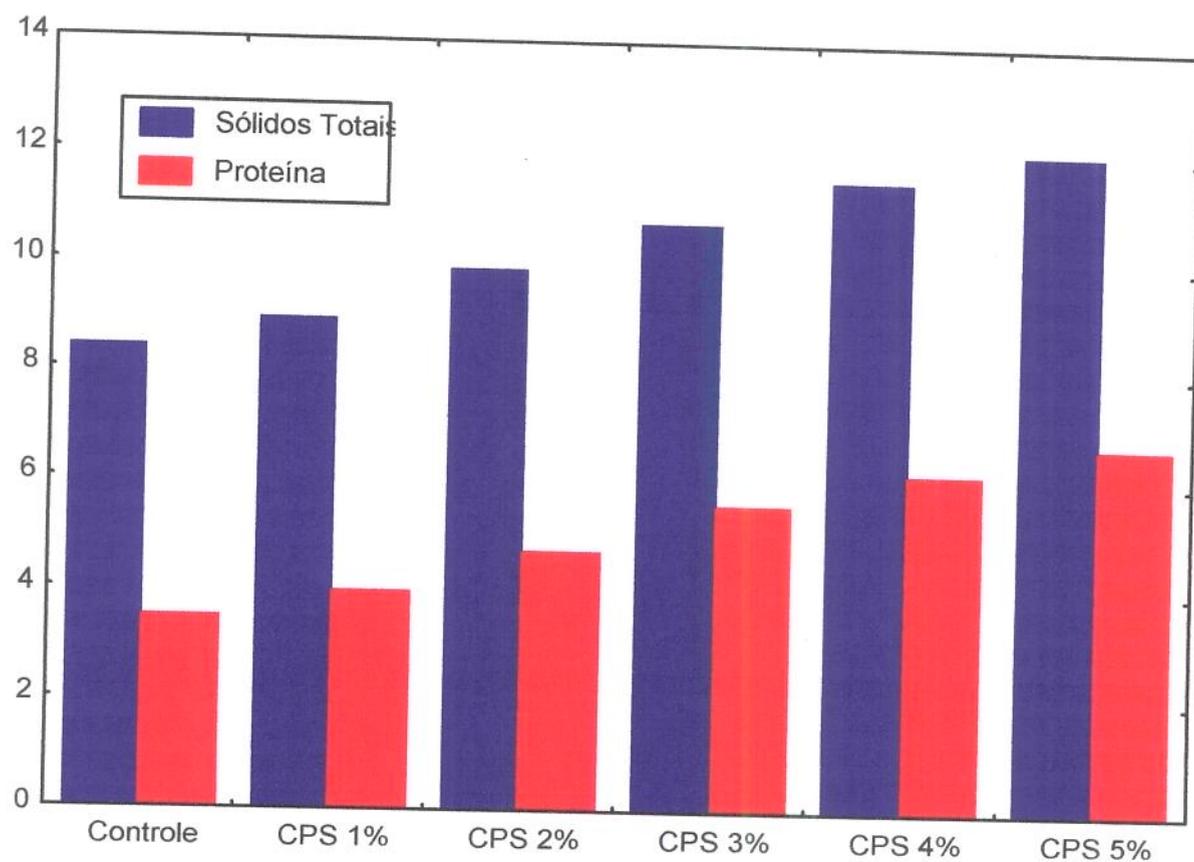
- o conteúdo de ácido láctico é incrementado ao redor de 0,10% quando aumenta-se a quantidade de proteína de soro ácido ou doce. Há um equilíbrio até certo grau com o alto incremento de proteínas através da ultrafiltração ;
- nas amostras individuais de iogurtes , a porcentagem de D(-) ácido láctico varia entre 21 e 28 . Apenas no iogurte fortificado com proteína de soro ácido, com subsequente aquecimento, a quantidade percentual elevou-se para 35%;
- iogurte fortificado com soro ácido (aquecido ou não) assim como iogurtes ultrafiltrados mostram uma alta acidificação tardiamente .

### 4.3.3 Determinação do teor protéico bruto e sólidos totais dos iogurtes em função da adição em diferentes concentrações de CPS

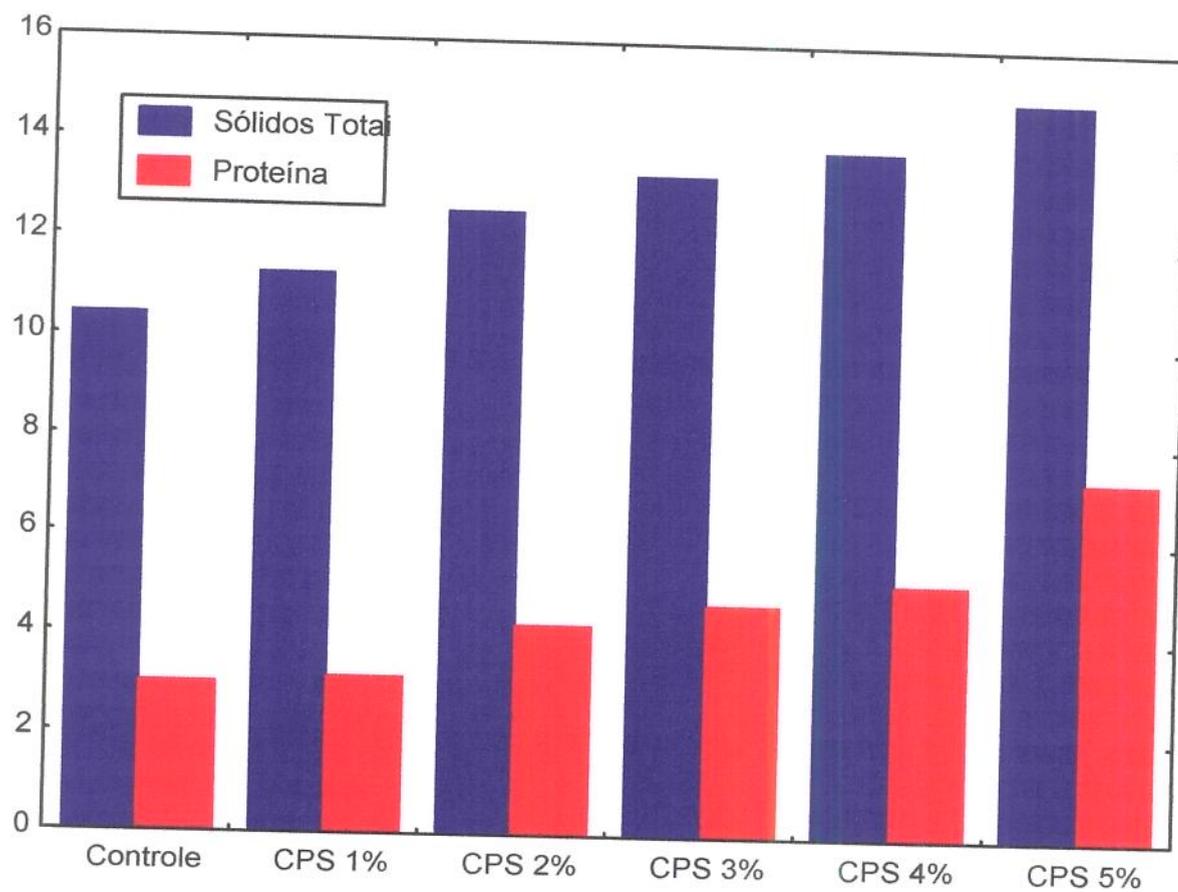
Nas figuras de 11, 12, 13 e 14 a seguir, e, no anexo 9 são mostrados o total de sólidos e proteínas de todos os produtos. Os dados apresentados evidenciam o aumento do conteúdo de proteínas e sólidos totais com o aumento da porcentagem de CPS adicionada.



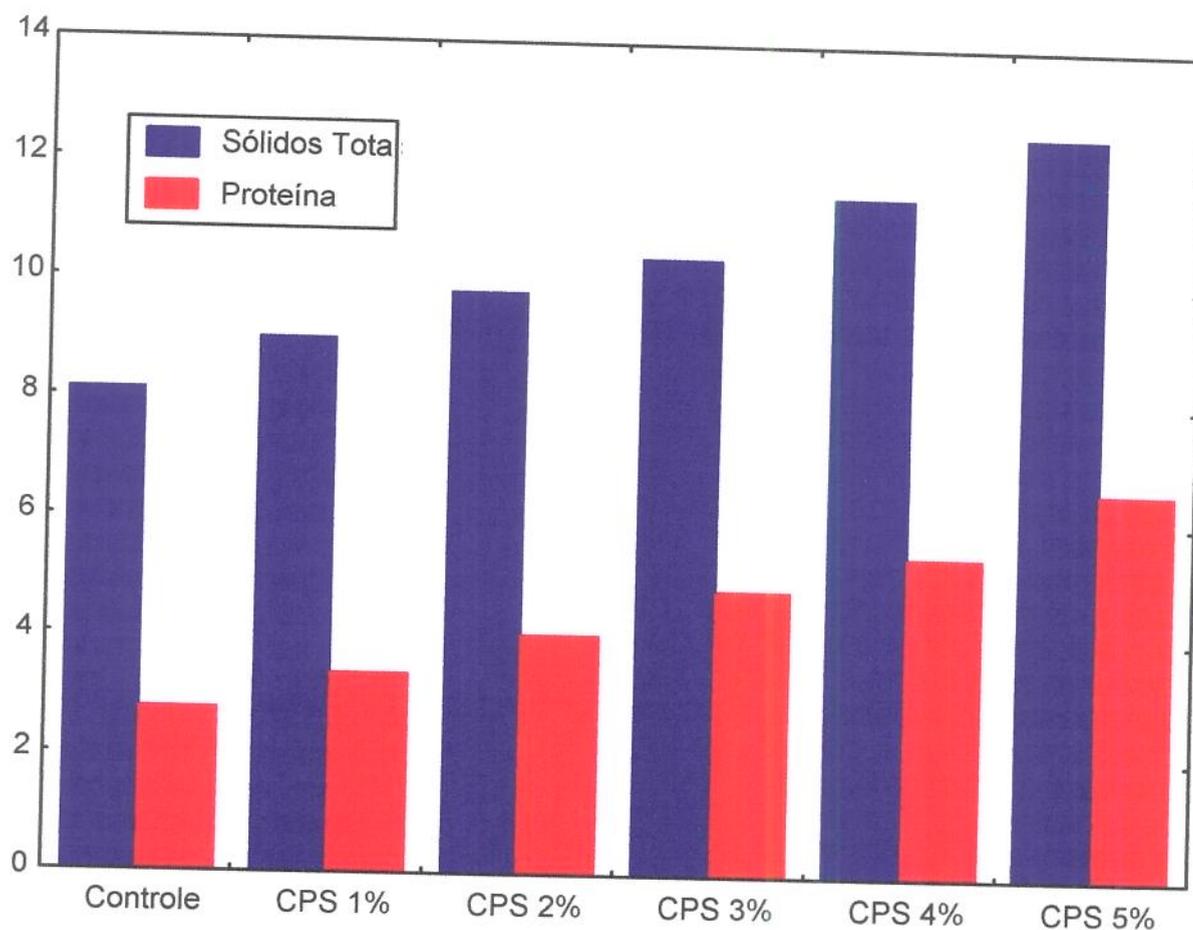
**Figura 11** Aumento do teor de sólidos totais e proteínas do iogurte produzido à partir de leite bovino integral em função da porcentagem da adição de CPS.



