

"APLICAÇÃO DE ULTRAFILTRAÇÃO DE LEITE
NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE IOGURTE"

11/89

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

"APLICAÇÃO DE ULTRAFILTRAÇÃO DE LEITE
NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE IOGURTE"

ELIANA PAULA RIBEIRO

Orientador: Prof. Dr. SALVADOR MASSAGUER ROIG

Parcer:

Este exemplar corresponde
à redação final da tese
efetuada por Eliana Paula
Ribeiro e aprovada pela
comissão julgadora em
Campinas, 27 de abril de 1989.

Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia de Alimentos da Uni-
versidade Estadual de Campinas
para obtenção do grau de Mestre
em Tecnologia de Alimentos.

Sal. Dr. Mesquita
Presidente da Banca

Aos meus pais

Paula e Sebastião

e aos meus irmãos

Mariema, Polaco e

Elizângela com mui-

to amor, eu dedico.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig, pela orientação e por sua imensa contribuição na minha formação profissional.
- A Prof. Dr^{ca} Maria Amélia Chaib Moraes por sua colaboração na Análise Sensorial, envolvida neste trabalho, e por suas sugestões.
- Aos Professores Dr. José Sátiro de Oliveira e Dr. Morris W. Montgomery por suas sugestões.
- A Eláise Maria de Mello e a Maria Cristina Mosquim pela valiosa colaboração na execução da parte experimental, sem a qual não teria sido possível a realização dos experimentos.
- A Ana Lurdes, Alice, Maria José, Mirna e Rosana pela colaboração no Laboratório e pelo carinho.
- Aos meus amigos pela compreensão e pelo incentivo.
- A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de mestrado - Processo nº 85/2833-8.
- A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio à pesquisa - projeto: "Utilização de Ultrafiltração na Fabricação de Iogurte", Processo nº 85/2832-1; que contribuiu para viabilizar este trabalho.
- Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CnPq) pela concessão de uma bolsa de mestrado.
- Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CnPq) pelo auxílio à pesquisa - projeto: "Aplicação de Ultrafiltração para Manufatura de Queijos e Produtos Fermentados", Processo nº

408.446/85-EA; que permitiu a aquisição, instalação e operação da unidade de ultrafiltração utilizada neste trabalho.

- Ao CAPES pela bolsa de mestrado concedida.
- A Universidade Estadual de Campinas pela bolsa "Incentivo Acadêmico" a mim concedida.
- A ALFA-LAVAL Equipamentos LTDA, pelo apoio dado na realização deste trabalho.
- A ABIA pelo fornecimento das cópias deste trabalho.
- A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

INDICE GERAL

Indice de Tabelas	iv
Indice de Figuras	viii
Resumo	xiii
Summary	xv
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	04
2.1. Ultrafiltração	04
2.1.1. Definição e Princípio	04
2.1.2. Membranas	05
2.1.3. Sistemas de Ultrafiltração	05
2.1.4. Operação	06
2.1.5. Fluxo de Permeado e Coeficientes de Rejeição.	06
2.1.6. Ultrafiltração de Leite	08
2.2. Iogurte	14
2.2.1. Introdução	14
2.2.2. Composição da Mistura Básica	16
2.2.3. Fermentação e Aspectos Microbiológicos	21
2.2.4. Homogeneização	24
2.2.5. Tratamento Térmico	25
2.2.6. Resfriamento	28
2.2.7. Estocagem	29
2.3. Ultrafiltração na Manufatura de Iogurte	31
3. MATERIAL E MÉTODOS	
3.1. Material	41
3.2. Métodos	43

3.2.1. Ensaio Preliminares	43
3.2.2. Experimentos Finais com Concentrados de Leite Integral e com Leites Diafiltrados.	45
3.2.3. Experimentos Finais com Leite Desnatado	47
3.2.3.1. Leite Desnatado e Concentrados	47
3.2.3.2. Influência do Conteúdo de Gordura	52
3.2.3.3. Teste a Nível de Consumidor	53
3.2.4. Processamento	53
3.2.4.1. Recepção do Leite	53
3.2.4.2. Desnate	53
3.2.4.3. Pasteurização	54
3.2.4.4. Concentração do Leite por Ultrafiltração	54
3.2.4.5. Fabricação do Iogurte	60
3.2.5. Análises Físico-Químicas	63
3.2.5.1. Leites, Concentrados, Permeados e Misturas	63
3.2.5.2. Iogurtes e Misturas	64
3.2.6. Análises Microbiológicas	67
3.2.7. Análise Sensorial	68
3.2.8. Gráficos	71
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
4.1. Ensaio Preliminares	72
4.1.1. Leite Integral	72
4.1.2. Leite Diafiltrado	76
4.1.3. Leite Desnatado	87
4.2. Processo de Concentração do Leite por Ultrafiltração	90
4.2.1. Leite Integral	90

4.2.2. Leite com Baixo Teor de Lactose	97
4.2.3. Leite Desnatado	102
4.3. Iogurte	107
4.3.1. Leite Integral	107
4.3.1.1. Fermentação	107
4.3.1.2. Coagulação	114
4.3.1.3. Acidificação Durante a Estocagem	116
4.3.1.4. Viscosidade Aparente	122
4.3.1.5. Análise Sensorial	124
4.3.2. Leites com Baixo Teor de Lactose	129
4.3.2.1. Fermentação	129
4.3.2.2. Coagulação	136
4.3.2.3. Estocagem	138
4.3.3. Leite Desnatado	146
4.3.3.1. Fermentação	146
4.3.3.2. Coagulação	155
4.3.3.3. Viscosidade	157
4.3.3.4. Vida de Prateleira	159
4.3.4. Influência do Conteúdo de Gordura	163
4.3.5. Teste a Nível de Consumidor	168
5. CONCLUSÕES	170
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	172
APÊNDICE	184

INDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 4.1.1. Composição química e fator de concentração dos leites iniciais e concentrados obtidos nos ensaios EA, EB e EC.	73
Tabela 4.1.2. pH, acidez titulável e viscosidade dos iogurtes preparados a partir dos leites controles e concentrados obtidos nos ensaios EA, EB e EC.	74
Tabela 4.1.3. Composição química dos leites controles e leites diafiltrados obtidos nos ensaios ED e EE.	77
Tabela 4.1.4. pH, acidez titulável e tempo de coagulação dos iogurtes preparados a partir dos leites controles e leites diafiltrados, obtidos nos ensaios ED e EE.	83
Tabela 4.1.5. Composição química dos leites controles e dos concentrados obtidos nos ensaios ED e EE.	87
Tabela 4.1.6. pH, acidez titulável e viscosidade dos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e concentrados obtidos nos ensaios EF e EG.	89
Tabela 4.2.1. Balanços de massa e Fatores de concentração, obtidos com concentrados de leite integral nos experimentos I e II.	90

Tabela 4.2.2. Composição química dos leites controles, concentrados e permeados, obtidos na concentração de leite integral nos experimentos I e II.	92
Tabela 4.2.3. Fatores de Concentração e Coeficientes de Rejeição, obtidos na concentração de leite integral nos experimentos I e II.	94
Tabela 4.2.4. Resultados obtidos nas determinações microbiológicas efetuadas nos leites controles (LI e LII) e nos concentrados CI 1,3 e CII 1,3, obtidos na concentração de leite integral nos experimentos I e II.	95
Tabela 4.2.5. Balanços de massa e Fatores de concentração, obtidos com diafiltrados de leite integral nos experimentos I e II.	97
Tabela 4.2.6. Composição química dos leites controles, leites com baixo teor de lactose e permeados, obtidos na diafiltração de leite integral nos experimentos I e II.	99
Tabela 4.2.7. Fatores de Concentração e Coeficientes de Rejeição, obtidos na diafiltração de leite integral nos experimentos I e II.	100
Tabela 4.2.8. Balanços de Massa e Fatores de Concentração obtidos nos experimentos III, IV e V com leite desnatado.	102
Tabela 4.2.9. Composição química dos leites controles, concentrados e permeados, obtidos com lei-	

te desnatado nos experimentos III, IV e V.	104
Tabela 4.2.10. Fatores de concentração e coeficientes de rejeição, obtidos nos experimentos III, IV e V com leite desnatado.	105
Tabela 4.3.1. Valores de acidez titulável inicial, após a incubação por 160 minutos a 45°C e desenvolvida, obtidos nos leites controles e concentrados nos experimentos I e II.	108
Tabela 4.3.2. pH e tempo de coagulação dos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite integral nos experimentos I e II.	114
Tabela 4.3.3. Valores médios resultantes das determinações de pH e de viscosidade realizadas nos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite integral nos experimentos I e II.	123
Tabela 4.3.4. Valores de pH e valores médios resultante dos valores atribuídos pelos provadores na Análise Sensorial para <u>sabor</u> , <u>acidez</u> e <u>consistência</u> dos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite integral nos experimentos I e II.	125
Tabela 4.3.5. Valores de acidez titulável inicial, após a incubação por 160 minutos a 45°C e desenvolvida, obtidos nos leites controles e diafil-	

	trados; obtidos na diafiltração de leite integral nos experimentos I e II.	130
Tabela 4.3.6.	pH e tempo de coagulação dos iogurtes produzidos a partir dos leites controles LI e LII e dos leites com baixo teor de lactose LD I.A, LD I.B, LD I.C, LD II.A, LD II.B e LD II.C.	136
Tabela 4.3.7.	Valores de pH em 1 e após 30 dias de estocagem a 5°C, obtidos nos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e leites diafiltrados obtidos na diafiltração de leite integral nos experimentos I e II.	140
Tabela 4.3.8.	Valores de acidez titulável inicial, após 160 minutos a 45°C e desenvolvida, obtidos nos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite desnatado nos experimentos III, IV e V.	147
Tabela 4.3.9.	pH e tempo de coagulação, obtidos nos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite desnatado nos experimentos III, IV e V.	155
Tabela 4.3.10.	pH e Viscosidade dos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite desnatado nos experimentos III e V.	157
Tabela 4.3.11.	Valores de pH, acidez titulável e viscosidade aparente, obtidos nos iogurtes produzidos a partir do leite controle e dos con-	

centrados obtidos no experimento V.	160
Tabela 4.3.12. Valores resultantes das determinações de gordura, pH e acidez titulável, realizadas nos iogurtes produzidos a partir dos concentrados de leite desnatado de fator de concentração 1:1,2.	163
Tabela 4.3.13. Valores médios resultantes dos valores atribuídos pelos provadores para <u>sabor</u> , <u>acidez</u> e <u>consistência</u> na análise sensorial realizada nos iogurtes produzidos a partir dos concentrados CIII 1,2; CIV 1,2 e CV 1,2 padronizados a diferentes conteúdos de gordura.	165
Tabela 4.3.14. Resultados obtidos no Teste Sensorial, a nível de consumidor, quanto à Diferença e Preferência.	168

INDICE DE FIGURAS

Figura 4.1.1. Variação de pH no leite controle ED.A e nos leites com baixo teor de lactose ED.B e ED.C, durante o processo de fermentação.	79
Figura 4.1.2. Variação de Acidez Titulável no leite controle ED.A e nos leites com baixo teor de lactose ED.B e ED.C, durante o processo de fermentação.	80
Figura 4.1.3. Variação de pH no leite controle EE.A e nos leites com baixo teor de lactose EE.B e EE.C	

e EE.D durante o processo de fermentação.