**Figura 12** Aumento do teor de sólidos totais e proteínas do iogurte produzido à partir de leite bovino desnatado em função da porcentagem da adição de CPS.



**Figura 13** Aumento do teor de sólidos totais e proteínas do iogurte produzido à partir de leite de cabra integral em função da porcentagem da adição de CPS.



**Figura 14** Aumento do teor de sólidos totais e proteínas do iogurte produzido à partir do leite de cabra desnatado em função da porcentagem da adição de CPS.

Os teores de proteínas e sólidos totais aumentaram proporcionalmente à adição de CPS. Para os iogurtes manufacturados à partir de leites bovino integral e desnatado, os controles continham  $3,34 \pm 0,01\%$  e  $3,49 \pm 0,11\%$  de proteína e com a adição de CPS estes valores se elevaram para  $6,78 \pm 0,20\%$  e  $6,72 \pm 0,03\%$ . Os conteúdos de sólidos totais variaram de  $11,65 \pm 0,04\%$  e  $8,35 \pm 0,06\%$  à  $15,93 \pm 0,11\%$  e  $12,09 \pm 0,09\%$  com 5% CPS.

Os iogurtes manufacturados com leite de cabra integral e desnatado mostraram o mesmo tipo de comportamento. Os controles continham  $2,96 \pm 0,13\%$  e  $2,73 \pm 0,15\%$  de proteína, e, com a adição de CPS estes valores se elevaram para  $7,26 \pm 0,17\%$  e  $6,58 \pm 0,36\%$ . Os conteúdos de sólidos totais variaram de  $10,43 \pm 0,03\%$  e  $8,14 \pm 0,09\%$  a  $14,93 \pm 0,40\%$  e  $12,54 \pm 0,23\%$  com 5% CPS.

MISTRY & HASSAN (1992) encontraram que o uso de pó com alto teor de proteína do leite na manufatura de iogurtes desengordurados é indicado, pois incrementa corpo, textura e aceitabilidade, uma vez que as proteínas do leite são boas ligadoras de água, ajudando a minimizar a separação do soro, a qual é comum em iogurtes com baixo teor de gordura. No entanto, segundo os mesmos autores, a suplementação do leite magro com pó constituído de alto teor protéico pode ser até 5,6% de proteína, pois iogurtes que receberam valores acima deste teor protéico se apresentaram muito firmes e com sabor adstringente.

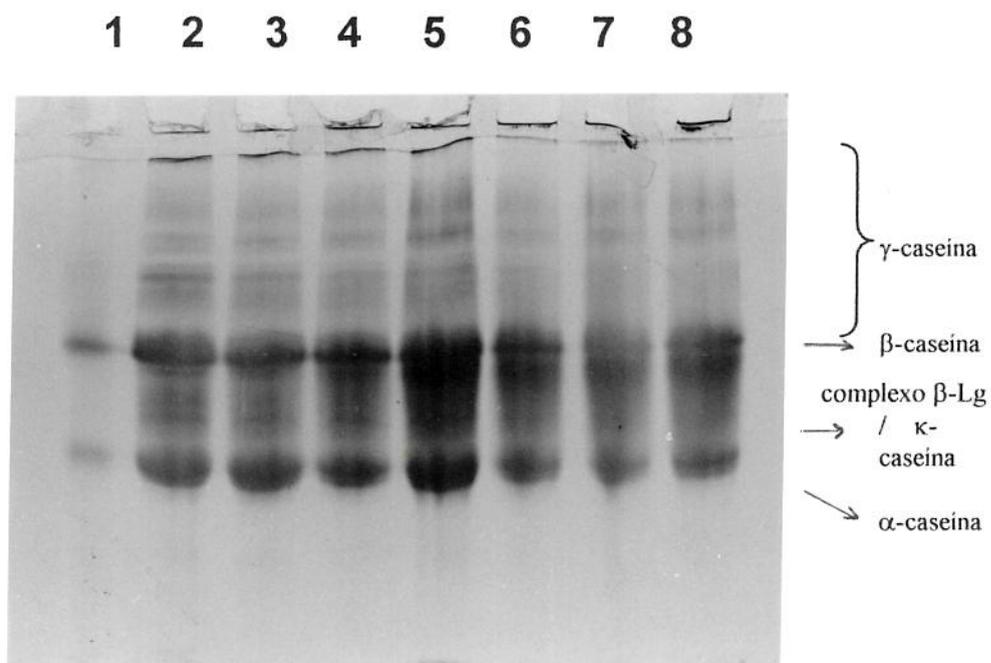
TRATNIK & KERSEV (1988) investigando a possibilidade de incrementar a proteína do soro contida no leite utilizado para a produção de iogurte através do uso de concentrados protéicos de soro obtidos por diafiltração do soro magro doce (DF-CPS), e ultrafiltração do soro magro doce previamente desmineralizado por trocas iônicas (UF-IE-CPS), citam ser óbvio que a adição de CPS ao leite altera consideravelmente a composição química do iogurte. Em ambos os casos, a adição de CPS ao leite incrementa a quantidade de proteínas (especialmente DF- CPS), e reduz a quantidade de gordura e minerais (especialmente UF-IE - CPS ).

#### 4.4 Avaliação do perfil eletroforético das proteínas

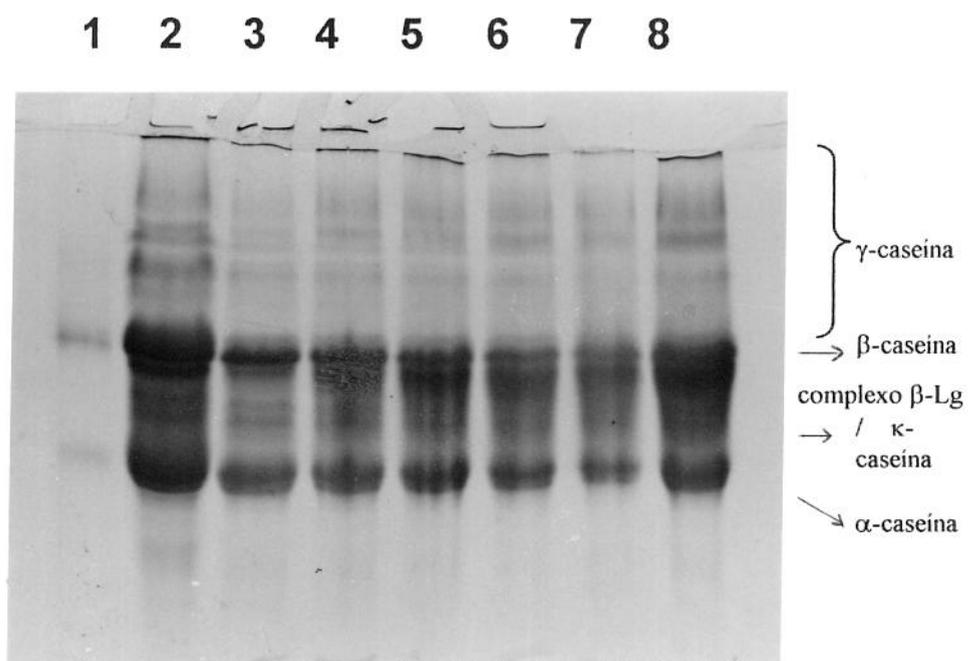
A eletroforese em gel de poliacrilamida é uma técnica freqüentemente utilizada para uma efetiva separação de proteínas, bem como, para a determinação de seus pesos moleculares. Nesta técnica as proteínas são desnaturadas pelo detergente S.D.S., sendo que o detergente e a poliacrilamida são levados à um equilíbrio com uma solução tampão.

Nas Figuras 15, 16, 17 e 18, observa-se que os perfis eletroforéticos dos leites e dos iogurtes produzidos à partir dos mesmos, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, uma vez que existe uma igualdade dentre eles. Supõem-se que caso haja ocorrido proteólise, a mesma foi de uma intensidade muito pequena.

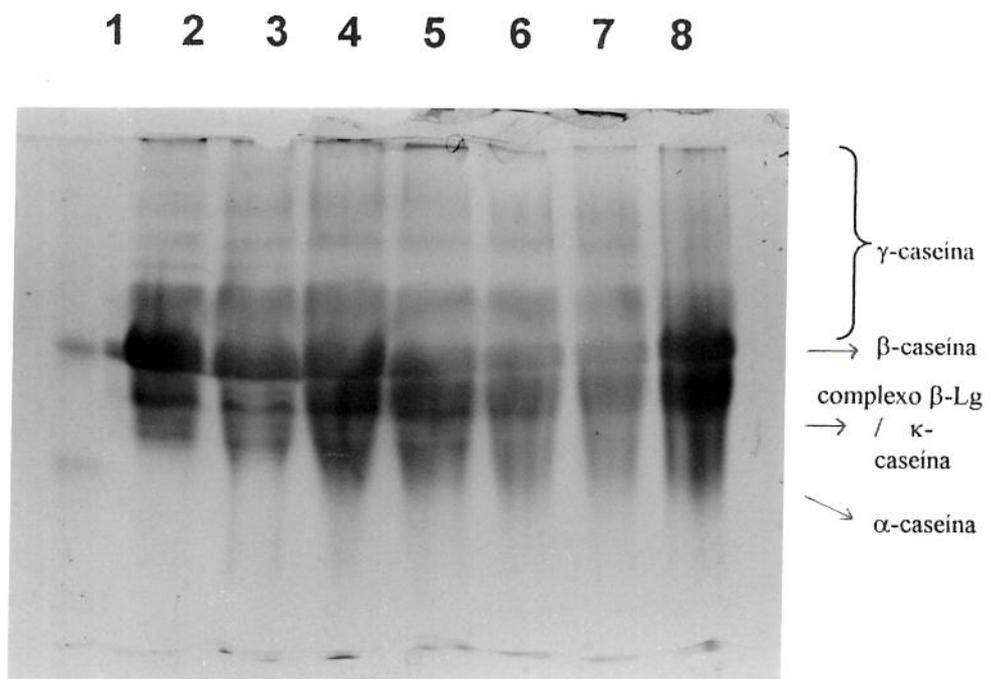
A formação do complexo  $\beta$ -lactoglobulina /  $\kappa$ -caseína, fica evidente em todos os tratamentos, observando-se que o incremento da formação deste complexo ocorreu na mesma razão do aumento da quantidade de CPS.



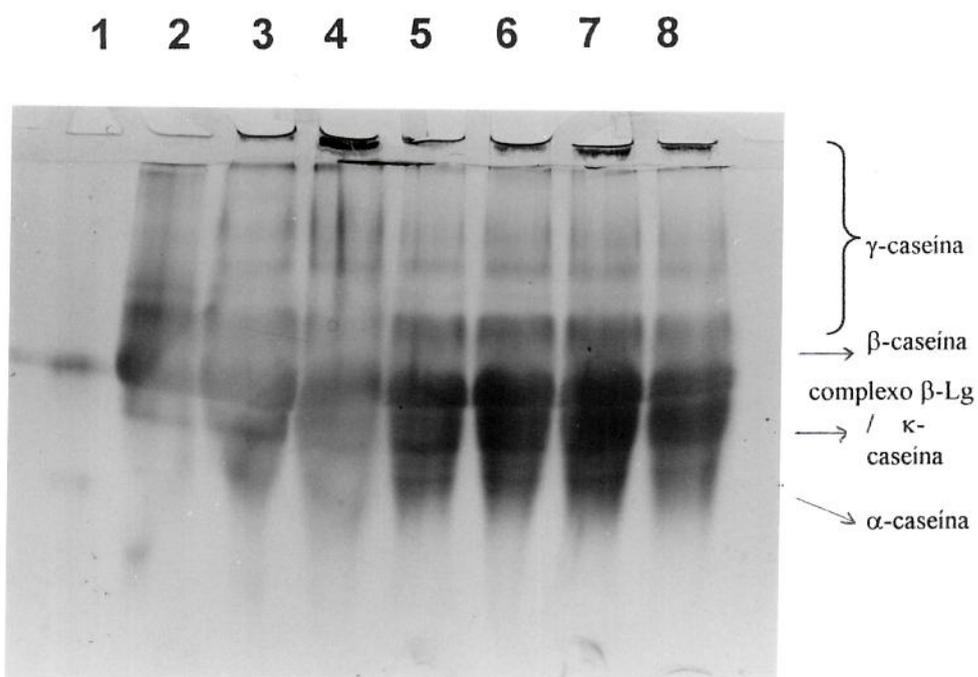
**Figura 15** Perfil eletroforético do leite bovino integral e dos iogurtes obtidos a partir do mesmo (banda 1: padrão de  $\alpha$  e  $\beta$ -caseínas; banda 2: leite bovino integral; banda 3: iogurte controle; banda 4: iogurte com 1% de CPS; banda 5: iogurte com 2% de CPS; banda 6: iogurte com 3% de CPS; banda 7: iogurte com 4% de CPS e banda 8: iogurte com 5% de CPS)



**Figura 16** Perfil eletroforético do leite bovino desnatado e dos iogurtes obtidos a partir do mesmo (banda 1: padrão de  $\alpha$  e  $\beta$ -caseínas; banda 2: leite bovino integral; banda 3: iogurte controle; banda 4: iogurte com 1% de CPS; banda 5: iogurte com 2% de CPS; banda 6: iogurte com 3% de CPS; banda 7: iogurte com 4% de CPS e banda 8: iogurte com 5% de CPS)



**Figura 17** Perfil eletroforético do leite caprino integral e dos iogurtes obtidos a partir do mesmo (banda 1: padrão de  $\alpha$  e  $\beta$ -caseínas; banda 2: leite bovino integral; banda 3: iogurte controle; banda 4: iogurte com 1% de CPS; banda 5: iogurte com 2% de CPS; banda 6: iogurte com 3% de CPS; banda 7: iogurte com 4% de CPS e banda 8: iogurte com 5% de CPS)



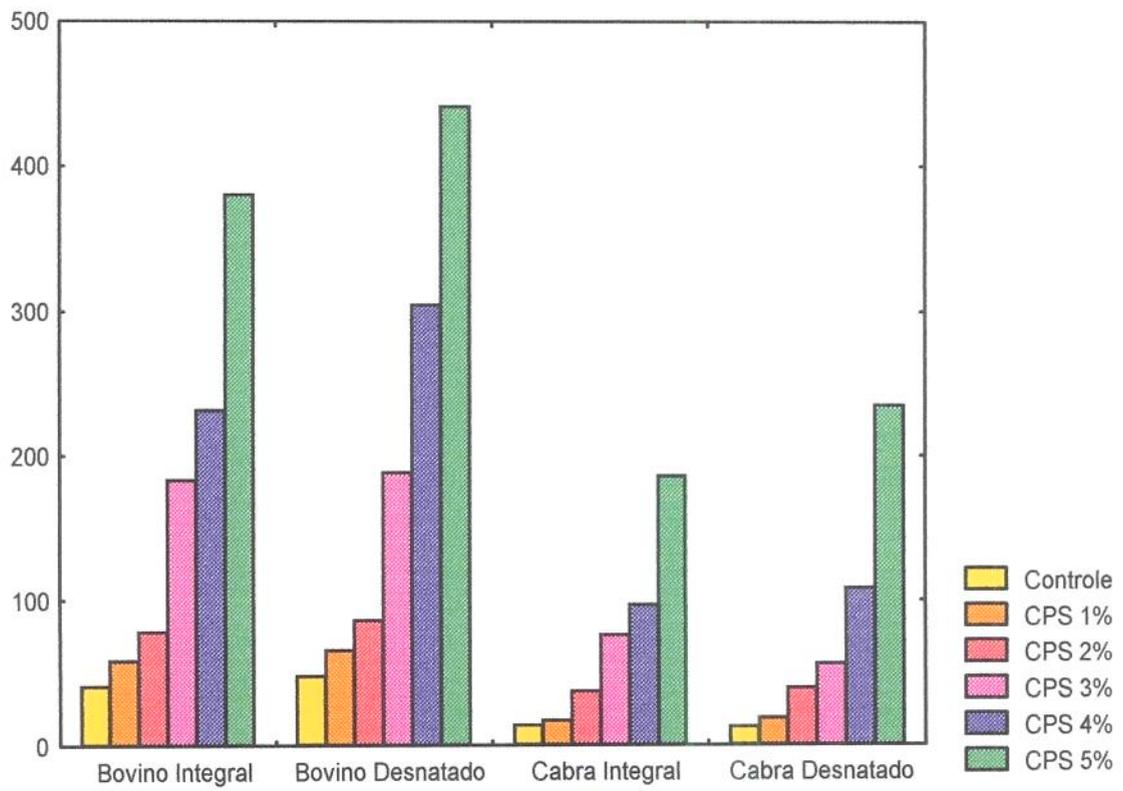
**Figura 18** Perfil eletroforético do leite caprino desnatado e dos iogurtes obtidos a partir do mesmo (banda 1: padrão de  $\alpha$  e  $\beta$ -caseínas; banda 2: leite bovino integral; banda 3: iogurte controle; banda 4: iogurte com 1% de CPS; banda 5: iogurte com 2% de CPS; banda 6: iogurte com 3% de CPS; banda 7: iogurte com 4% de CPS e banda 8: iogurte com 5% de CPS)

#### **4.5 Efeito da adição de CPS nas características de textura**

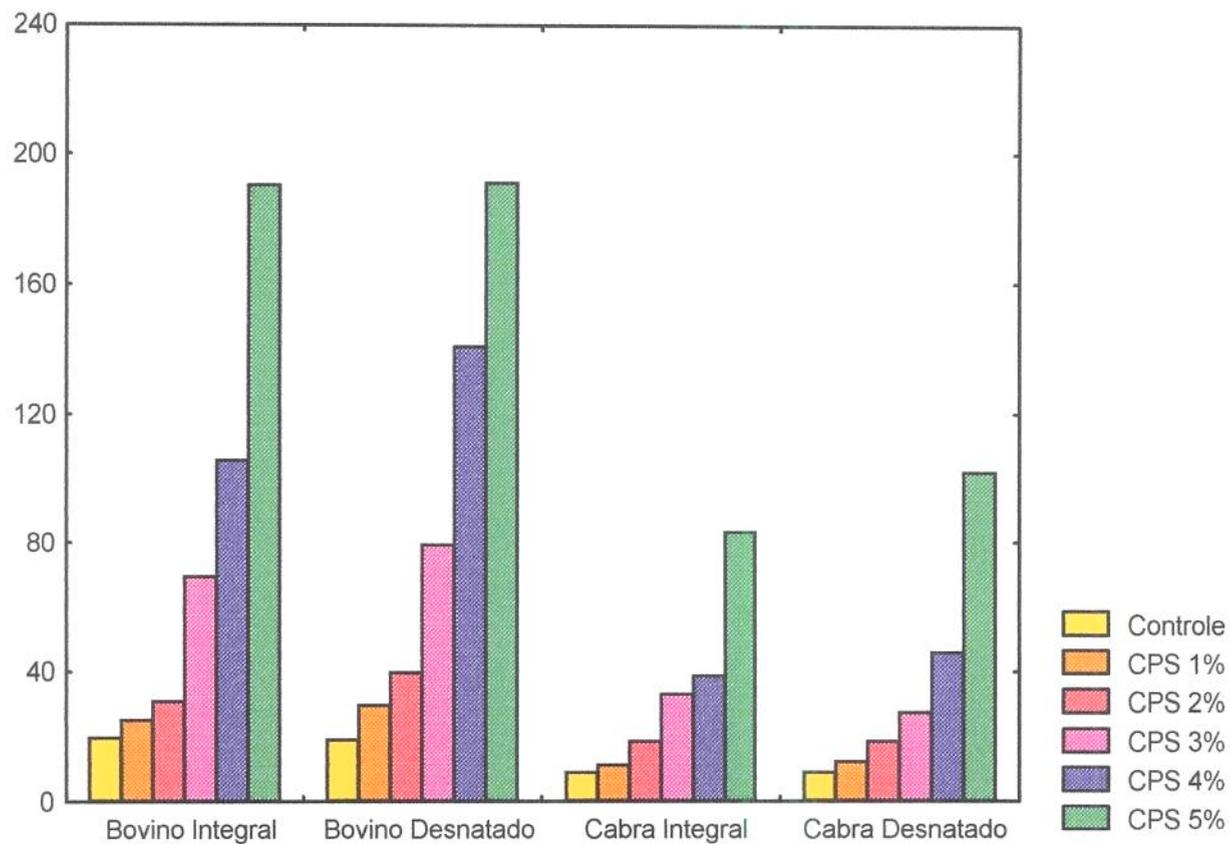
Textura é uma manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais e mecânicas dos alimentos, detectada através de sentidos de visão, audição, tato e cinestéticos (SZCZESNIAK , 1963).

As propriedades de textura estão relacionadas com a deformação, desintegração e escoamento do alimento quando submetido à uma determinada força. Elas são medidas objetivas em função do tempo, massa e distância ( GIESE, 1995). Entretanto na escolha dos parâmetros, deve-se considerar as características do material testado.