81

Figura 4.1.4. Variação de Acidez Titulável no leite controle EE.A e nos leites com baixo teor de lactose EE.B e EE.C e EE.D durante o processo de fermentação. 82

Figura 4.1.5. Variação de pH nos iogurtes, durante estocagem a 5°C, produzidos a partir do leite controle ED.A e dos leites com baixo teor de lactose obtidos no ensaio ED (ED.B e ED.C). 85

Figura 4.1.6. Variação de Acidez Titulável nos iogurtes, durante estocagem a 5°C, produzidos a partir do leite controle ED.A e dos leites com baixo teor de lactose obtidos no ensaio ED (ED.B e ED.C). 86

Figura 4.3.1. Variação de pH no leite controle LI e nos concentrados CI 1,1; CI 1,2 e CI 1,3 durante o processo de fermentação. 110

Figura 4.3.2. Variação de Acidez Titulável no leite controle LI e nos concentrados CI 1,1; CI 1,2 e CI 1,3 durante o processo de fermentação 111

Figura 4.3.3. Variação de pH no leite controle LII e nos concentrados CII 1,1; CII 1,2 e CII 1,3 durante o processo de fermentação. 112

Figura 4.3.4. Variação de Acidez Titulável no leite controle LII e nos concentrados CII 1,1; CII 1,2 e CII 1,3 durante o processo de fermentação.

tação.	113
Figura 4.3.5. Variação de pH durante a estocagem a 5°C nos iogurtes produzidos a partir do leite controle LI e dos concentrados CI 1,1; CI 1,2 e CI 1,3.	118
Figura 4.3.6. Variação de Acidez Titulável durante a estocagem a 5°C, nos iogurtes produzidos a partir do leite controle LI e dos concentrados CI 1,1; CI 1,2 e CI 1,3.	119
Figura 4.3.7. Variação de pH durante a estocagem a 5°C, nos iogurtes produzidos a partir do leite controle LII e dos concentrados CII 1,1; CII 1,2 e CII 1,3.	120
Figura 4.3.8. Variação de Acidez Titulável, durante estocagem a 5°C, nos iogurtes produzidos a partir do leite controle LII e dos concentrados CII 1,1; CII 1,2 e CII 1,3.	121
Figura 4.3.9. Variação de pH no leite controle LI e nos leites com baixo teor de lactose LD I.A; LD I.B e LD I.C, durante o processo de fermentação.	132
Figura 4.3.10. Variação de Acidez Titulável no leite controle LI e nos leites com baixo teor de lactose LD I.A, LD I.B e LD I.C; durante o processo de fermentação.	133
Figura 4.3.11. Variação de pH no leite controle LII e nos leites com baixo teor de lactose LD II.A;	

- LD II.B e LD II.C, durante o processo de fermentação. 134
- Figura 4.3.12. Variação de Acidez Titulável no leite controle LII e nos leites com baixo teor de lactose LD II.A, LD II.B e LD II.C; durante o processo de fermentação. 135
- Figura 4.3.13. Variação de pH durante estocagem a 5°C no iogurte controle LI e nos iogurtes com baixo teor de lactose LD I.A.; LD I.B e LD I.C. 141
- Figura 4.3.14. Variação de Acidez Titulável, durante estocagem a 5°C no iogurte controle LI e nos iogurtes com baixo teor de lactose LD I.A.; LD I.B e LD I.C. 142
- Figura 4.3.15. Variação de pH durante estocagem a 5°C no iogurte controle LII e nos iogurtes com baixo teor de lactose LD II.A.; LD II.B e LD II.C. 143
- Figura 4.3.16. Variação de Acidez Titulável, durante a estocagem a 5°C no iogurte controle LII e nos iogurtes com baixo teor de lactose LD II.A.; LD II.B e LD II.C. 144
- Figura 4.3.17. Variação de pH no leite desnatado controle LIII e nos concentrados CIII 1,1; CIII 1,2 e CIII 1,3, durante o processo de fermentação. 149
- Figura 4.3.18. Variação de Acidez Titulável no leite des-

<p>natado controle LIII e nos concentrados CIII 1,1; CIII 1,2 e CIII 1,3, durante o processo de fermentação.</p>	150
<p>Figura 4.3.19. Variação de pH no leite controle LV e nos concentrados CIV 1,1 e CIV 1,2, durante o processo de fermentação.</p>	151
<p>Figura 4.3.20. Variação de Acidez Titulável no leite controle LIV e nos concentrados CIV 1,1 e CIV 1,2, durante o processo de fermentação.</p>	152
<p>Figura 4.3.21. Variação de pH no leite controle LV e nos concentrados CV 1,1; CV 1,2 e CV 1,3, durante o processo de fermentação.</p>	153
<p>Figura 4.3.22. Variação de Acidez Titulável no leite controle LV e nos concentrados CV 1,1; CV 1,2 e CV 1,3, durante o processo de fermentação.</p>	154

RESUMO

A aplicação de ultrafiltração de leite no processo de fabricação de iogurtes foi avaliada através da produção de iogurtes a partir de concentrados de leite integral e de concentrados de leite desnatado, e da produção de iogurtes a partir de leites com baixo teor de lactose obtidos por diafiltração. Esses iogurtes foram comparados com iogurtes controles com respeito ao desenvolvimento de pH e de acidez titulável durante o processo de fermentação e durante a estocagem dos iogurtes a 5°C; tempo e pH de coagulação; viscosidade aparente e análise sensorial.

O leite integral foi concentrado por ultrafiltração em 3 níveis diferentes de fatores de concentração volumétricos (FCV) (1:1,1; 1:1,2 e 1:1,3), correspondentes à faixa de 3,03-3,69% de proteína total. Foi verificado ser possível a obtenção de iogurtes com características organolépticas adequadas a partir de concentrados de leite integral com FCV de 1:1,2 a 1:1,3.

Os iogurtes produzidos a partir de leites diafiltrados, com teores de lactose ajustados à faixa de 0,52-2,44% (faixa de 8,29 a 10,32% de sólidos totais) apresentaram uma menor taxa de produção de ácido láctico durante o processo de fermentação, a qual diminuiu com a diminuição do teor de lactose e apresentaram um nível de acidez praticamente constante durante a estocagem quando o conteúdo de lactose foi de 0,52-0,67%. Os iogurtes produzidos a partir dos leites com conteúdo de lactose ajustado na faixa de 2,0-2,5% de lactose apresentaram comportamento semelhante aos leites controles.

Com relação a concentração por ultrafiltração de leite desnatado foram avaliados os fatores de concentração volumétricos de 1:1,1; 1:1,2 e 1:1,3 (correspondentes à faixa de 3,45 a 4,74% de proteína total) e verificou-se que a partir de concentrados com proteína total na faixa de 3,45 a 4,15% (FCV de 1:1,1 e 1:1,2) foram produzidos iogurtes com boas características.

Nos concentrados de leite desnatado de FCV de 1:1,2 (3,82-4,15% de proteína total) foi avaliada a influência do conteúdo de gordura nas características organolépticas através de análise sensorial e verificou-se ser possível a obtenção de iogurtes de baixo teor de sólidos totais e baixo conteúdo de gordura, com características organolépticas adequadas.

SUMMARY

Application of milk ultrafiltration (UF) to yogurt production was evaluated from concentrates of whole milk, skim milk and low lactose milks obtained by diafiltration. These yogurts were compared with control yogurts with respect to pH and development of titratable acidity during fermentation and storage at 5 °C, coagulation time and pH, apparent viscosity and sensory analysis.

Whole milk was concentrated by UF to three different levels of volumetric concentration factors (VCF) (1:1.1; 1:1.2 and 1:1.3) corresponding to the range 3.03-3.69% of total protein. Results revealed that it was possible to produce yogurts with adequate sensory characteristics from whole milk concentrates with VCF of 1:1.2 to 1.3.

Low lactose yogurts produced from diafiltrated milks, with lactose contents in the range of 0.52 to 2.44% (range of 8.29 to 10.32% total solids) had a low rate of lactic acid production during fermentation. With the reduction of lactose content a nearly constant level of acidity was developed during storage when the lactose content was in the range of 0.52 to 0.67%. Yogurts with lactose contents in the range of 2.0-2.5 had properties similar to the control milks yogurts.

Skim milk concentrated by UF were evaluated at VCF of 1:1.1; 1:1.2 and 1:1.3 (corresponding to the range of 3.45 to 4.74 % total protein). Results showed that yogurts with good characteristics were produced from concentrates with total protein

in the range of 3.45 to 4.15% (VCF of 1:1.1 and 1:1.2).

Influence of fat content on the organoleptic characteristics of yogurts made from skim milk concentrated by UF to VCF of 1:1.2 (total protein of 3.82 to 4.15%) was evaluated by sensory analysis. Results revealed that it was possible to produce low total solids no fat yogurts with acceptable organoleptic characteristics.

1- INTRODUÇÃO:

No processo tradicional de fabricação de iogurte utiliza-se a fortificação do leite para aumentar o teor de sólidos, principalmente sólidos desengordurados, visando-se o aumento de viscosidade/consistência do iogurte (RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & DEETH, 1980). Os métodos mais utilizados consistem na adição de leite em pó (integral ou desnatado) e na concentração do leite por evaporação a vácuo (TAMIME & DEETH, 1980).

A viscosidade e a estabilidade física no iogurte são propriedades importantes no produto e a ultrafiltração tem um efeito benéfico por aumentar o teor de proteínas sem aumentar o teor de lactose (BJERRE & NIELSEN, 1974; RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & DEETH, 1980). Devido ao aumento do teor de proteínas no iogurte, este tem uma maior viscosidade e pode ser feito com um baixo teor de sólidos, sem aumentar a tendência à sinerese (ANNON, 1980; JEPSEN, 1977 (a); NIELSEN, 1976). Além disso é possível fabricar um iogurte de boa qualidade com baixo teor de gordura, uma vez que a proteína em certa extensão, pode substituir o papel da gordura no iogurte (JEPSEN, 1977 (b)).

A produção de iogurtes com baixo teor de lactose, utilizando ultrafiltração, foi estudada por EMALDI *et alii* (1974); KOSIKOWSKI (1979) e TOPPINO *et alii* (1977), e estes pesquisadores verificaram que é possível a obtenção de iogurtes com qualidades organolépticas adequadas e que não se acidificam durante a estocagem a partir de leites com baixo teor de lactose.