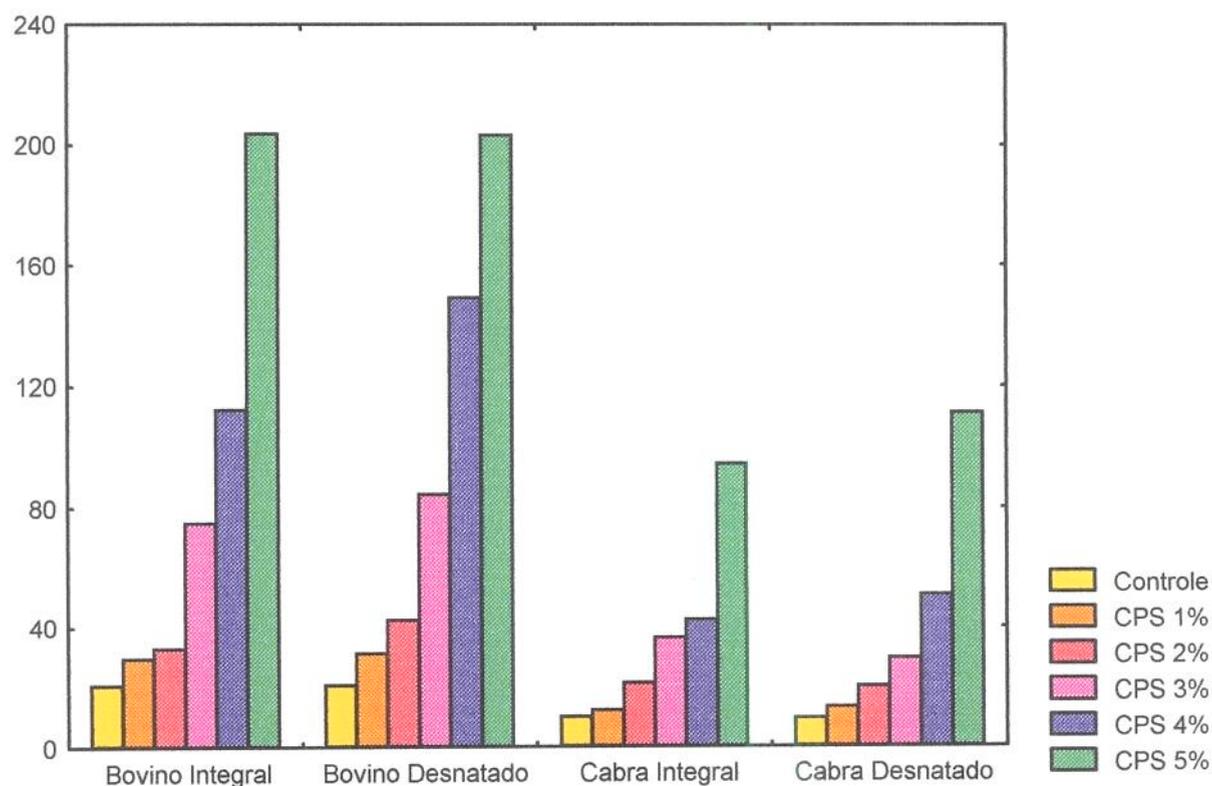
Os resultados apresentados nas figuras 19, 20 e 21 e nos Anexos 10, 11 e 12 , mostram os valores médios obtidos na determinação dos parâmetros do perfil de textura ora selecionados para este estudo.



**Figura 19** Característica da dureza dos iogurtes em função da porcentagem de adição de CPS



**Figura 20** Característica da mastigabilidade dos iogurtes em função da porcentagem de adição de CPS.



**Figura 21** Característica da gomosidade dos iogurtes em função da porcentagem de adição de CPS.

Diferenças significativas foram observadas nos parâmetros de textura dos iogurtes produzidos. Maior influência se fez sentir em relação as medidas de dureza, as quais variaram de  $40,90 \pm 5,02\text{g}$  (controle) a  $379,80 \pm 9,82\text{ g}$  (5% CPS),  $47,52 \pm 5,92\text{g}$  (controle) a  $441,00 \pm 3,74\text{g}$  (5% CPS),  $13,66 \pm 0,17\text{g}$  (controle) a  $185,54 \pm 3,76\text{g}$  (5% CPS) e  $12,66 \pm 2,71$  (controle) a  $234,96 \pm 5,56\text{g}$  (5% CPS), para iogurtes manufacturados com leites bovino integral, bovino desnatado, cabra integral e cabra desnatado, respectivamente. Diferenças em função da porcentagem de adição de CPS, também foram notadas nas medidas de mastigabilidade e gomosidade.

Os iogurtes que tiveram adição de CPS, apresentaram corpo mais firme e não apresentaram dessoragem. Esses resultados vão de encontro aos obtidos por ANON (1980), e, RENNER & EISELT-LOMB (1985), que observaram que iogurtes produzidos a partir de concentrados protéicos obtidos por ultrafiltração possuem maior viscosidade e corpo e não apresentam sinérese.

Detectou-se que o incremento da concentração de CPS, provoca grandes alterações na consistência do iogurte. Independentemente do tipo de leite utilizado o melhor resultado foi alcançado quando se utilizaram quantidades de concentrado protéicos de soro em até 3%, uma vez que acima desta concentração, os iogurtes se apresentaram com corpos muito firmes, assemelhando-se a consistência de "pudins".

A consistência é um atributo importante na avaliação da qualidade do iogurte e está diretamente ligada à fatores como: tratamento térmico do leite, tipo e quantidade de sólidos totais adicionados ao leite, espécie do leite, tipo de cultura e condições de incubação.

## 5 CONCLUSÃO

- 1 - É possível produzir iogurtes de qualidade com um maior teor de proteínas, sólidos totais e menor quantidade de gordura, através da adição de CPS ;
- 2 - O CPS (CALPRO-8002), adicionado ao leite no processo de fabricação de iogurte, mostrou-se como um eficiente ingrediente para a obtenção de um produto final com características satisfatórias ;
- 3 - O uso de CPS não afetou o aspecto visual dos iogurtes quando adicionados em teores de até 3% ;

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD EL SALAM, M. H., EL-SHIBNY, S., MAHFOUZ, M. B.; EL-DEIN, H. F., EL-ATRIBY, H. M. , ANTILA, V. 1991. Preparation of whey protein concentrate from salted whey and its use in yogurt. **J. Dairy Res.** 58: 503-510.
- AGGARWAL, M. L. 1974. Manufacturing yogurt from goat milk. **Cult. Dairy Prod. J.** 9(3): 10.
- ALAIS, C. 1970. **Ciencias de la leche : principios de tecnica lechera.** Barcelona , Continental, 593 p .
- AMBROSOLI, R ; STASIO, L ; MAZZACCO, P. 1988 . Content of alfa S<sub>1</sub>-caseina and coagulation properties in goat milk. **J. Dairy Sci.** 71(1): 24 - 28
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1992. **Standard Methods for Examination of Dairy Products**, 16 th edition.
- ANON. 1980. "Processamento de leite desnatado por ultrafiltração e hiperfiltração". **Revista do I.L.C.T.** 35 (212) : 41-45.
- ANTUNES, A. J. 1998 . Comunicação Pessoal

- AOAC. 1980. "Official Methods of Analysis," 3rd (Ed). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- ATHERTON, H. V. , NEWLANDER, J. A. 1981. **Chemistry and testing of dairy products**. AVI Publishing Company, 2<sup>a</sup>. ed., Westport, 396p.
- BECKER, H. C. , MILNER, R. T. , NAGEL, R. H. 1940. A method for the determination of non protein nitrogen in soybean meal. **Cereal Chem.** 17: 447-457.
- BENEZECH, T. ; MAINGONNAT, J. F. 1994. Characterization of the rheological properties of yogurt - a review . **J. Food Eng.** 21(4): 447 - 472 .
- BOURNE, M. C. 1978. Texture profile analysis. **Food Technol.** 32(7): 62-66.
- BRASIL , Leis, etc. Decreto n° 30.691 de março de 1952. Regulamento inspeção industrial e sanitária dos produtos de origem animal. da **Diário Oficial da União** , Rio de Janeiro , 7 de julho de 1952.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. 1980. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (aprovado pelo Decreto n° 30691, de 20/3/52, alterado pelo Decreto n° 1255, de 25/6/52)**. Brasília, 66p.
- BONASSI, J. A. 1987. Leite de cabra : característica e tecnologia. **Rev. do I. L. C. T.** . Juiz de Fora, 42(251) : 17-21.

- BROOME, M. C. , WILLIAN. N. , ROGINSKI H. , HICKEY, M. W. 1982. The use of cheese whey protein concentrate in the manufacture of skim milk yoghurt. **Aust. J. Dairy. Technol.** 37 (4) : 139 - 142.
- CARUSO, J. G. B. , OLIVEIRA, A. J. ( s.d. ) . Leite : obtenção , controle de qualidade e processamento. São Paulo : Secretaria da Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo.
- CÉSAR , F. B. , ROIG, S. M. 1987. Efeito da pectina cítrica na fabricação de iogurte. **Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, 42(251) : 24 - 26.
- CHAMBERS, J. V. 1979. Culture and processing techniques important to the manufacture of good quality yogurt. **Cultured Dairy Products Journal.** 14 (2) : 28-29 , 31-33.
- COTTENIE, J. 1978. Yogurt processing in Europe. **Cult. Dairy Pro. J.** 13 (4): 6-10.
- CHRISTIANINI, M. , ROIG, S. M. 1987. Uso de sólidos de soro de queijo na fabricação de iogurte. **Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes** , Juiz de Fora, 42(250) : 41 - 44.
- DAVIS, J. G. 1971 Standards for yogurt. **Dairy Ind.** 36: 456-562.
- De WITT, J. N. 1981. Structure and functional behavior of whey protein. **Neth. Milk Dairy J.** 35: 47-65.

- De WIT, J. N. 1989. Functional properties of whey proteins. In: **Developments in Dairy Chemistry - 4**. Fox, P.F. (Ed), p.285-321. Elsevier Applied Science, New York.
- De WIT, J. N. 1989a. The use of whey protein products. In: **Developments in Dairy Chemistry - 4**, Fox, P. F. (Ed), p.323-345. Elsevier Applied Science, New York.
- DUAME, H. E. 1979. "Marking marketable yogurts". **Dairy Field** 162 (12):92-96.
- DUITSCHAEVER, C. L. 1978. Yoghurt from goat milk . **Cult. Dairy Prod. J.** 13 (4) : 20-23 .
- EL - NESAWY, A. A. , EL - SAFIE, N. M. 1989. Quality of zabadi made from cow's milk fortified with whey and soy protein. **Dairy Sci. Abstr.** 51(8).
- FENNEMA, O. 1965. **Food Chemistry**. Marcel Dekker Inc., New York , p.796.
- FIL – IDF . 1981 . Membrane processes guidelines for testing of equipment : terms and definitions. **Bulletin International Dairy Federation** . Brussels, 134 : 1-11
- FLANAGAN , J. F. , HOLSINGER , V. H. 1985. Procedure for making yoghurt and cheese from goat's milk on the small farm. **Cult . Dairy Prod. J.** 20(2) : 6 - 7.
- FOX, P. F. 1989. The milk protein system. In: **Developments in Dairy Chemistry**. Vol. 4, Fox , P. F. (Ed), p.1-53. Elsevier Applied Science, New York.

- GIESE, J. 1994. Proteins as ingredients: types, functions, applications. **Food Technol.** 48(10): 50-60 .
- GIESE, J. 1995. Measuring physical properties of food. **Food Technol.** 49(2) : 54-63.
- GOMES, M. I. F. V. , BONASSI, I. A. , ROÇA, R. O. 1997. Características químicas, microbiológicas e sensoriais do leite de cabra congelado. **Ciêñ. Tecnol. Alim.** 17(2): 111 - 114 .
- GREIG, R. I. W. , HARRIS, A. J. 1983. Use of whey protein in yogurt. **Dairy Ind. Int.** 48(10):17-19.
- GREIG, R. I. W. , VAN KAN, J . 1984. Effect of whey protein concentrate on fermentation of yoghurt. **Dairy Ind. Int.**49 (10) : 28 - 29.
- GUIMARÃES, M. P. S. L. M. 1990. Características físico-químicas e microbiológicas do leite caprino : uso do CMT. **Agrop. Alter.** 4 (24) : 17.
- GUINEE, T. P. , MULLINS, C. G. , REVILLE, M. P. C. 1995. Physical properties of stirred-curd unsweeteners yoghurts stabilized with different dairy ingredients. **Michwss.** 50(4): 196 - 200 .
- GUIRGUIS, N. , BROOME, M. C. , HICKEY, M. W. 1984. The effect of partial replacement of Skim Milk Powder with Whey Protein Concentrate on the Viscosity and Syneresis of Yoghurt . **The Aust. J. Dairy Technol.**39(1): 33 - 35.

- GUPTA , V. K. , THAPA , T. B. 1991. Application of whey protein concentrates in food industry - a review . **Indian J. Dairy Sci.** 44 (1): 104 - 110 .
- HARPER, W. J. 1984. Whey proteins. **Food Technol.** 19(5): 21.
- HARRIS, B. , RICHTER, R. L. , VERLUND, S. (s.d). **Dairy goat production guide**. Gainesville, Florida Cooperative Extension Service, 14p. ( circular 452)
- HARTMAN , G.H. 1975. The use of whey manufactured of yogurt. **Cult. Dairy. J.** 10(2) : 6-8.
- HIGGINS, J. J. , LYNN, R. D. , SMITH, J. F. , MARSHALL. , K. R. 1995 . Protein standardization of milk products. **Bull Int. Dairy Fed.** 304, 26 - 39.
- HOVEN, M. 1987. Functionality of dairy ingredients in meat products. **Food Technol.** 41(10): 72-103 .
- HUFFMAN, L. M. 1996. Processing whey protein for use as a food ingredient. **Food Technol.** 50(2): 49 - 52 .
- IBGE, 1995. **Anuário Estatístico do Brasil**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro.
- JELEN, P. 1979. Industrial whey processing : an overview. **J. Agric. Food Chem.** 27: 658 .
- JELEN, P. , BUCHHEIM, W. , PETERS, K. H. 1987. Heat stability and use of milk with modified casein/whey protein content. **Michwss..** 42:418-421.

- JENNESS, R. 1980. Composition and characteristics of goat milk : review 1968 - 1979. **J. Dairy Sci.** 63(10): 1605 - 1630 .
- JENNESS, R. 1988. Composition of milk. In: **Fundamentals of dairy chemistry**. WONG, N. P. (Ed.), 1-38p. Van Nostrand, New York.
- JENSEN, G. K., IPSEN, R. H., ILSOE, G. 1987. Functionality and application of dairy ingredients in dairy products. **Food Technol.** 41(10) : 66-70 .
- JOHNSON, H. A. 1974. The composition of milk. In: **Fundamentals of dairy chemistry**. Vol. 4, Webb, B. H. , Johnson, A. H. , Alford, J. A. (Eds). p.1-45, AVS Publishing Co. Westport.
- JOSEPHSON, R. V. , RIZVI, S. S. H. , HARPER, W. J. 1975. Composition differences in whey systems. **J. Food Sci.** 40 : 479 .
- JUAREZ, M. , RAMOS, M. 1986. Physico-chemical characteristics of goat's milk as distinct from those cow's milk . **Inter. Dairy Fed.** 202 : 54-67 .
- KALAB, M. 1979. Microstructure of dairy foods. 1 - milk products based on protein. **J. Dairy Sci.** 62(8): 1353-1363.
- KINSELLA, J. E. 1976. Functional properties of proteins in foods : a survey. **CRC Rev. Food. Sci. Nutr.** 21(3) : 197-262 .
- KINSELLA, J. E. 1984. Milk proteins : physicochemical and functional properties. **CRC Rev. Food. Sci. Nutr.** 21(3): 197-262 .

- KINSELLA, J. E. , WHITEHEAD, D. M. , BRADY, J. , BRINGE, N. A. 1989. Milk proteins: possible relationships of structure and function. In: **Developments in Dairy Chemistry**, Vol. 4, Fox, P.F. (Ed), p. 55-95. Elsevier Applied Science, New York.
- KIRKPATRICK , K. J. , FENNWICK. , M. R. , 1987 . Manufacture and general properties of dairy ingredients. **Food Technology** . 41(10) : 58 - 62.
- KOSIKOWISKI, F. 1977. **Cheese and fermented milk foods**. Kosikowiski, F. V. (Ed), 711p, New York.
- KOSIKOWISKI, F. 1982 . Yogurt. In: **Cheese and fermented milk foods**. Kosikowiski, F. V. (Ed), 68-89, New York.
- KURMANN, J. A. 1986. Yogurt made from ewe's and goat's milk. **Bul. Int. Dairy Fed.** 202:153-166.
- LAWSON, M. A. 1994. Milk proteins as food ingredients. **Food Technol.** 48(10) : 101.
- LEMAN, J. , KINSELLA, J. E. 1989. Surface activity, film formation and emulsifying properties of milk proteins. **CRC. Food Sci. Nutr.** 28(2): 115-138.
- LOEWENSTEIN, M. 1978. A goat milk products industry. **Dairy Goat J.** 56(4):56.

- LOEWENSTEIN, M. , SPEAK, S. J. , BARNHART, H. M. , FRANK, J. F. 1980.  
Research on goat milk products : a review . **J. Dairy Sci.** 63(10): 1631-1648.
- LOWRY, O. H. , ROSEBROUGH, N. J. , FARR, H. L. , RANDALL, N. J. 1965.  
Protein measurement with the poliphenol reagent. **J. Biol. Chem.** 193: 265-275.
- LUQUET, F.M. 1991. **Leche y productos lacteos vaca-oveja-cabra. La leche.**  
Acribia, Zaragoza.
- MANJUNATH , N . , ABRAHAN , M. J. 1986. Yoghurt from goat milk. **Asian J. Dairy Res.** 5 (2) : 103 - 107.
- MANN, E. J. 1990. Yogurts. **Dairy Ind. Int .** 55 ( 3 ): 44-45.
- MARSHALL, V. M. , COLE, W. M. , VEGA, J. R. 1982. A yoghurt-like product made by fermenting ultrafiltered milk containing elevated whey proteins with *Lactibacillus acidophilus*. **J. Dairy Res.** 49 - 665 - 670.
- MATTHEWS, M. E. 1978. Compositions of rennet, sulfuric and lactic casein wheys and sulfuric and lactic whey protein concentrate. **N. Z. J. Dairy Sci. Technol.** 13: 149-156 .
- McHUGH, T. H. , KROCHTA, J. M. , 1994. Functionality of dairy ingredients in infant formulas and specialty products. **Food Technol.** , 41 (10) : 91-102.

- MELLO, E. M. , ROIG, S. M. , MORAES, M. A. C. 1987. Uso de soro de queijo concentrado por ultrafiltração em pudim de chocolate. **Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes** , Juiz de Fora , 42(249) : 42 - 45.
- MISTRY, V. V. , HASSAN , H. N. 1992. Manufacture of non-fat yogurt from a high protein power. **J. Dairy Sci** , 75 : 947 - 957.
- MODLER, H. W. , LARMOND, M. E. , LIN, C. S. , FROEHLICH, D. , EMMONS, D. B. 1983. Physical and sensory properties of yogurt stabilized with milk proteins. **J. Dairy Sci** . 66: 422- 429.
- MORR, C. V. , JOSEPHSON, R. V. 1968. Effect of calcium, n-ethylmaleimide and casein upon heat-induced whey protein aggregation. **J. Dairy Sci.** 51: 1349.
- MORR, C. V. , SWENSON, P. E. , RICHTER, R. L. 1973. Functional characteristics of whey protein concentrates. **J. Food Sci** , 38 : 324 - 330.
- MORR, C. V. 1984. Production and use of milk proteins in food. **Food Technol.** 38(7): 39 - 48.
- MORR, C. V. 1989. Whey proteins: manufacture. In : **Developments in dairy chemistry, Vol. 4.** Fox, P.F. (Ed), p.245-283. Elsevier Applied Science, New York.
- MORR, C.V. , FOEGEDING, E. A. 1990. Composition and functionality of commercial whey and milk protein concentrates and isolates : a status report. **Food Technol.** 44,100.

- MULHIVILL, M. D. 1989. Casein and caseinates: manufacture. In: **Developments in dairy chemistry**. Vol. 4, FOX, P.F. (Ed), p97-130. Elsevier Applied Science, New York.
- NETO, M. J. J. , ALMEIDA, J. E. 1993. Levantamento da situação da caprinocultura no Estado de São Paulo. **Zootec.** 31(1): 29 - 46 .
- OLMEDO, R. G. , ESTEVEZ, A. C. , ORTIZ, M. A. 1980. La leche de cabra en las economías mundial y española. **Rev. Espan. Lech.** (117 ): 153 - 158.
- PARK, Y. M. 1991. Relative buffering capacity of goat milk, cow milk, soy based infant formulas, and commercial non-prescription antacid drugs. **J. Dairy Sci.** 74: 3326 - 3333.
- PARKASH, J., JENNESS, R. 1968. The composition and characterization of goat's milk. A review. **Dairy Sci. Abst.** 230: 67-87.
- PENNA, A. L. B. , OLIVEIRA, M. N. , BARUFFALDI, R. 1997. Análise de consistência de iogurte : correlação entre medida sensorial e instrumental . **Ciên. Tecnol. Alim.** 17(2 ): 98 - 101.
- RASIC, J. L. , KURMANN, J. A. 1978. **Yoghurt: scientific grounds, technology, manufacturing and preparation**. Technical Dairy Publ. House, Copenhagen, 450p.
- RATTRAY, W. , JELEN, P. 1996. Protein standardization of milk and dairy products. **Trends Food. Sci. Technol.** 7: 227-234.