O presente trabalho compreendeu uma fase de testes preli-

minares e uma fase de testes finais e teve por objetivos:

- Em uma Fase Preliminar:

- Realizar experimentos de concentração de leite integral e de leite desnatado por ultrafiltração com a finalidade de selecionar 3 níveis de concentração a serem avaliados em uma fase final; estudar o processo de concentração de leite por ultrafiltração e definir os parâmetros a serem enfatizados em uma fase final; realizar experimentos de obtenção de leites com baixo conteúdo de lactose com a finalidade de avaliar a influência da redução do teor de lactose no comportamento da cultura de *S. thermophilus* e *L. bulgaricus* durante o processo de fermentação, na acidificação dos iogurtes durante a estocagem e nas características organolépticas dos iogurtes. Os experimentos realizados nesta fase preliminar tiveram por finalidade a identificação de variáveis que influenciariam o processo de concentração por ultrafiltração, o processo de fabricação dos iogurtes e a qualidade dos iogurtes finais e a identificação de parâmetros importantes a serem avaliados, em cada caso, em experimentos finais.

- Em uma Fase Final:

- Caracterizar o processo de concentração de leite integral por ultrafiltração, o processo de concentração de leite desnatado por ultrafiltração e o processo de obtenção de leites com baixo teor de lactose através de balanços de massas, de cálculos de fatores de concentração e de coeficientes de rejeição e através de análises físico-químicas dos leites controles, leites diafiltrados, concentrados e permeados.

- Avaliar o comportamento, através de determinações de pH

e de acidez titulável, dos concentrados de leite integral e de leite desnatado e de leites diafiltrados em relação ao comportamento dos leites controles durante o processo de fermentação e durante a coagulação.

- Avaliar as alterações de pH e de acidez titulável nos iogurtes produzidos a partir de concentrados de leite integral e de leite desnatado e a partir de leites diafiltrados, em relação aos leites controles, durante a estocagem desses iogurtes.

- Comparar a influência do fator de concentração de leite integral e de leite desnatado na viscosidade do iogurte final.

- Comparar as qualidades organolépticas dos iogurtes produzidos a partir de concentrados de leite integral com os produzidos a partir dos leites controles através de análise sensorial.

- Selecionar um fator de concentração de leite desnatado, com base nos resultados obtidos e avaliar a influência da adição de gordura a este concentrado nas qualidades organolépticas do iogurte final, através de análise sensorial.

- A partir dos resultados obtidos no item anterior selecionar um teor de gordura a ser adicionado ao concentrado de leite desnatado para a produção de um iogurte a partir de leite desnatado concentrado por ultrafiltração e padronizado com creme de leite a um determinado teor de gordura e compará-lo com um iogurte padrão através de análise sensorial a nível de consumidor.

2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.Ultrafiltração

2.1.1.Definição e Princípio

A ultrafiltração pertence ao grupo de processos de separação por membrana, os quais consistem de processos físicos em que, sob influência de uma força motriz, efetuam uma separação através de uma membrana semipermeável (FIL-IDF-1981). É definida pela FIL-IDF (1981), como sendo um processo de separação por membrana, dirigido por um gradiente de pressão, no qual a membrana fraciona os componentes de um líquido em função de seus tamanhos solvatados e estruturas.

É um processo que permite a separação seletiva de solutos de baixo peso molecular juntamente com a água a partir de alimentos líquidos (KOSIKOWSKI, 1986). Esta separação dependerá do valor "cut-off" da membrana, que é indicado pelo peso molecular da menor molécula retida pela membrana (BEATON, 1979). Isto implica que as substâncias de maior peso molecular são retidas (ANON, 1980) e deste modo, ocorre uma concentração de substâncias macro-moleculares na solução processada (ANON, 1980; COTON, 1974; MAUBOIS & MOCQUOT, 1971; MAHAUT & MAUBOIS, 1985; RICHTER, 1983).

A fração líquida retida pela membrana é denominada de "concentrado seletivo" e a fração líquida que passa através da membrana de "permeado" (FIL, 1981; MAUBOIS & MOCQUOT, 1971).

2.1.2. Membranas

As membranas de ultrafiltração mais utilizadas são as derivadas de polímeros orgânicos sintéticos: poliamidas e polissulfonas (BEATON, 1979; KOSIKOWSKI, 1986; MAHAUT & MAUBOIS, 1985).

Essas membranas contêm poros ultrafinos de 2-10 nm de diâmetro dispostos em uma fina camada ($0,2\ \mu\text{m}$), a qual fica em contato com a solução pressurizada de alimentação, e os filmes contendo essa fina camada são superpostos em uma matriz porosa (BEATON, 1979). As principais limitações dessas membranas são: compactação mecânica, formação de camadas polarizadas e sua limitação quanto ao processamento de produtos viscosos (BEATON, 1979; GOUDEDRANCHE et alii, 1980; MAUBOIS & BRULE, 1982; THOMPSON & de MAN, 1975).

As membranas minerais, recentemente desenvolvidas, a base de óxido de zircônio, suportadas por carbono grafite, apresentam um ótimo comportamento físico-químico e permitem a obtenção de produtos de alta viscosidade (GOUDEDRANCHE et alii, 1980; MAHAUT & MAUBOIS, 1985).

2.1.3. Sistemas de Ultrafiltração

Os sistemas de ultrafiltração apresentam 4 configurações diferentes: sistema em espiral, fibras capilares, a placas e tubular (MAUBOIS & BRULE, 1982; MODLER, 1982).

Cada sistema apresenta vantagens e desvantagens quanto à: nível de investimento, manutenção, facilidade de limpeza, performance (quantidade de produto tratado por m^2 e hora) e de

energia instalada (MAHAUT & MAUBOIS, 1985). Segundo MAUBOIS e BRULE (1982) a necessidade de energia instalada para a configuração de fibras capilares é de $0,214 \text{ Kw/m}^2$; para as configurações plana e espiral de $0,700 \text{ KW/m}^2$ e para a tubular de 1 KW/ m^2 .

2.1.4. Operação

Os sistemas de ultrafiltração podem ser operados de acordo com dois princípios: processamento em lotes intermitentes (batch) e processamento contínuo (ANON, 1980; BEATON, 1979; RICHTER, 1983). O princípio de "batch" é geralmente usado para instalações pequenas e a concentração é obtida da mesma solução que é recirculada via tanque de alimentação, até alcançar o grau de concentração desejado (BEATON, 1979; MAHAUT & MAUBOIS, 1985; RICHTER, 1983). Em instalações de processo contínuo a solução de alimentação é circulada, através de bombas, por um número de módulos de ultrafiltração ligados em série de forma que cada módulo opera num grau de concentração constante e maior que o anterior (BEATON, 1979; MAHAUT & MAUBOIS, 1985).

2.1.5. Fluxo de Permeado e Coeficiente de Rejeição

Os mais importantes índices de performance de um processo de ultrafiltração são: fluxo de permeado e o coeficiente de rejeição (CHIANG & CHERYAN, 1986).

A medida do fluxo de permeado, quando da operação do sistema de ultrafiltração com água, é uma medida indicativa das con

dições da membrana, pois a cada processamento e subsequente operação de limpeza ela deveria retornar a seu fluxo inicial (YAN *et alii*, 1979).

Várias pesquisas já foram realizadas para verificar o comportamento do fluxo de permeado em função de parâmetros operacionais: pressão, temperatura, concentração da alimentação e fluxo de alimentação (COVACEVICH & KOSIKOWSKI, 1977; GAROUTTE *et alii*, 1982, THOMPSON & de MAN, 1975; YAN *et alii*, 1979, entre outros). Segundo esses autores, todas as variáveis, anteriormente citadas influenciam o fluxo de permeado, mas o que influencia mais significativamente é a formação da camada polarizada e a viscosidade do concentrado. Essa camada é formada devido à deposição contínua de componentes retidos na superfície da membrana, principalmente proteínas e sais, à medida que a concentração aumenta, exercendo uma resistência hidráulica à passagem de água e de solutos de baixo peso molecular.

As características de rejeição de uma membrana são descritas por coeficientes de rejeição das várias espécies de soluto, os quais são definidos, pelo FIL-IDF (1981), pela expressão:

$$R_i = \frac{C_{ir} - C_{ip}}{C_{ir}} = 1 - C_{ip}/C_{ir}$$

onde:

R_i = Coeficiente de rejeição do componente i

C_{ip} = Concentração de i no permeado, onde a concentração é definida como massa do componente i por massa de solvente.

C_{ir} = Concentração de i no concentrado, onde a concentração é de-

finida como massa do componente por massa de solvente.

A rejeição é controlada principalmente pelo diâmetro dos poros da membrana e em menor extensão, pelos parâmetros operacionais (CHIANG & CHERYAN, 1986).

2.1.6. Ultrafiltração de Leite

O uso de ultrafiltração para concentração de leite foi proposta pela primeira vez por MAUBOIS, MOCQUOT e VASSAL em 1969, na Patente Francesa nº 2.052.121, visando a fabricação de queijos. O processo por eles proposto, foi denominado de MMV e consiste na obtenção de um "pré-queijo" líquido, através da concentração do leite por ultrafiltração, de composição similar ao queijo final obtido pelo processo tradicional (MAUBOIS, MOCQUOT & VASSAL, 1969; MAUBOIS & MOCQUOT, 1971; MAUBOIS & MOCQUOT, 1974).

Na ultrafiltração de leite, a fração proteica e a gordura são retidas no concentrado enquanto a lactose, sais minerais, nitrogênio não proteico e outros componentes menores são eliminados junto com a água no permeado (BEATON, 1979; LANG & LANG, 1976; KOSIKOWSKI, 1986; MAUBOIS & MOCQUOT, 1971).

Segundo JEPSEN (1977; a) com a ultrafiltração é possível padronizar o conteúdo de proteínas do leite ou mistura do mesmo modo com que é possível padronizar o conteúdo de gordura com centrífugas.

A completa retenção de gordura e de praticamente toda proteína nos concentrados obtidos a partir da ultrafiltração de lei

te foi demonstrado por vários autores, essa completa retenção da gordura é esperada devido ao tamanho dos glóbulos de gordura (GAROUTTE *et alii*, 1982; GLOVER, 1971; YAN *et alii*, 1979).

BUNDGAARD *et alii* (1972) obtiveram 0% de retenção de lactose na ultrafiltração de leite desnatado e YAN *et alii* (1979) obtiveram um coeficiente de 0% de retenção da lactose na ultrafiltração de leite integral. Na concentração de leite desnatado por ultrafiltração, utilizando um sistema de fibras capilares, THOMPSON & de MAN (1975) obtiveram 1% de retenção de lactose em um concentrado 1:2,0 e verificaram que a retenção da lactose aumentou quando o leite desnatado foi concentrado a um fator maior que dois, os autores concluíram que a camada polarizada atua como uma segunda membrana em tais casos reduzindo a passagem das moléculas de lactose através da membrana.

GLOVER (1971) observou que a retenção de todos os componentes era maior na ultrafiltração de leite integral do que na de leite desnatado. Os valores de coeficientes de rejeição obtidos pelo autor na concentração de leite integral foram de: 78,4% para sólidos totais (ST), 100% para a gordura (G), 94,6% para nitrogênio (N), 57,0% para lactose e 68,4% para as cinzas (C); e na concentração de leite desnatado foram de 87,0% para ST, 96,4% para N, 76,1% para L e 85,7% para C.