- RENNER, E. , EISELT-LOMB, U. 1985. Investigations on the protein fortification of yoghurt. 1. Effect on the ripening behavior. **Milchwissenschaft**. 40 (7) : 388 - 390.
- RIBEIRO, E. P., MORAES, M. A. C. , ROIG, S. M. 1987. Utilização de misturas de extrato hidrosolúvel de soja com leite de vaca para a fabricação de iogurte. **Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes** , Juiz de Fora , 42(251) : 9 - 14.
- ROBINSON, R. K. , TAMINE, A. Y. 1975. Yoghurt - a review of the product and its manufacture. **Journal of the Society of Dairy Technology**. 28(3) : 149 - 163.
- ROBINSON, R. K. , TAMINE, A. Y. 1986. The role of protein in yoghurt. In: **Developments in Food Proteins**, Vol. 4, Hudson, B.I.F.(Ed),p 1-35, New York .
- ROBINSON, R. K. , VLAHOPOULOU, I. 1988. Goat' s milk utilization for fermented milk products. **Dairy Ind. Int.** 53(12): 33-35.
- SALJI, J. P. 1989. The miracle food. **Food Sci. Technol.** 3(4): 228-231.
- SAVELLO, P. A. , DARGAN, R. A . 1995. Improved yogurt physical properties using ultrafiltrated and very-high temperature heating. **Michwss**, 50(2):86-90.
- SCHMIDT, R. H. , PACKARD, V. S. , MORRIS, H. A. 1984. Effect of processing on whey protein functionality. **J. Dairy Sci.** 67: 2723-2733.

- SOUZA, G. 1990. Fatores que controlam o corpo e textura dos iogurtes comerciais. **Col. do I.T.A.L.** 21(1) : 105 - 110.
- SPURGEON , K. R. 1976. Uses of whey in confectionery, dairy, and other foods. **Cult Dairy Prod J.** 45: 8-13.
- SZCZESNIAK, A. S. 1963. Classification of textural characteristics. **J. Food Sci.** 28 : 385 - 389.
- SZCZESNIAK , A . S . 1998. Sensory texture profiling - historical and scientific perspective. **Food Technol.** 52 (8 ) : 54 - 57.
- TAMINE, A. Y. , DEETH, H. C. 1980. Yogurt : technology and biochemistry. **J. Food Protec.** 43(12): 939-977 .
- TAMINE, A. Y. , ROBINSON, R. K. 1991. **Yogur: Ciencia y tecnologia.** p. 368, Acribia, Zaragoza.
- TEIXEIRA NETO, R. O. , VANDENDER , A. G. F. , BARBIERI, M. K. , EIROA, M. N. U. , MOURA, S. C. R. 1997. Pasteurização do leite na própria embalagem em banho-maria. **Ciênc. Tecn. Alim** , 17 (2) : 142 - 147.
- TRATNIK, L. , KERSEV , L. 1988. Production of fermented beverages from milk with demineralized whey. **Milchwiss.** , 43 (11) : 695 - 698.
- VEDAMUTHU, E. R. 1992. The yogurt story - past, present and future. **Dairy Food Environ. Sanit.** 12(6): 351-354 .

- WANISKA, R. D. , SHETTY, J. K. , KINSELLA, J. E. 1981. Protein-stabilized emulsions: effects of modification on the emulsifying activity of bovine serum albumin in a model system. **J. Agric. Food Chem.** 29: 826.
- WHITNEY, R. M. 1988. Proteins of milk. In: **Fundamentals of dairy chemistry.** WONG, N. P. (Ed), p.81-168 .Von Nostrand Reinhold, New York.
- WONG, D. W. S. , CAMIRAND, W. M. , PAVLATH, A. E. 1996. Structures and functionalities of milk proteins . **CRC. Rev. Food Sci Nutr.** 36(8): 807-844.
- YEAGER, C. 1975. Yogurt processing methods. **Cult. Dairy Prod. J.** 10:

**ANEXO 1** Abaixamento do pH em função do tempo de fermentação do iogurte elaborado à partir do leite bovino integral .

Tempo (min)	Controle	1%	2%	3%	4%	5%
$t_0 - 0$	6,29 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,25 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,32 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,31 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,29 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,28 ± 0,01 <sup>a</sup>
$t_1 - 45$	6,26 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,25 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,28 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,13 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,19 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,18 ± 0,01 <sup>b</sup>
$t_2 - 90$	5,93 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,05 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,13 ± 0,00 <sup>c</sup>	6,09 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,12 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,14 ± 0,01 <sup>c</sup>
$t_3 - 135$	5,25 ± 0,01 <sup>d</sup>	5,47 ± 0,02 <sup>c</sup>	5,91 ± 0,02 <sup>d</sup>	5,85 ± 0,01 <sup>d</sup>	5,83 ± 0,01 <sup>d</sup>	5,91 ± 0,02 <sup>d</sup>
$t_4 - 180$	4,83 ± 0,01 <sup>e</sup>	5,02 ± 0,02 <sup>d</sup>	5,37 ± 0,01 <sup>e</sup>	5,22 ± 0,01 <sup>e</sup>	5,28 ± 0,01 <sup>e</sup>	5,42 ± 0,01 <sup>e</sup>
$t_5 - 225$	4,28 ± 0,00 <sup>f</sup>	4,32 ± 0,01 <sup>e</sup>	4,89 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,68 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,70 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,75 ± 0,01 <sup>f</sup>
$t_6 - 270$	3,94 ± 0,01 <sup>g</sup>	3,98 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,40 ± 0,01 <sup>g</sup>	4,26 ± 0,01 <sup>g</sup>	4,30 ± 0,01 <sup>g</sup>	4,39 ± 0,01 <sup>g</sup>
$t_7 - 315$	3,77 ± 0,01 <sup>h</sup>	3,80 ± 0,01 <sup>g</sup>	4,19 ± 0,01 <sup>h</sup>	4,09 ± 0,02 <sup>h</sup>	4,08 ± 0,01 <sup>h</sup>	4,13 ± 0,01 <sup>h</sup>
$t_8 - 360$	3,67 ± 0,01 <sup>i</sup>	3,69 ± 0,01 <sup>h</sup>	3,95 ± 0,01 <sup>i</sup>	3,87 ± 0,01 <sup>i</sup>	3,87 ± 0,00 <sup>i</sup>	3,94 ± 0,01 <sup>i</sup>

letras com sobrescritos distintos, em colunas, indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos em função da variação do tempo ( Teste de Tukey ,  $p < 0,05$  )

**ANEXO 2** Abaixamento do pH em função do tempo de fermentação do iogurte elaborado à partir do leite bovino desnatado :

Tempo (min)	Controle	1%	2%	3%	4%	5%
t <sub>0</sub> - 0	6,36 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,42 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,46 ± 0,04 <sup>a</sup>	6,46 ± 0,00 <sup>a</sup>	6,50 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,46 ± 0,01 <sup>a</sup>
t <sub>1</sub> - 45	6,40 ± 0,03 <sup>b</sup>	6,45 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,44 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,43 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,41 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,43 ± 0,01 <sup>a</sup>
t <sub>2</sub> - 90	6,17 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,24 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,34 ± 0,02 <sup>b</sup>	6,3 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,30 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,40 ± 0,01 <sup>b</sup>
t <sub>3</sub> - 135	5,89 ± 0,01 <sup>d</sup>	5,85 ± 0,01 <sup>d</sup>	5,78 ± 0,01 <sup>c</sup>	5,74 ± 0,01 <sup>d</sup>	5,72 ± 0,01 <sup>d</sup>	5,78 ± 0,01 <sup>c</sup>
t <sub>4</sub> - 180	5,40 ± 0,01 <sup>e</sup>	5,19 ± 0,00 <sup>e</sup>	5,18 ± 0,01 <sup>d</sup>	5,30 ± 0,01 <sup>e</sup>	5,16 ± 0,01 <sup>e</sup>	5,20 ± 0,01 <sup>d</sup>
t <sub>5</sub> - 225	5,09 ± 0,00 <sup>f</sup>	4,76 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,85 ± 0,01 <sup>e</sup>	4,70 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,75 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,74 ± 0,01 <sup>e</sup>
t <sub>6</sub> - 270	4,54 ± 0,01 <sup>g</sup>	4,47 ± 0,01 <sup>g</sup>	4,37 ± 0,00 <sup>f</sup>	4,38 ± 0,00 <sup>g</sup>	4,40 ± 0,02 <sup>g</sup>	4,52 ± 0,01 <sup>f</sup>
t <sub>7</sub> - 315	4,35 ± 0,01 <sup>h</sup>	4,23 ± 0,01 <sup>h</sup>	4,17 ± 0,01 <sup>g</sup>	4,27 ± 0,00 <sup>h</sup>	4,29 ± 0,01 <sup>h</sup>	4,46 ± 0,01 <sup>g</sup>
t <sub>8</sub> - 360	4,12 ± 0,01 <sup>i</sup>	4,09 ± 0,01 <sup>i</sup>	4,08 ± 0,02 <sup>h</sup>	4,22 ± 0,01 <sup>i</sup>	4,24 ± 0,01 <sup>i</sup>	4,35 ± 0,02 <sup>h</sup>

letras com sobrescritos distintos, em colunas, indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos em função da variação do tempo( Teste de Tukey ,  $p < 0,05$  )

**ANEXO 3    Abaixamento do pH em função do tempo de fermentação do iogurte elaborado à partir do leite de cabra integral :**