A variação da composição média dos concentrados e permeados quando da concentração de leite integral a cinco níveis de concentração (1X, 2X, 3X, 4X e 5X) em um sistema de ultrafiltração de fibras capilares (ROMICON-PM 50) foi avaliada por GAROUTTE *et alii* (1982). Os valores obtidos para composição média dos

concentrados no nível 1X (controle) foram de: 12,56% ST, 3,22%P, 3,75% G; e no nível 2X foram de: 18,99% ST, 5,71% P e 7,50% G. O permeado apresentou uma composição média de: 5,51% de ST, 0,13% de P e 0,0% de G no nível 1X e 5,78% ST, 0,25% P e 0,0% G no nível 2X.

As influências do fator de concentração, da temperatura, da pressão e da velocidade nos coeficientes de rejeição quando da concentração de leite integral em um sistema de ultrafiltração tubular foram avaliadas por YAN *et alii* (1979). Os autores observaram, através dos resultados obtidos, que somente o fator de concentração influenciava significativamente os coeficientes de rejeição. Os valores de coeficientes de rejeição obtidos nos quatro níveis testados, 1:1,00; 1:1,29; 1:1,50 e 1:2,20), foram, respectivamente de 55,4; 58,9; 63,3 e 72,0% para Sólidos Totais; 90,0; 91,6; 91,4 e 94,1% para Proteína; 23,2; 41,8; 46,0 e 50,5% para cinzas; 100% para a gordura e 0% para a lactose em todos os níveis testados.

Para reduzir o conteúdo de lactose nos concentrados, uma das soluções utilizadas é a diafiltração (COVACEVICH & KOSIKOWSKI, 1977; GOUDEDRANCHE, 1981; LONERGAN, 1983). A diafiltração consiste de uma fase no processo de ultrafiltração onde o concentrado é diluído através da adição de água e depois é novamente concentrado por ultrafiltração (FIL-IDF, 1981). Se após a concentração por ultrafiltração adiciona-se água ao concentrado e continua-se o processo, mais lactose e sais minerais serão eliminados no permeado (GLOVER *et alii*, 1978). COVACEVICH & KOSIKOWSKI (1977) observaram uma redução no conteúdo de lactose do

concentrado proporcional à quantidade de água adicionada na ultrafiltração. LONERGAN (1983) obteve uma remoção de 99% da lactose quando do uso da diafiltração em um concentrado 6:1. O mesmo autor observou, a nível microscópico, que as micelas de caseína não se modificam e que o equilíbrio caseína:proteínas de soro não altera a hidratação da micela de caseína, quando do uso de diafiltração.

O conteúdo de cinzas do leite aumenta com o aumento do fator de concentração (BRULE *et alii*, 1974; BUNDGAARD *et alii*, 1972; COVACEVICH & KOSIKOWSKI, 1979; YAN *et alii*, 1979). O aumento é notadamente em Cálcio e Fósforo e é atribuído ao fato de ambos estarem em parte complexados à caseína e serem concentrados junto com ela (COVACEVICH & KOSIKOWSKI, 1977). O cálcio coloidal é totalmente retido no concentrado enquanto o cálcio solúvel é permeado (BRULE *et alii*, 1974; CASIRAGHI, 1987).

O aumento do conteúdo de proteínas e de sais minerais nos concentrados, notadamente em Cálcio, provoca, de modo muito sensível, o aumento do poder tamponante dos mesmos (BRULE *et alii*, 1974; CASIRAGHI, 1987). O aumento do poder tamponante dos concentrados influencia o desenvolvimento de fermentos lácticos nos mesmos, de modo que o tempo requerido para o fermento reduzir o pH a um certo valor, é maior que no leite (COVACEVICH & KOSIKOWSKI, 1979; KOSIKOWSKI, 1986; MISTRY & KOSIKOWSKI, 1985).

É possível reduzir o poder tamponante dos concentrados através da utilização de tratamentos envolvendo pré-acidificação, fermentação ácido-lática na unidade de ultrafiltração, diafiltração e remoção do cálcio através da adição de cloreto de

sódio (KOSIKOWSKI, 1986).

Segundo GLOVER (1971) entre as vitaminas solúveis as únicas retidas no concentrado são ácido fólico e vitamina cianocobalamina (B_{12}) porque estas estão parcialmente ou totalmente ligadas às proteínas. A vitamina C é totalmente perdida e as vitaminas lipossolúveis são totalmente retidas (GLOVER, 1971).

As bactérias presentes no leite são retidas no concentrado durante o processo de ultrafiltração (MAUBOIS & MOCQUOT, 1971; BEATON, 1979; COVACEVICH & KOSIKOWSKI, 1979). Como o grupo predominante de microorganismos no leite é o de mesófilos, cuja temperatura de crescimento varia de 15-45°C esta faixa de temperatura não deve ser utilizada (BEATON, 1979). Para evitar o crescimento microbiano e ao mesmo tempo o aumento da viscosidade, que decorre do uso de baixas temperaturas, utilizam-se temperaturas de 50-60°C durante o processo de ultrafiltração (BEATON, 1979; COTON, 1974; MAUBOIS & MOCQUOT, 1974). Pode ocorrer o desenvolvimento de bactérias termofílicas nestas temperaturas, para evitar isso, o tempo de residência no sistema de ultrafiltração deve ser pequeno (MAUBOIS & MOCQUOT, 1974; COTON, 1974).

Geralmente para assegurar uma ótima qualidade bacteriológica da alimentação e dos concentrados, efetua-se a pasteurização do leite antes do processo de ultrafiltração (THOMPSON e de Man, 1975). FISCHBACH & POTTER (1986) verificaram que a pasteurização do leite antes do processo de ultrafiltração não afeta os coeficientes de retenção dos componentes do leite.

PIERRE et alii (1977) estudaram o efeito do tratamento térmico na desnaturação das proteínas do soro em concentrados de

ultrafiltração e em leites controles e verificaram que a desnaturação das proteínas do soro ocorre em temperaturas mais baixas nos concentrados que nos leites controles, sendo que esse efeito é maior nos concentrados de maior concentração proteica. Os autores também demonstraram o efeito protetor da lactose na desnaturação térmica.

As plantas de ultrafiltração são normalmente limpas, sanitizadas e enxaguadas imediatamente antes do processamento e imediatamente após para assegurar condições ótimas de processamento (MAUBOIS & MOCQUOT, 1971; BEATON, 1979).

KOSIKOWSKI *et alii* (1986) observaram que concentrados de ultrafiltração (1:1,4 e 1:2,0) eram altamente estáveis à deterioração do "flavor" e que estes apresentavam "flavor" de bom a excelente por 7 a 8 dias a 4,5 °C, enquanto o mesmo leite não ultrafiltrado deteriorava-se rapidamente nas mesmas condições. Segundo os autores os concentrados obtidos a partir de ultrafiltração de leite integral possuem algum mecanismo que os torna relativamente imunes ao desenvolvimento do "flavor" oxidado.

Os concentrados de ultrafiltração apresentam estabilidade térmica maior que concentrados com o mesmo teor de sólidos obtidos por evaporação (SWEET & MUIR, 1980).

2.2. Iogurte

2.2.1. Introdução:

A acidificação do leite por fermentação é um dos mais antigos métodos de preservação do mesmo (TAMIME & DEETH, 1980). Segundo KOSIKOWSKI (1978), aparentemente o leite fermentado surgiu na Mesopotâmia em cerca de 5.000 A.C.

A palavra "Iogurte" originou-se na Turquia, derivando-se da palavra jugurt (TAMIME & DEETH, 1980). Originalmente iogurte era feito de leite de ovelha e de búfala e parcialmente de leite de cabra e vaca em recipientes de madeira. A cultura usada era uma pequena quantidade de leite anteriormente coagulado (KOSIKOWSKI, 1978; RASIC & KURMANN 1978).

O iogurte é um alimento e bebida tradicional nos Balcãs e na Ásia Mediterrânea (TAMIME & DEETH, 1980; RASIC & KURMANN, 1978; ROBINSON & TAMIME, 1975). O interesse por este produto no Ocidente foi despertado pela Teoria de Metchnikoff em 1845-1916, denominada de "Teoria da Longevidade", a qual atribui ao iogurte vários benefícios à saúde humana (RASIC & KURMANN, 1978).

A primeira planta industrial na Europa foi implantada pela Danone no início deste século (RASIC & KURMANN, 1978), porém foi após a segunda guerra Mundial e particularmente desde 1950, que a tecnologia do iogurte e a compreensão dos fatores que afetam suas qualidades organolépticas avançaram rapidamente (RASIC & KURMANN, 1978).

O uso de culturas puras favoreceu a fabricação do pro-

duto e a aplicação de equipamentos modernos resultou em processos industriais de produção em larga escala (RASIC & KURMANN, 1978). A introdução de frutas seguida por uma grande variedade de iogurtes aromatizados, promoveu o crescimento de seu consumo (RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & ROBINSON, 1985).

A suplementação da flora do iogurte com *Lactobacillus acidophilus* e *Lactobacillus bifidus* para aumentar o valor dietético do produto resultou no aparecimento de novos leites fermentados (KOSIKOWSKI, 1978; RASIC & KURMANN, 1978).

No Brasil, o aumento do consumo de iogurte começou em 1970 e desde então o iogurte tem experimentado uma taxa excepcional de crescimento. Até agora, os iogurtes com frutas ocupam a maior fatia do mercado, mas o iogurte natural tem sido objeto de maior atenção por parte dos pesquisadores, devido a sua função básica em todos os tipos de iogurte (BRANDAO, 1987).

O iogurte pode ser definido como um produto resultante da fermentação do leite por *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, sendo estes microrganismos viáveis e abundantes no produto final (RASIC & KURMANN, 1978).

O iogurte se distingue dos outros leites fermentados por seu aroma típico e agradável, atribuído à presença de quantidades suficientes de acetaldeído, como principal componente do aroma. O sabor ácido refrescante é atribuído à presença de ácido láctico (RASIC & KURMANN, 1978).

Um iogurte de boa qualidade deve apresentar uma consistência adequada, coágulo firme, textura cremosa, sabor e aroma característicos e ser isento de separação de soro (RASIC &

KURMANN, 1978; NIELSEN, 1975).

Os pontos associados com a obtenção de um iogurte de boa qualidade envolvem: composição do leite ou mistura básica, processo de fabricação e cultura utilizada (CHAMBERS, 1979, RASIC & KURMANN, 1978; NIELSEN, 1975).

2.2.2. Composição da Mistura Básica:

As condições sob as quais o leite é coletado, manuseado e estocado têm grande influência na qualidade do produto final (CHAMBERS, 1979; ROBINSON & TAMIME, 1975; TAMIME & ROBINSON, 1985).

O leite a ser utilizado na fabricação de iogurte deve ser de boa qualidade, higienicamente produzido e manipulado, devendo ser conservado ao abrigo da luz a fim de evitar sabor oxidado, de composição normal e isento de antibióticos e preservativos (KOSIKOWSKI, 1978; RASIC & KURMANN, 1978; ROBINSON & TAMIME, 1975; TAMIME & GREIG, 1979).

O iogurte é basicamente de leite integral ou de leite desnatado e a composição do leite utilizado tem grande importância na qualidade do produto final (KOSIKOWSKI, 1978; ROBINSON & TAMIME, 1975).

2.2.2.1. Teor de Sólidos Totais:

O leite de vaca apresenta a seguinte composição média: 87,0% de água; 3,9% de gordura; 4,9% de lactose; 3,5% de pro-

teínas e 0,7% de cinzas, perfazendo um total de 13,0% de sólidos totais (WEBB *et alii*, 1978). A composição do leite é importante tanto para a consistência como para o aroma do iogurte final (BATTISTOTTI; 1983; CHAMBERS, 1979; TAMIME & DEETH, 1980). Em geral, um aumento dos sólidos totais favorece essas propriedades (CHAMBERS, 1979; RASIC & KURMANN 1978; NIELSEN, 1975; TAMIME & DEETH, 1980).

O teor de sólidos totais no leite para fabricação de iogurte pode variar de 9,0% em iogurte desnatado a cerca de 20,0% em outros (TAMIME & DEETH, 1980). DUAME (1979), afirma que deve ser de no mínimo 12,0% para obtenção de um iogurte de boa textura, mas que este valor tem que ser compensado em misturas sem gordura ou com baixo teor de gordura. CHAMBERS (1979), recomenda um teor de sólidos totais de 12-15,0%, uma vez que valores tão baixos como 9,0% resultam em um coágulo frágil e quebradiço e em contraste acima de 15,0% obtém-se um coágulo pesado. KOSIKOWSKI (1978) recomenda um teor de sólidos totais de 15-17,0%.

As propriedades físicas do iogurte, viscosidade/consistência do coágulo são de grande importância sob o ponto de vista tecnológico e em geral quanto maior o nível de sólidos da mistura para fabricação de iogurte, maior será a viscosidade/consistência do coágulo (TAMIME & ROBINSON, 1985). TAMIME (1977), conforme citado por TAMIME & ROBINSON (1985), estudou a relação entre o nível de sólidos do leite e a consistência do iogurte quando o teor de sólidos foi elevado, através de adição de leite em pó ao leite, de 12% para 14, 16, 18 e 20% através de medidas

de consistência do coágulo com penetrômetro e obteve um elevado acréscimo na consistência do iogurte com a elevação do teor de sólidos do leite, principalmente na faixa de 14 a 16 %, diminuindo a razão de aumento do mesmo acima de 16% de sólidos totais.

O aumento do nível total de sólidos no leite provoca um aumento da acidez titulável da mistura devido à ação tamponante das proteínas, fosfatos, citratos e lactatos adicionados (TAMIME & DEETH, 1980). Segundo DAVIS (1973) como citado por TAMIME & ROBINSON (1985) uma duplicação no teor de sólidos desengordurados do leite resulta na mesma duplicação da acidez titulável.

A elevação do teor de sólidos totais do leite é tradicionalmente feita através da adição de leite em pó desnatado ou através da concentração do leite por evaporação (KOSIKOWSKI, 1978; RASIC & KURMANN 1978).

SALJI *et alii* (1985) avaliaram a influência de dois níveis de sólidos totais 11,0 e 12,0% na mistura básica no pH, na viscosidade, na aceitabilidade e na estabilidade física do iogurte final. Os resultados obtidos indicaram que um aumento de 1,0% nos sólidos totais provocou um aumento de cerca de 5 vezes na viscosidade do iogurte final. Mas o efeito dos sólidos totais na viscosidade do iogurte não foi tão significativo quanto o efeito do pH do iogurte. A viscosidade aumentou de 175 para 2884 cps com a redução do pH de 4,5 para 4,2, no iogurte preparado a partir da mistura com 11,0% de sólidos totais.

2.2.2.2. Teor de Sólidos Desengordurados:

Normalmente recomenda-se um valor mínimo de 8,50% de sólidos desengordurados no leite ou na mistura para fabricação de iogurte (BRANDAO,1987;OLANO & RAMOS,1982; RASIC & KURMANN,1978; RASIC,1987;ROBINSON & TAMIME,1975; KOSIKOWSKI (1978).

Com o aumento do teor de sólidos desengordurados aumenta a água ligada e melhora a viscosidade do iogurte (RASIC & KURMANN,1978). A viscosidade do iogurte é quase que totalmente dependente do conteúdo de proteínas presente no leite, uma alta concentração proteica é essencial para a produção de um iogurte de alta viscosidade (TAMIME & DEETH,1980; TAMIME & ROBINSON, 1985).

Quando o teor de sólidos desengordurados é elevado, o teor de gordura na mistura para fabricação de iogurte pode ser menor (JEPSEN,1977, a). Os sólidos desengordurados, principalmente proteínas podem substituir, em certo grau, a função da gordura na consistência e textura do iogurte (JEPSEN,1977, a).

Segundo RASIC & KURMANN (1978), leites fermentados com maior teor de proteínas, possuem um maior tempo de vida útil que controles produzidos sem aumento do teor de sólidos. Os autores atribuem esses efeitos ao aumento da inibição da degradação da lactose combinado com um aumento da capacidade tamponante.

2.2.2.3. Teor de Gordura:

O teor de gordura afeta favoravelmente a qualidade do iogurte (RASIC & KURMANN, 1978). A gordura estabiliza a contração do gel proteico e previne a separação de soro no produto final (RASIC & KURMANN, 1978).

Segundo NIELSEN (1975) a gordura aumenta a firmeza e a viscosidade do produto, sendo que mesmo 1,0 - 2,0% de gordura na maioria dos iogurtes têm um efeito benéfico no corpo e textura do produto final, mas iogurtes de leite integral apresentam melhores efeitos.

Segundo ROBINSON & TAMIME (1975) o conteúdo de gordura sugerido deve ser de no mínimo 3,0% e no caso de iogurte desnatado de no mínimo 0,5% .

A presença de gordura na mistura para iogurte afeta a percepção oral do produto. Quanto maior o conteúdo de gordura, mais macia e cremosa será a textura do iogurte (RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & ROBINSON, 1985). Níveis ótimos situam-se entre 2,0 a 4,0% de gordura (RASIC & KURMANN, 1978). A gordura tende a mascarar o sabor ácido do iogurte (RASIC & KURMANN, 1978). A maneira como a gordura é incorporada têm grande influência na textura do iogurte final (CHAMBERS, 1979).

Segundo KOSIKOWSKI (1978) o iogurte pode ser classificado como:

- Integral: >3,0% de gordura.
- Parcialmente Desnatado: $0,5\% < X < 3,0\%$ de gordura.
- Desnatado: Não mais que 0,5% de gordura.

2.2.3. Fermentação e Aspectos Microbiológicos:

As bactérias utilizadas na fabricação de iogurte, *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, por seu comportamento característico fazem do iogurte um alimento único, não duplicável por outras bactérias ou por processos de acidificação direta (KOSIKOWSKI, 1978).

Ambos os organismos são termofílicos, bactérias ácido lácticas homofermentativas, sendo o ácido láctico o principal produto resultante da fermentação (MATALON & SANDINE, 1986; MITCHELL & SANDINE, 1984; RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & DEETH, 1980).

A relação simbiótica entre o *S. thermophilus* e o *L. bulgaricus* durante a acidificação do leite tem sido extensivamente estudada (MATALON & SANDINE, 1987; MITCHELL & SANDINE, 1984; SHANKAR & DAVIES, 1977; RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & DEETH, 1980). O crescimento associado dessas duas culturas resulta em: menor tempo de coagulação do leite, maior produção de ácido láctico e um maior desenvolvimento de sabor e aroma no iogurte (MATALON & SANDINE, 1986; RASIC & KURMANN, 1978).

Tem sido estabelecido que os aminoácidos e peptídeos liberados da caseína por proteases produzidas pelo *Lactobacillus bulgaricus* estimulam o crescimento do *Streptococcus thermophilus* (MATALON & SANDINE, 1986; MITCHELL & SANDINE, 1984; SHANKAR & DAVIES, 1977; RASIC & KURMANN, 1978). Similarmente, foi demonstrado que o *Streptococcus thermophilus* estimula o crescimento do *Lactobacillus bulgaricus* devido a produção de ácido fórmico, gás carbônico e a redução da quantidade de oxigênio disponível no

meio (KOSIKOWSKI, 1978; MATALON & SANDINE, 1986; SHANKAR & DAVIES, 1977; RASIC & KURMANN, 1978)

O crescimento dessas bactérias parece ocorrer em 2 estágios durante a fabricação do iogurte. O *Streptococcus thermophilus* cresce rapidamente durante a fase inicial da incubação devido ao efeito estimulador dos aminoácidos liberados pelo *Lactobacillus bulgaricus*, removendo o oxigênio do meio e produzindo ácido láctico, gás carbônico e ácido fórmico no leite. Após a taxa de crescimento do *Streptococcus* diminuir devido ao aumento da concentração de ácido láctico, o *Lactobacillus bulgaricus*, mais tolerante ao ácido, aumenta em número devido ao efeito estimulador dos compostos gerados pelo *Streptococcus thermophilus* (KOSIKOWSKI, 1977; MATALON & SANDINE, 1986; OLANO & RAMOS, 1982; RASIC & KURMANN, 1978).

Durante o crescimento dessas bactérias no leite para produção de iogurte, ocorre a produção de ácido láctico como produto principal e a produção de pequenas quantidades de sub produtos, incluindo ácidos graxos voláteis, etanol, acetaldeído, acetona, 2 butanona e outros (RASIC, 1987; RASIC & KURMANN, 1978), por outro lado o aumento da concentração de ácido láctico promove a inibição dos mesmos, sendo normalmente fermentada 20 a 30% de lactose (RASIC & KURMANN, 1978).

O ácido láctico resultante da fermentação láctica contribui para a desestabilização da micela de caseína, provocando a sua coagulação no ponto isoelétrico e formando um gel (CARINI, 1983; OLANO & RAMOS, 1982).

No processo de fermentação a produção de ácido láctico é

controlada através de determinações de acidez (RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & ROBINSON, 1985). A acidez do iogurte resulta da acidez "natural" do leite mais acidez desenvolvida, a qual resulta da atividade bacteriana (TAMIME & ROBINSON, 1985). No entanto a relação entre a determinação de acidez titulável e a de pH não é direta em sistemas altamente tamponadas como iogurte (TAMIME & ROBINSON, 1985).