Tempo (min)	Controle	1%	2%	3%	4%	5%
t <sub>0</sub> - 0	5,87 ± 0,02 <sup>a</sup>	5,78 ± 0,01 <sup>a</sup>	5,79 ± 0,01 <sup>a</sup>	5,78 ± 0,01 <sup>a</sup>	5,99 ± 0,02 <sup>a</sup>	5,93 ± 0,02 <sup>a</sup>
t <sub>1</sub> - 45	5,69 ± 0,01 <sup>b</sup>	5,67 ± 0,02 <sup>b</sup>	5,68 ± 0,03 <sup>b</sup>	5,67 ± 0,03 <sup>b</sup>	5,69 ± 0,02 <sup>b</sup>	5,70 ± 0,03 <sup>b</sup>
t <sub>2</sub> - 90	5,39 ± 0,02 <sup>c</sup>	5,43 ± 0,02 <sup>c</sup>	5,54 ± 0,02 <sup>c</sup>	5,58 ± 0,02 <sup>c</sup>	5,56 ± 0,01 <sup>c</sup>	5,57 ± 0,01 <sup>c</sup>
t <sub>3</sub> - 135	5,04 ± 0,03 <sup>d</sup>	5,03 ± 0,02 <sup>d</sup>	5,09 ± 0,04 <sup>d</sup>	5,10 ± 0,03 <sup>d</sup>	5,12 ± 0,02 <sup>d</sup>	5,22 ± 0,02 <sup>d</sup>
t <sub>4</sub> - 180	4,86 ± 0,03 <sup>e</sup>	4,68 ± 0,02 <sup>e</sup>	4,75 ± 0,03 <sup>e</sup>	4,81 ± 0,03 <sup>e</sup>	4,48 ± 0,01 <sup>e</sup>	4,54 ± 0,03 <sup>e</sup>
t <sub>5</sub> - 225	4,56 ± 0,03 <sup>f</sup>	4,18 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,00 ± 0,07 <sup>f</sup>	4,29 ± 0,02 <sup>f</sup>	3,91 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,07 ± 0,03 <sup>f</sup>
t <sub>6</sub> - 270	4,07 ± 0,03 <sup>g</sup>	3,81 ± 0,03 <sup>g</sup>	3,54 ± 0,02 <sup>g</sup>	3,77 ± 0,01 <sup>g</sup>	3,71 ± 0,05 <sup>g</sup>	3,82 ± 0,01 <sup>g</sup>
t <sub>7</sub> - 315	3,45 ± 0,01 <sup>h</sup>	3,45 ± 0,03 <sup>h</sup>	3,36 ± 0,01 <sup>h</sup>	3,46 ± 0,01 <sup>h</sup>	3,42 ± 0,02 <sup>h</sup>	3,62 ± 0,01 <sup>h</sup>
t <sub>8</sub> - 360	3,21 ± 0,02 <sup>i</sup>	3,27 ± 0,02 <sup>i</sup>	3,22 ± 0,01 <sup>i</sup>	3,39 ± 0,01 <sup>i</sup>	3,37 ± 0,02 <sup>i</sup>	3,55 ± 0,02 <sup>i</sup>

letras com sobrescritos distintos, em colunas, indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos em função da variação do tempo( Teste de Tukey ,  $p < 0,05$  )

**ANEXO 4** Abaixamento do pH em função do tempo de fermentação do iogurte elaborado à partir do leite de cabra desnatado :

Tempo (min)	Controle	1%	2%	3%	4%	5%
t <sub>0</sub> - 0	6,18 ± 0,00 <sup>a</sup>	6,16 ± 0,02 <sup>a</sup>	6,27 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,28 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,26 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,25 ± 0,01 <sup>a</sup>
t <sub>1</sub> - 45	6,00 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,10 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,18 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,20 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,18 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,17 ± 0,01 <sup>b</sup>
t <sub>2</sub> - 90	5,86 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,06 ± 0,02 <sup>c</sup>	5,99 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,10 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,12 ± 0,00 <sup>c</sup>	6,13 ± 0,01 <sup>c</sup>
t <sub>3</sub> - 135	5,36 ± 0,01 <sup>d</sup>	5,61 ± 0,00 <sup>d</sup>	5,69 ± 0,01 <sup>d</sup>	5,81 ± 0,01 <sup>d</sup>	5,85 ± 0,01 <sup>d</sup>	5,72 ± 0,01 <sup>d</sup>
t <sub>4</sub> - 180	4,92 ± 0,01 <sup>e</sup>	4,83 ± 0,01 <sup>e</sup>	4,98 ± 0,01 <sup>e</sup>	5,11 ± 0,01 <sup>e</sup>	4,89 ± 0,01 <sup>e</sup>	4,92 ± 0,01 <sup>e</sup>
t <sub>5</sub> - 225	4,34 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,13 ± 0,02 <sup>f</sup>	4,29 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,44 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,22 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,38 ± 0,01 <sup>f</sup>
t <sub>6</sub> - 270	3,97 ± 0,00 <sup>g</sup>	3,69 ± 0,01 <sup>g</sup>	3,91 ± 0,01 <sup>g</sup>	4,04 ± 0,01 <sup>g</sup>	3,93 ± 0,01 <sup>g</sup>	4,04 ± 0,01 <sup>g</sup>
t <sub>7</sub> - 315	3,71 ± 0,01 <sup>h</sup>	3,48 ± 0,01 <sup>h</sup>	3,77 ± 0,01 <sup>h</sup>	3,83 ± 0,01 <sup>h</sup>	3,73 ± 0,01 <sup>h</sup>	3,78 ± 0,01 <sup>h</sup>
t <sub>8</sub> - 360	3,57 ± 0,01 <sup>i</sup>	3,39 ± 0,01 <sup>i</sup>	3,61 ± 0,01 <sup>i</sup>	3,68 ± 0,01 <sup>i</sup>	3,65 ± 0,00 <sup>i</sup>	3,70 ± 0,01 <sup>i</sup>

letras com sobrescritos distintos, em colunas, indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos em função da variação do tempo( Teste de Tukey ,  $p < 0,05$  )

**ANEXO 5      Desenvolvimento da acidez titulável (% de ácido láctico) obtida durante o processo de fermentação do iogurte elaborado à partir do leite bovino integral :**

Tempo (min)	Controle	1%	2%	3%	4%	5%
t <sub>0</sub> - 0	0,15 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,19 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,01 <sup>a</sup>
t <sub>1</sub> - 45	0,16 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,01 <sup>a</sup>
t <sub>2</sub> - 90	0,18 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,01 <sup>a</sup>
t <sub>3</sub> - 135	0,27 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,29 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,30 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,31 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,31 ± 0,01 <sup>b</sup>
t <sub>4</sub> - 180	0,44 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,45 ± 0,00 <sup>c</sup>	0,37 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,46 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,51 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,48 ± 0,01 <sup>c</sup>
t <sub>5</sub> - 225	0,59 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,66 ± 0,02 <sup>d</sup>	0,54 ± 0,02 <sup>d</sup>	0,67 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,73 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,68 ± 0,01 <sup>d</sup>
t <sub>6</sub> - 270	0,72 ± 0,00 <sup>f</sup>	0,80 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,67 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,84 ± 0,02 <sup>e</sup>	0,88 ± 0,03 <sup>e</sup>	0,86 ± 0,01 <sup>e</sup>
t <sub>7</sub> - 315	0,81 ± 0,00 <sup>g</sup>	0,90 ± 0,02 <sup>f</sup>	0,78 ± 0,02 <sup>f</sup>	0,93 ± 0,01 <sup>f</sup>	1,00 ± 0,01 <sup>f</sup>	0,91 ± 0,03 <sup>f</sup>
t <sub>8</sub> - 360	0,86 ± 0,00 <sup>h</sup>	0,97 ± 0,01 <sup>g</sup>	0,87 ± 0,01 <sup>g</sup>	1,00 ± 0,02 <sup>g</sup>	1,09 ± 0,00 <sup>g</sup>	1,08 ± 0,02 <sup>g</sup>

letras com sobrescritos distintos, em colunas, indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos em função da variação do tempo( Teste de Tukey , p < 0,05 )

**ANEXO 6** Desenvolvimento da acidez titulável (% de ácido láctico) obtida durante o processo de fermentação do iogurte elaborado à partir do leite bovino desnatado .

Tempo (min)	Controle	1%	2%	3%	4%	5%
$t_0 - 0$	0,17 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,01 <sup>a</sup>
$t_1 - 45$	0,16 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,01 <sup>ab</sup>	0,27 ± 0,01 <sup>a</sup>
$t_2 - 90$	0,18 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,28 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,29 ± 0,01 <sup>a</sup>
$t_3 - 135$	0,24 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,27 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,34 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,36 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,41 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,43 ± 0,01 <sup>b</sup>
$t_4 - 180$	0,33 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,48 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,55 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,56 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,69 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,68 ± 0,01 <sup>c</sup>
$t_5 - 225$	0,42 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,67 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,71 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,80 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,86 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,87 ± 0,01 <sup>d</sup>
$t_6 - 270$	0,72 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,83 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,92 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,96 ± 0,01 <sup>f</sup>	1,02 ± 0,00 <sup>f</sup>	1,04 ± 0,01 <sup>e</sup>
$t_7 - 315$	0,78 ± 0,02 <sup>f</sup>	0,89 ± 0,01 <sup>f</sup>	1,01 ± 0,01 <sup>f</sup>	1,04 ± 0,01 <sup>g</sup>	1,07 ± 0,01 <sup>g</sup>	1,11 ± 0,01 <sup>f</sup>
$t_8 - 360$	0,86 ± 0,01 <sup>g</sup>	0,95 ± 0,01 <sup>g</sup>	1,08 ± 0,00 <sup>g</sup>	1,11 ± 0,01 <sup>h</sup>	1,17 ± 0,01 <sup>h</sup>	1,17 ± 0,01 <sup>g</sup>

letras com sobrescritos distintos, em colunas, indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos em função da variação do tempo( Teste de Tukey ,  $p < 0,05$  )

**ANEXO 7 Desenvolvimento da acidez titulável (% de ácido láctico) obtida durante o processo de fermentação do iogurte elaborado à partir do leite de cabra integral .**

Tempo (min)	Controle	1%	2%	3%	4%	5%
$t_0 - 0$	0,16 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,31 ± 0,02 <sup>a</sup>
$t_1 - 45$	0,17 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,32 ± 0,01 <sup>a</sup>
$t_2 - 90$	0,18 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,01 <sup>ab</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,29 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,33 ± 0,01 <sup>a</sup>
$t_3 - 135$	0,25 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,27 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,34 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,36 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,36 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,38 ± 0,02 <sup>b</sup>
$t_4 - 180$	0,40 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,40 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,49 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,52 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,68 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,64 ± 0,03 <sup>c</sup>
$t_5 - 225$	0,58 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,65 ± 0,02 <sup>d</sup>	0,78 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,66 ± 0,03 <sup>d</sup>	0,82 ± 0,02 <sup>d</sup>	0,77 ± 0,00 <sup>d</sup>
$t_6 - 270$	0,72 ± 0,00 <sup>e</sup>	0,79 ± 0,02 <sup>e</sup>	0,90 ± 0,00 <sup>e</sup>	0,86 ± 0,02 <sup>e</sup>	1,04 ± 0,02 <sup>e</sup>	0,92 ± 0,02 <sup>e</sup>
$t_7 - 315$	0,86 ± 0,01 <sup>f</sup>	0,91 ± 0,01 <sup>f</sup>	1,00 ± 0,01 <sup>f</sup>	10,03 ± 0,02 <sup>f</sup>	1,14 ± 0,01 <sup>f</sup>	1,05 ± 0,02 <sup>f</sup>
$t_8 - 360$	0,98 ± 0,02 <sup>g</sup>	1,02 ± 0,05 <sup>g</sup>	1,10 ± 0,00 <sup>g</sup>	1,13 ± 0,03 <sup>g</sup>	1,16 ± 0,05 <sup>f</sup>	1,10 ± 0,02 <sup>g</sup>

letras com sobrescritos distintos, em colunas, indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos em função da variação do tempo( Teste de Tukey ,  $p < 0,05$  )