Dos sub-produtos resultantes da fermentação, o acetaldeído é produzido em maiores quantidades seguido por acetona, 2 butanona, diacetil e acetoína (RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & DEETH, 1980). A produção de acetaldeído é principalmente atribuída ao *Lactobacillus bulgaricus* e diacetil e acetoína ao *Streptococcus thermophilus* (RASIC & KURMANN, 1978). Os trabalhos de SHANKAR & DAVIES em 1978 e de SHANKAR em 1977, como citado por OLANO & RAMOS (1982) e TAMIME & DEETH (1980), atribuíram a produção de acetaldeído ao *S. thermophilus* e não ao *L. bulgaricus* como até então. A maioria dos compostos aromáticos são produzidos a partir da lactose, mas alguns desses produtos podem ser produzidos a partir de outros constituintes do leite (RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & DEETH, 1980).

O aspecto mais importante na preparação de um iogurte de boa qualidade é a cultura e o seu manuseio (KOSIKOWSKI, 1977). Deve-se tomar todos os cuidados higiênicos durante o manuseio das culturas para evitar sua contaminação (DUAME, 1979; RASIC & KURMANN, 1978; ROBINSON & TAMIME, 1975).

A inoculação da cultura é normalmente efetuada à taxa de 2-3,0% com uma cultura de proporção 1:1 (*S. thermophilus*:*L. bulga-*

ricus) (CHAMBERS, 1979; RASIC & KURMANN, 1978; ROBINSON & TAMIME, 1975; TAMIME & DEETH, 1980). O uso de proporções e de volumes diferentes tem sido proposto por vários autores, mas há pouca evidência de que essas mudanças tenham qualquer efeito na qualidade do produto final (ROBINSON & TAMIME, 1975).

O balanço adequado da cultura é importante para a obtenção de um iogurte com boas características organolépticas (sabor, aroma, odor e textura) (CHAMBERS, 1979; DUAME, 1979; NIELSEN, 1975; RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & DEETH, 1980). Se uma das espécies predomina podem ocorrer sérios defeitos. Um excesso de *L. bulgaricus* acarreta na produção de sabor amargo e um excesso de *S. thermophilus* resulta em um sabor fraco (CHAMBERS, 1979; RASIC & KURMANN, 1978).

O balanço adequado entre os 2 microorganismos pode ser influenciado pelos seguintes fatores (RASIC & KURMANN, 1978):

- Quantidade de inóculo.
- Temperatura de incubação.
- Tratamento térmico do leite
- Taxa de resfriamento.
- Taxa de crescimento de ambas as espécies.

2.2.4. Homogeneização:

Homogeneização é um processo usado para reduzir o tamanho dos glóbulos de gordura, evitando assim que seja formada uma camada de gordura na superfície do produto (CHAMBERS, 1979; RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & DEETH, 1980).

A homogeneização da mistura para iogurte apresenta as seguintes vantagens (BATTISTOTTI, 1983; CARINI, 1983; RASIC & KURMANN; 1978; TAMIME & DEETH, 1980).

- Distribuição uniforme da gordura e não formação da camada de creme na superfície do produto.

- Promove a consistência e a viscosidade do iogurte.

- Torna o coágulo mais estável à separação de soro.

- O produto é mais branco e sua textura mais cremosa.

A homogeneização da mistura é realizada antes do tratamento térmico (TAMIME & DEETH, 1980).

2.2.5. Tratamento Térmico:

O tratamento térmico da mistura para iogurte tem por finalidades: destruição dos microorganismos patogênicos que possam estar presentes, destruição da maior parte dos microorganismos presentes, inativação de enzimas e principalmente aumentar a consistência e a viscosidade do iogurte, prevenir a separação de soro no produto final e favorecer o desenvolvimento da cultura (RASIC & KURMANN, 1978).

O aquecimento desnatura as proteínas do soro, lactoalbumina e lactoglobulina, provocando a formação de um complexo entre a lactoglobulina e a caseína na superfície da micela de caseína (KALAB & EMMONS, 1976).

DAVIES et alii (1978) observaram, por microscopia eletrônica, que as micelas de leites aquecidos a 95°C/10 min. ou a 90°C/10 min. ou 121,7°C/15 min., apresentavam apêndices filamento-

sos, ao contrário de leite não aquecido que apresentava o contorno da micela bem delineado. Os experimentos sugeriram que os apêndices eram compostos de lactoglobulina desnaturada. A firmeza e a sinerése do iogurte foram associadas com a extensão na qual as micelas coalescem durante a fermentação, os apêndices da micela de leite aquecido parecem inibir a coalescência, aumentando a firmeza do coágulo e diminuindo a tendência a sinerése.

O tratamento térmico utilizado na fabricação de iogurte é feito normalmente na faixa 85°C por 30 minutos ou 90 a 95°C por 5 a 10 minutos (TAMIME & DEETH, 1980). O tratamento térmico de 85°C/30 min ou a 90°C/5 min. promove o aumento da viscosidade do iogurte (TAMIME & GREIG, 1979).

Várias mudanças decorrem do tratamento térmico do leite para iogurte, sendo que as mais importantes são as mudanças na estrutura físico-química das proteínas, o abaixamento de pH e o efeito nas propriedades nutritivas, tanto para o crescimento das bactérias como para a saúde humana (TAMIME & DEETH, 1980).

A desnaturação das proteínas de soro e consequente interação dessas proteínas com a caseína aumenta as propriedades hidrofílicas da caseína e aumenta a estabilidade do coágulo (CARINI, 1983 ; KALAB & EMMONS, 1976; RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & DEETH, 1980; TAMIME & GREIG, 1979).

O nível de desnaturação depende do iogurte que está sendo produzido, uma mistura com baixo conteúdo de sólidos (9,5-12,0%) requer uma maior desnaturação das proteínas que uma mistura com um teor mais elevado de sólidos (>14,0%) (RASIC & KURMANN, 1978).

O tratamento térmico do leite aumenta o pH de coagulação do leite por ação da cultura láctica. EMMONS *et alii* (1959) demonstraram que este efeito é devido à desnaturação das proteínas do soro. Com o aumento da desnaturação ocorre um aumento do pH de coagulação, sendo que os autores observaram um efeito máximo em leites tratados a 85°C/30 min e observaram que tratamentos mais altos que este provocavam poucas mudanças no pH de coagulação com relação a alteração provocada pelo tratamento a 85°C/30 minutos.

DUAME (1979) recomenda o aquecimento do leite, no mínimo a 82,2°C e no máximo a 88°C, por no mínimo 30 minutos. CHAMBERS (1979) recomenda um tratamento térmico de 85-90°C por 30 minutos. KOSIKOWSKI (1978) sugere um tratamento térmico de 88°C/30 minutos ou 95°C/38 segundos.

KALAB & EMMONS (1976) observaram uma redução no tamanho das micelas quando do aquecimento a 85°C e 90°C, bem como que o leite coagulava, por cultura láctica, em valores mais altos de pH. Sendo que no leite aquecido a 85°C, os primeiros sinais de gelificação ocorreram a pH 5,14, enquanto no leite não aquecido a pH 4,92. Verificando que iogurtes produzidos a partir de leite desnatado aquecido acima de 75°C eram firmes e sem sinerése.

NIELSEN (1975) obteve uma melhor textura no iogurte com tratamento térmico a 90°C por 5-30 minutos. Segundo o autor uma mistura de iogurte sem gordura, deve ser aquecida a 90°C por no mínimo 10 minutos e no máximo 50 minutos.

2.2.6. Resfriamento:

O resfriamento é uma etapa crítica na produção de iogurte e é realizado logo após produto ter atingido o grau de acidez desejado. (RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & DEETH, 1980).

O objetivo do resfriamento é a redução da atividade metabólica da cultura, controlando deste modo a acidez do iogurte (RASIC & KURMANN, 1978; TAMIME & DEETH, 1980).

O resfriamento deve ser realizado com cuidado, para evitar danos ao coágulo (NIELSEN 1975; TAMIME & GREIG, 1979). SALJI *et alii* (1985) verificaram que um resfriamento muito rápido, provocava a separação de soro no iogurte.

A atividade da cultura de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* é limitada a 10-15°C (TAMIME & DEETH; 1980).

O tipo de resfriamento depende do iogurte a ser produzido, devendo ser rápido no início para parar a atividade bacteriana, mas não muito para evitar a condensação e a contração do gel (CHAMBERS, 1979; RASIC & KURMANN, 1978).

TAMIME & GREIG (1979) recomendam um resfriamento rápido até à temperatura, em torno, de 27°C e mais lento até 5°C, citando que o resfriamento rápido até 27°C interrompe a produção do ácido e fornece condições às proteínas de melhor retenção do soro.

Segundo RASIC & KURMANN (1978) a produção de ácido durante a estocagem se subdivide em 3 fases: a primeira consiste na produção de ácido que ocorre durante o resfriamento de 43°C até

19-20°C, período esse em que as culturas produzem uma quantidade considerável de ácido, sendo que essa produção é resultante da multiplicação bacteriana e da atividade enzimática; a segunda fase consiste do resfriamento de 19-20°C até 10-12°C, no qual a produção de ácido é devida à atividade enzimática das culturas bacterianas, sendo que a atividade diminui lentamente com o abaixamento de temperatura; a terceira fase refere-se à estocagem a frio (0-7°C), onde a produção de ácido é lenta devido à diminuição da atividade enzimática, mas depende do pH e da sensibilidade das enzimas aos valores de pH.

2.2.7. Estocagem:

Durante a estocagem do iogurte, várias mudanças podem ocorrer entre as quais: deterioração microbiológica, enzimática e pós-acidificação, mudanças que afetam as características do produto (RASIC & KURMANN, 1978; ROSSI *et alii*, 1978).

A deterioração microbiológica refere-se a alteração do iogurte, provocada por microrganismos contaminantes capazes de crescer a baixas temperaturas e baixo pH (RASIC & KURMANN, 1978).

A deterioração enzimática é devida à presença de enzimas, derivadas da cultura e de organismos contaminantes (RASIC & KURMANN, 1978).

Um dos principais problemas que ocorre durante a estocagem é a pós-acidificação do iogurte (RASIC & KURMANN, 1978; ROSSI *et alii*, 1978). A atividade dos organismos é consideravelmente

reduzida pelo resfriamento, entretanto o produto final sofre pós-acidificação durante a sua estocagem, mesmo a 0-5°C, uma vez que não é possível parar a atividade enzimática das culturas lácticas através do resfriamento (RASIC & KURMANN, 1978; ROSSI *et alii*, 1978). A taxa de pós-acidificação depende da habilidade da cultura, da taxa de fermentação, da temperatura de estocagem e do pH final (RASIC & KURMANN, 1978). Segundo RASIC & KURMANN (1978) valores altos de pH após a incubação induzem uma mais forte pós acidificação que valores mais baixos.

Segundo TOPPINO *et alii* (1977), é possível a manutenção da qualidade do iogurte através da redução do conteúdo de lactose a níveis de 1,13%. KOSIKOWSKI (1979) também cita a lactose como um fator limitante de pós-acidificação.

A relação entre a acidez inicial do iogurte e as mudanças de acidez durante a sua estocagem, foi avaliada por SALJI & ISMAIL (1983). Iogurtes com pH inicial de $4,5 \pm 0,1$; $4,2 \pm 0,1$ e $3,9 \pm 0,1$, foram preparados e estocados a 4 e 7 °C por 3 semanas. O pH e a acidez titulável foram medidos uma vez por semana. Os resultados indicaram que amostras com menor acidez inicial, tiveram um maior aumento de acidez durante a estocagem (pH 4,59-4,15). Amostras com alta acidez inicial permaneceram praticamente estáveis (pH 3,82-3,77). As mudanças de acidez foram mais pronunciadas a 7 °C que a 4 °C, máximas na primeira semanas, e mínimas após este período.

2.3. ULTRAFILTRAÇÃO NA MANUFATURA DE IOGURTE

O uso de ultrafiltração na fabricação de iogurte foi citado pela primeira vez por BUNDGAARD *et alii* (1972). Os autores produziram iogurte a partir de leite desnatado concentrado por ultrafiltração a 13,0% de sólidos totais.

A utilização de ultrafiltração em plantas industriais, de produção de iogurte é citada por alguns autores: HORTON, 1974; NIELSEN, 1976; JEPSEN, 1977 (a); JEPSEN, 1977 (b); MORGENSEN, 1980).

Segundo GENNIP (1973), como citado por TAMIME & DEETH (1980), a prática comercial comum de fortificação do leite através da adição de leite em pó, pode ter suas desvantagens, tais como: produção excessiva de ácido e desvios de sabor. A alta produção de ácido têm sido atribuída ao alto nível de lactose e também ao aumento da concentração de nutrientes propícios ao crescimento bacteriano.

A produção de iogurte a partir de leite desnatado concentrado por ultrafiltração, proporciona um aumento do teor de proteínas e a retenção das proteínas do soro no produto final, o que permite uma maior absorção de água, além do que o produto acabado fica mais viscoso que um iogurte com o mesmo teor de sólidos, obtido pelos métodos tradicionais (ANON, 1980; ABRAHAMSEN & HDLMEN, 1980).

A viscosidade e a estabilidade física no iogurte são propriedades importantes no produto e a ultrafiltração tem um efeito benéfico por aumentar o conteúdo de proteínas sem aumentar o

conteúdo de lactose (BJERRE & NIELSEN, 1974; LANG & LANG, 1976; NIELSEN, 1976). BJERRE & NIELSEN (1974) citam que uma menor concentração foi requerida, através do uso de ultrafiltração para concentração do leite, para atingir a viscosidade desejada no iogurte final e que ao mesmo tempo os problemas nutricionais, que seriam decorrentes de um aumento do conteúdo de lactose foram evitados.

Segundo BJERRE & NIELSEN (1974)), o uso de ultrafiltração na fabricação de produtos fermentados, resulta em uma utilização mais econômica do leite e que além disso é obtido um maior controle físico, químico e bacteriológico, em relação aos produtos fabricados pelos métodos tradicionais.

NIELSEN (1976) relata que com o uso de ultrafiltração na fabricação de iogurte, é possível obter um aumento da viscosidade e da estabilidade física do iogurte, sem aumentar o consumo de leite. O autor descreve a produção de dois tipos de iogurte em uma indústria dinamarquesa com alta viscosidade, de características adequadas e de maior estabilidade física; sendo que um tipo de iogurte (3,8% de gordura, 12,6% sólidos totais) é produzido a partir de leite desnatado concentrado por ultrafiltração a um fator de concentração de 1,11 (9,6% sólidos totais) e padronizado com creme de leite de modo a obter-se uma mistura com 3,8% de gordura, e o outro tipo de iogurte é produzido a partir de leite desnatado concentrado por ultrafiltração a um fator de concentração de 1,16 (9,8% sólidos totais), padronizado com creme de leite de modo a obter-se uma mistura com 1,5% de gordura.

Devido ao aumento do conteúdo de proteínas resultante do

processo de concentração do leite por ultrafiltração, o iogurte final tem uma maior viscosidade e pode portanto ser feito com um baixo conteúdo de sólidos, sem aumentar a tendência a sinerese (ANON, 1980; JEPSEN, 1977 (a); NIELSEN, 1976). Além disso é possível fabricar um iogurte de boa qualidade com baixo conteúdo de gordura, uma vez que a proteína, em certa extensão, pode substituir o papel da gordura no iogurte (JEPSEN, 1977 (a); NIELSEN, 1976).

CHAPMAN *et alii* (1974) utilizaram leite concentrado por um fator de 2 (18 a 20% de sólidos totais), em uma membrana de acetato de celulose para fabricação de iogurte. O iogurte foi produzido a partir do leite concentrado, sem necessidade de homogenização, através dos procedimentos normais. O coágulo ácido foi formado em 3 horas (pH 4,9) e após estocagem a 5°C por 24 horas (pH 4,25), este foi vigorosamente agitado e embalado. O iogurte apresentou um conteúdo de sólidos totais de 21,0% e uma textura macia, corpo cheio e uma textura cremosa em adição ao sabor ácido típico.

JEPSEN (1977,b) descreve a produção de iogurte em uma planta industrial na Dinamarca. A linha de produção do iogurte é: leite desnatado, ultrafiltração, padronização do conteúdo de gordura, pasteurização, homogenização, fermentação, resfriamento e embalagem. A partir de 100,0 Kg de leite desnatado (3,6% Proteína; 4,9% Lactose; 0,7 % Cinzas; 9,2% Sólidos Totais) obtém-se no processo de ultrafiltração, um concentrado de composição: 4,2% Proteína; 4,9% Lactose; 0,7% Cinzas; 9,8% Sólidos Totais e um permeado de: 0,0% de Proteínas; 4,9% de Lactose; 0,7% Cinzas

e 5,6% de Extrato Seco. O iogurte com 10,5% de Sólidos Totais e 1,5% de Gordura é produzido a partir de 94,0 Kg de concentrado (9,8% S.T.) + 2,0 Kg de Cultura (8,8% S.T.) + 4,0 Kg de Creme (43,7% S.T.; 38,0% G.).

De acordo com SOLTERBECK (1974) como citado por RASIC & KURMANN (1978), um iogurte rico em proteínas e com baixo conteúdo de gordura pode ser produzido a partir de uma mistura de leite integral, leite desnatado com um concentrado, produzido a partir de leite desnatado concentrado por ultrafiltração. Segundo os autores esse iogurte com 1,58% de gordura e 4,20% de proteínas apresenta ótimas características organolépticas.

ABRAHAMSEN & HOLMEN (1980) compararam iogurtes produzidos a partir de leite fortificado por: adição de leite em pó, osmose inversa, evaporação e ultrafiltração, através de medidas de firmeza do coágulo obtido, viscosidade, pH, ácido láctico e de avaliações organolépticas de consistência e sabor. A fortificação do leite foi realizada de modo a aumentar os sólidos totais em 2,5-2,7%, exceto para o leite concentrado por ultrafiltração cujo aumento foi de 2,3%, porque em testes preliminares obtiveram produtos muito firmes com 2,5-2,7%. A ultrafiltração foi realizada em um sistema DDS 20-0,36 LAB. A dessora só foi observada no iogurte preparado com fortificação através da adição de leite em pó após 14 dias de estocagem do mesmo. O iogurte do concentrado obtido por ultrafiltração apresentou firmeza de coágulo e viscosidade bem mais altas que os demais iogurtes, todos os iogurtes apresentaram uma elevação de viscosidade após 14 dias de estocagem, mas esse acréscimo foi maior para o iogurte produzido

a partir do leite concentrado por ultrafiltração. No entanto nas avaliações organolépticas a consistência do coágulo foi considerada muito firme e o sabor muito ácido. O iogurte produzido por ultrafiltração apresentou uma viscosidade e firmeza muito mais altas, com um menor grau de concentração que os demais iogurtes. Segundo os autores é possível fabricar um iogurte com coágulo mais firme e com maior viscosidade através do uso de ultrafiltração com relação a qualquer outro método de fortificação do leite para fabricação de iogurte.

RENNER & EISELT-LOMB (1985,a) avaliaram o efeito da fortificação proteica por caseinato de potássio, soro doce ou acidificado (com e sem tratamento térmico posterior) ou por ultrafiltração na acidificação do iogurte. Eles observaram um aumento de 0,10% no teor de ácido láctico com o aumento da quantidade de soro doce ou ácido adicionado. O aumento do conteúdo de ácido láctico foi bem maior que o observado no caso da adição de soro, quando o leite foi concentrado por ultrafiltração. O iogurte fortificado por adição de proteína de soro acidificado bem como por ultrafiltração, apresentou uma maior acidificação durante a estocagem que os iogurtes fortificados com caseinato de potássio ou com soro doce.

RENNER & EISELT-LOMB (1985,b) avaliaram de modo semelhante a RENNER & EISELT-LOMB (1985,b) o efeito das mesmas variáveis na composição do iogurte e observaram que através da adição de 1% de produtos proteicos, o teor de sólidos totais aumenta em 0,9%, em média. Através do uso de ultrafiltração foi observado um aumento de 0,6-0,7%, quando o fator de concentração foi ele-

vado em 0,2.

RENNER & EISELT-LOMB (1985,c), avaliaram de modo semelhante a RENNER & EISELT-LOMB (1985,a) o efeito das mesmas variáveis na viscosidade e nas características organolépticas do iogurte. Com relação a viscosidade, os autores observaram que a adição de 1% de caseinato de potássio elevou a viscosidade de 1000 Pa.s (no iogurte controle) para 2000 Pa.s e a adição de 2% para 3200 Pa.s. O iogurte produzido a partir do concentrado de ultrafiltração de fator de concentração 1:1,4, apresentou viscosidade igual a 2700 Pa.s. Quando 1,0 a 1,5% de caseinato de potássio foi adicionado ou quando se utilizou a concentração por ultrafiltração a um fator de 1:1,2 a 1:1,4, não ocorreu separação de soro na superfície do iogurte. Nessas condições a fortificação proteica também forneceu as melhores avaliações sensoriais quanto à aparência, consistência, aroma e sabor do iogurte.

TRATNIK & BAKOVIC (1979) concentraram leite desnatado por ultrafiltração até cerca da metade do volume original e ao concentrado obtido foi adicionado creme de leite de modo a obter-se uma mistura com 3,2% de gordura, a partir da qual foi preparado o iogurte. Os autores obtiveram um iogurte similar ao produzido pelo processo tradicional e concluíram que iogurtes típicos e de boa qualidade podem ser obtidos a partir de leite desnatado concentrado por ultrafiltração.

VEINOGLU *et alii* (1978) utilizaram leite concentrado por ultrafiltração a 6,5-9,5% de proteínas e 7,5-13,5% de gordura para fabricação de iogurte e concluíram que o iogurte produzido

a partir do concentrado com 8,5% de proteínas e 9,5% de gordura era superior ao iogurte produzido pelo método tradicional.