**ANEXO 8** Desenvolvimento da acidez titulável (% de ácido láctico) obtida durante o processo de fermentação do iogurte elaborado à partir do leite de cabra desnatado :

Tempo (min)	Controle	1%	2%	3%	4%	5%
$t_0 - 0$	0,17 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,17 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,00 <sup>a</sup>
$t_1 - 45$	0,17 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,01 <sup>a</sup>
$t_2 - 90$	0,19 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,20 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,02 <sup>a</sup>
$t_3 - 135$	0,25 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,25 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,28 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,29 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,35 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,38 ± 0,01 <sup>b</sup>
$t_4 - 180$	0,38 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,47 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,51 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,50 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,65 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,65 ± 0,01 <sup>c</sup>
$t_5 - 225$	0,57 ± 0,01 <sup>e</sup>	0,77 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,75 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,74 ± 0,02 <sup>d</sup>	0,89 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,94 ± 0,01 <sup>d</sup>
$t_6 - 270$	0,68 ± 0,01 <sup>f</sup>	0,91 ± 0,02 <sup>e</sup>	0,92 ± 0,02 <sup>e</sup>	0,91 ± 0,01 <sup>e</sup>	1,02 ± 0,02 <sup>c</sup>	1,09 ± 0,02 <sup>e</sup>
$t_7 - 315$	0,81 ± 0,01 <sup>g</sup>	1,05 ± 0,01 <sup>f</sup>	1,01 ± 0,01 <sup>f</sup>	1,03 ± 0,01 <sup>f</sup>	1,17 ± 0,02 <sup>f</sup>	1,17 ± 0,05 <sup>f</sup>
$t_8 - 360$	0,85 ± 0,01 <sup>h</sup>	1,14 ± 0,03 <sup>g</sup>	1,09 ± 0,01 <sup>g</sup>	1,10 ± 0,01 <sup>g</sup>	1,25 ± 0,02 <sup>g</sup>	1,23 ± 0,03 <sup>f</sup>

letras com sobrescritos distintos, em colunas, indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos em função da variação do tempo (Teste de Tukey ,  $p < 0,05$ )

**ANEXO 9** Percentagem de sólidos totais e proteína bruta em iogurtes elaborados com leites bovino integral e desnatado, e cabra integral e desnatado .

**BOVINO INTEGRAL**

	Sólidos Totais (%)	Proteína Bruta (%)
Controle	11,65 ± 0,04 <sup>a</sup>	3,34 ± 0,01 <sup>a</sup>
WPC 1%	12,31 ± 0,33 <sup>b</sup>	3,76 ± 0,09 <sup>b</sup>
WPC 2%	13,25 ± 0,28 <sup>c</sup>	4,30 ± 0,30 <sup>c</sup>
WPC 3%	14,38 ± 0,05 <sup>d</sup>	5,16 ± 0,08 <sup>d</sup>
WPC 4%	15,23 ± 0,03 <sup>e</sup>	5,84 ± 0,15 <sup>e</sup>
WPC 5%	15,93 ± 0,11 <sup>f</sup>	6,78 ± 0,20 <sup>f</sup>

**BOVINO DESNATADO**

	Sólidos Totais (%)	Proteína Bruta (%)
Controle	8,35 ± 0,06 <sup>a</sup>	3,49 ± 0,11 <sup>a</sup>
WPC 1%	8,94 ± 0,11 <sup>b</sup>	3,95 ± 0,25 <sup>b</sup>
WPC 2%	9,82 ± 0,04 <sup>c</sup>	4,70 ± 0,11 <sup>c</sup>
WPC 3%	10,74 ± 0,04 <sup>d</sup>	5,54 ± 0,31 <sup>d</sup>
WPC 4%	11,51 ± 0,01 <sup>e</sup>	6,18 ± 0,24 <sup>e</sup>
WPC 5%	12,09 ± 0,09 <sup>f</sup>	6,72 ± 0,03 <sup>f</sup>

**CABRA INTEGRAL**

	Sólidos Totais (%)	Proteína Bruta (%)
Controle	10,43 ± 0,03 <sup>a</sup>	2,96 ± 0,13 <sup>a</sup>
WPC 1%	11,22 ± 0,10 <sup>b</sup>	3,14 ± 0,06 <sup>b</sup>
WPC 2%	12,54 ± 0,34 <sup>c</sup>	4,23 ± 0,12 <sup>c</sup>
WPC 3%	13,33 ± 0,18 <sup>d</sup>	4,65 ± 0,07 <sup>d</sup>
WPC 4%	13,89 ± 0,09 <sup>e</sup>	5,13 ± 0,45 <sup>e</sup>
WPC 5%	14,93 ± 0,40 <sup>f</sup>	7,26 ± 0,17 <sup>f</sup>

**CABRA DESNATADO**

	Sólidos Totais (%)	Proteína Bruta (%)
Controle	8,14 ± 0,09 <sup>a</sup>	2,73 ± 0,15 <sup>a</sup>
WPC 1%	8,96 ± 0,05 <sup>b</sup>	3,36 ± 0,08 <sup>b</sup>
WPC 2%	9,75 ± 0,12 <sup>c</sup>	4,04 ± 0,05 <sup>c</sup>
WPC 3%	10,40 ± 0,13 <sup>d</sup>	4,81 ± 0,25 <sup>d</sup>
WPC 4%	11,48 ± 0,17 <sup>e</sup>	5,44 ± 0,28 <sup>e</sup>
WPC 5%	12,54 ± 0,23 <sup>f</sup>	6,58 ± 0,36 <sup>f</sup>

- \* letras com sobrescritos distintos, em colunas, indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos, em função da variação da concentração ( Teste de TUKEY ,  $p < 0,05$  )

**ANEXO 10 Características da dureza (g) dos iogurtes em função percentagem de adição de CPS.**

	Bovino Integral	Bovino Desnatado	Caprino Integral	Caprino Desnatado
Controle	40,90 ± 5,02 <sup>a</sup>	47,52 ± 5,92 <sup>a</sup>	13,66 ± 0,17 <sup>a</sup>	12,66 ± 2,71 <sup>a</sup>
CPS 1%	57,90 ± 0,30 <sup>ab</sup>	65,53 ± 1,74 <sup>a</sup>	17,79 ± 0,62 <sup>a</sup>	19,13 ± 2,39 <sup>a</sup>
CPS 2%	77,70 ± 12,80 <sup>b</sup>	85,56 ± 1,89 <sup>a</sup>	36,50 ± 0,75 <sup>b</sup>	39,04 ± 2,03 <sup>b</sup>
CPS 3%	183,95 ± 19,09 <sup>c</sup>	188,65 ± 12,20 <sup>b</sup>	75,96 ± 2,64 <sup>c</sup>	56,22 ± 1,75 <sup>c</sup>
CPS 4%	231,27 ± 4,21 <sup>d</sup>	304,88 ± 6,40 <sup>c</sup>	96,14 ± 4,25 <sup>d</sup>	108,64 ± 1,03 <sup>d</sup>
CPS 5%	379,80 ± 9,82 <sup>e</sup>	441,00 ± 3,74 <sup>d</sup>	185,54 ± 3,76 <sup>e</sup>	234,16 ± 5,56 <sup>e</sup>

letras com sobrescritos distintos, em colunas, indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos em função da percentagem de adição de CPS (Teste de Tukey ,  $p < 0,05$ ).

**ANEXO 11 Características da mastigabilidade dos iogurtes em função porcentagem de adição de CPS.**

	Bovino Integral	Bovino Desnatado	Caprino Integral	Caprino Desnatado
Controle	19,32 ± 3,00 <sup>a</sup>	18,75 ± 3,03 <sup>a</sup>	9,20 ± 0,27 <sup>a</sup>	8,86 ± 1,71 <sup>a</sup>
CPS 1%	24,90 ± 4,39 <sup>a</sup>	29,50 ± 1,60 <sup>a</sup>	11,11 ± 0,27 <sup>a</sup>	12,42 ± 0,46 <sup>ab</sup>
CPS 2%	30,88 ± 3,87 <sup>a</sup>	39,92 ± 3,12 <sup>a</sup>	18,40 ± 0,77 <sup>b</sup>	18,25 ± 3,24 <sup>b</sup>
CPS 3%	69,29 ± 6,48 <sup>b</sup>	79,20 ± 3,30 <sup>ab</sup>	33,17 ± 1,50 <sup>c</sup>	27,16 ± 4,25 <sup>c</sup>
CPS 4%	105,40 ± 7,40 <sup>c</sup>	140,58 ± 11,55 <sup>bc</sup>	38,49 ± 1,54 <sup>d</sup>	45,98 ± 1,96 <sup>d</sup>
CPS 5%	190,57 ± 5,06 <sup>d</sup>	190,94 ± 34,96 <sup>c</sup>	83,19 ± 1,34 <sup>e</sup>	101,57 ± 5,18 <sup>e</sup>

letras com sobrescritos distintos, em colunas, indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos em função da porcentagem de adição de CPS ( Teste de Tukey ,  $p < 0,05$ ).

**ANEXO 12 Características gomosidade dos iogurtes em função porcentagem de adição de CPS.**

	<b>Bovino Integral</b>	<b>Bovino Desnatado</b>	<b>Caprino Integral</b>	<b>Caprino Desnatado</b>
<b>Controle</b>	20,76 ± 3,14 <sup>a</sup>	20,70 ± 3,05 <sup>a</sup>	9,82 ± 0,06 <sup>a</sup>	9,47 ± 1,84 <sup>a</sup>
<b>CPS 1%</b>	29,44 ± 1,52 <sup>a</sup>	31,52 ± 1,69 <sup>a</sup>	12,15 ± 0,41 <sup>a</sup>	13,61 ± 0,35 <sup>ab</sup>
<b>CPS 2%</b>	32,96 ± 4,24 <sup>a</sup>	42,56 ± 3,22 <sup>ab</sup>	20,96 ± 1,07 <sup>b</sup>	19,83 ± 0,76 <sup>b</sup>
<b>CPS 3%</b>	74,77 ± 6,43 <sup>b</sup>	84,44 ± 3,44 <sup>b</sup>	36,27 ± 2,28 <sup>c</sup>	29,70 ± 4,04 <sup>c</sup>
<b>CPS 4%</b>	112,39 ± 7,13 <sup>c</sup>	149,25 ± 11,05 <sup>c</sup>	42,38 ± 2,17 <sup>d</sup>	50,59 ± 2,30 <sup>d</sup>
<b>CPS 5%</b>	203,90 ± 5,42 <sup>d</sup>	202,99 ± 35,93 <sup>d</sup>	94,10 ± 2,20 <sup>e</sup>	111,36 ± 5,54 <sup>e</sup>

letras com sobrescritos distintos, em colunas, indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos em função da porcentagem de adição de CPS (Teste de Tukey ,  $p < 0,05$ ).