EMALDI *et alii* (1974) avaliaram a influência da redução do conteúdo de lactose do leite no desenvolvimento de acidez e na qualidade do iogurte, durante a estocagem. A redução do conteúdo de lactose foi efetuada através do uso de ultrafiltração-diafiltração, onde 150 litros de leite desnatado e pasteurizado foram concentrados por ultrafiltração até a obtenção de 100,0 litros de permeado e em seguida o conteúdo de lactose foi ajustado a 2,0% por diafiltração. Os autores obtiveram um valor de pH de 6,70 para o leite desnatado e de 6,80 para o concentrado. O concentrado obtido foi dividido em 3 lotes (lotes 1, 2 e 3), sendo que aos lotes 2 e 3 foi adicionado creme de leite de modo a obter-se 3 lotes com diferentes conteúdos de gordura/proteína (Lote 1=0,03 gordura/proteína; Lote 2= 1.2 gordura/proteína; Lote 3 = 2,3 gordura/proteína), e estes lotes foram então subdivididos em 7 lotes (1, 2A, 2B, 2C, 3A, 3B e 3C), onde: A não sofreu tratamento térmico a 90°C/10 minutos antes da adição do inóculo, B sofreu tratamento térmico a 90°C/10 minutos antes da adição do inóculo e C além do tratamento térmico foi homogeneizado a 50 atm/25°C após a coagulação. Iogurtes foram produzidos a partir dos sete lotes (1, 2A, 2B, 2C, 3A, 3B e 3C) e através dos resultados obtidos, os autores verificaram que o conteúdo residual de lactose foi suficiente para alimentar uma fermentação láctica e provocar a coagulação do leite. A coagulação ocorreu normalmente após 3 horas de incubação a um pH de 5,2 - 4,9. Os coágulos examinados após a refrigeração, apresentavam-se de

cor branco-neve, superfície lisa, estrutura uniforme e sem separação de soro. O sabor era levemente ácido, delicado e agradável. Os iogurtes 2C e 3C, homogeneizados após a coagulação, apresentavam-se mais fluidos e de consistência mais cremosa. O pH dos iogurtes experimentais, sensivelmente superior ao de referência, diminuiu durante o tempo de armazenamento em cerca de 0,25 unidades, o iogurte de referência não apresentou alteração de pH, durante o mesmo período de armazenamento. Os autores observaram ainda, uma maior vitalidade do fermento láctico nos iogurtes experimentais que no iogurte padrão.

TOPPINO et alii (1977) tendo por objetivo a obtenção de um iogurtes que se conservasse a 25°C por 7 dias sem exceder a 25%SH de acidez, efetuaram testes com iogurtes produzidos a partir de leite com baixo teor de lactose. Inicialmente os autores compararam o efeito da redução do conteúdo de lactose através da diluição de concentrados produzidos por ultrafiltração com água (A1 e A2) com a redução da lactose por diafiltração (B1 e B2) e através dos resultados obtidos concluíram que os dois métodos eram semelhantes e que não influenciavam na qualidade do iogurte final. Os leites A1 (3,30% de proteína; 2,00% de gordura e 1,93% de lactose) e A2 (3,30% de proteína; 2,00% de gordura e 1,13% de lactose) foram subdivididos em 7 lotes, aos quais foi adicionado lactose e/ou maltose e estes foram utilizados para fabricação de iogurtes, iogurtes estes que foram estocados a 25°C após a coagulação. Com base nos resultados obtidos, os autores concluem que é possível atenuar o desenvolvimento de ácidos nos iogurtes durante sua estocagem, particularmente se o conteúdo de lactose

é reduzido a 1,10-1,15%, a acidez é limitada a 36°SH, e os resultados obtidos do ponto de vista organolépticos foram ótimos. Com relação a consistência os autores verificaram que o iogurte produzido a partir do leite delactosado apresenta uma consistência inferior à do iogurte de produção industrial, mas que este pode adquirir uma consistência adequada quando se adiciona maltose.

Em um segundo teste TOPPINO *et alii* (1977) produziram iogurtes a partir dos leites diafiltrados B1 (4,00% de proteína, 2,68% de gordura e 1,05% de lactose) e de B2 (3,20% de proteína, 4,10% de gordura e 4,15 % de lactose) e os mesmos foram estocados a 4 e 25°C. O número de microorganismos viáveis e de °SH foi determinado nos iogurtes durante 28 dias de estocagem nessas temperaturas e com base nos resultados obtidos os autores concluíram que é possível obter um iogurte de ótimo sabor, de consistência normal e com acidez constante a 40°SH por 7 dias a 25°C, quando se procede a delactosagem do leite a valores de lactose inferiores a 1,15% e que a 4°C este tipo de iogurte se conserva por mais de 4 semanas.

ROSSI *et alii* (1978) realizaram um estudo do comportamento de bebidas fermentadas por diversos microorganismos (*L. acidophilus*; *L. bifidus*; *L. bulgaricus* e *S. thermophilus*), produzidas a partir de leites com baixo teor de glicídios (leite ultrafiltrado, leite delactosado via microbiana e leite de soja). No que diz respeito ao comportamento de uma cultura mista de *S. thermophilus* e *L. bulgaricus*, nos diferentes leites, os autores observaram que: para o leite de soja como para o leite ultrafil-

trado, esse aspecto foi satisfatório. Com relação aos aspectos organolépticos, o leite ultrafiltrado apresentou, como o leite controle, um sabor ácido delicado e agradável; o leite delactosado por *K. fragilis* apresentou um ligeiro sabor fermentado; o leite de soja também apresentou esse sabor, o que atenuou o sabor característico da soja.

KOSIKOWSKI (1979) realizou um estudo, cujo objetivo foi a produção de iogurte com baixo conteúdo de lactose a partir de concentrados de ultrafiltração com 20% de proteínas, diluídos a 3,5-4,5% de proteína, ajustados a 1,4-2,6% de gordura e cerca de 1,1% de lactose e fermentados a 43°C por cultura de *S. thermophilus* e *L. bulgaricus* até atingir pH de 4,59 (3,5 a 4 horas). Os iogurtes obtidos nesse experimento apresentaram firmeza satisfatória, viscosidade adequada e sem separação de soro a baixo conteúdo de sólidos. As propriedades organolépticas desses iogurtes naturais com baixo conteúdo de lactose, foram típicas de iogurtes comerciais, exceto por certa falta de sabor e de aroma. Essa falta de sabor foi minimizada através da adição de "buttermilk" e/ou citrato de sódio. O autor obteve uma acidez quase estacionária, de 0,9 a 1,1% de ácido láctico, durante 6 semanas de estocagem a 5°C, e concluiu que a lactose é um fator limitante de pós-acidificação.

3.1. MATERIAL:

3.1.1. Equipamentos e Aparelhos:

- Unidade piloto de ultrafiltração ALFA-LAVAL UFS-1, contendo 1 cartucho de ultrafiltração de fibras capilares tipo HF 26,5-43 PM 50.
- Tanque pasteurizador INADAL, modelo MIX-COMPLET 100, com capacidade para 100 litros e dotado de: agitador, torneira e sistemas de aquecimento e resfriamento programáveis.
- Centrífuga de pratos ALFA-LAVAL, tipo 24 S com capacidade para 100 litros/hora.
- Homogenizador rotativo ULTRA TURRAX da marca HANKE & JUNKEL.
- Estufa secadora FANEM, modelo 330.
- Seladora SELOPAR II.
- Estufas secadoras e esterilizadoras FANEM, modelo 315 SE, a temperaturas de: 32°C, 45°C, 55°C, 105°C e 150°C.
- Banho-Maria FABBE, modelo 110 E.
- Banho-Maria FANEM.
- Balança FILIZOLA, com capacidade para $500 \pm 0,05$ Kg.
- Balança HOBART, com capacidade para $15,000 \pm 0,005$ Kg.
- Balança semi-analítica METTLER P 1000.
- Balança analítica METTLER AE 200.
- Viscosímetro BROOKFIELD LVT.
- Potenciômetro MICRONAL B 375.
- Centrífuga de GERBER.

- Muflas FORLABO.
- Microscópio standard ZEISS.
- Bloco digestor SARGE TE 040/25.
- Sistema de destilação kjedahl SARGE TE 036.
- Autoclave vertical a gás FABBE.
- Fogão CONTINENTAL 2001- Caprice.
- Freezer horizontal METALFRIO 340 litros.
- Freezer vertical METALFRIO 340 litros.
- Geladeira BRASTEMP 340 litros.
- Geladeiras GENERAL ELETRIC 340 litros.

3.1.2. Outros Materiais:

- Reagentes, meios de cultura e corantes.
- Vidrarias de laboratório.
- Cultura láctica de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* VISBY.
- Copos plásticos de 200ml com tampa termosoldável BRAS-

HOLANDA:

- Leite em pó desnatado instantâneo.
- Vasilhames plásticos para alimentos de 2,0; 5,0; 10,0 e 20,0 litros.
- Filme de polietileno.

3.2. MÉTODOS:

3.2.1. Ensaio Preliminares:

3.2.1.1. Leite Integral:

Foram realizados 3 experimentos preliminares de concentração de leite integral por ultrafiltração e posterior fabricação de iogurtes a partir dos concentrados obtidos e dos leites controles. Esses experimentos, foram designados de EA, EB e EC. O processo de obtenção dos concentrados foi realizado conforme descrito na metodologia 3.2.4. No experimento EA utilizou-se fatores de concentração de 1,00 a 1,85 e nos experimentos EB e EC de 1,00 a 1,35.

Os iogurtes foram produzidos a partir dos leites controles e dos concentrados obtidos nesses experimentos em copos plásticos de 200 ml, conforme descrito na metodologia 3.2.4.5. e foram avaliados através de determinações de pH, acidez titulável e viscosidade aparente.

3.2.1.2. Leite com Baixo Teor de Lactose:

Foram realizados 2 experimentos preliminares de obtenção de leites com baixo teor de lactose, através da técnica de diafiltração dos concentrados, a qual consistiu na adição de água ao concentrado durante o processo de ultrafiltração, a fim de promover maior fracionamento. Nesses experimentos quando o con-

centrado era diluído com água, retirava-se uma determinada quantidade da mistura resultante, a qual apresentava uma redução no conteúdo de lactose devido à adição de água, antes de continuar o processo de ultrafiltração e esses concentrados diluídos foram designados de leites diafiltrados.

Os dois experimentos preliminares foram designados de ED e EE. Nos dois experimentos o leite cru integral foi processado, conforme descrito na metodologia 3.2.4. No experimento ED foram obtidos 2 leites com baixo conteúdo de lactose (ED.B e ED.C) e no experimento EE foram obtidos 3 leites com baixo conteúdo de lactose (EE.B, EE.C e EE.D), sendo que ED.A e EE.A referem-se, respectivamente, aos leites controles utilizados nos experimentos ED e EE.

Os iogurtes foram produzidos a partir dos leites controles e dos leites com baixo conteúdo de lactose conforme descrito na metodologia 3.2.4.5 e foram avaliados através de curvas de abaixamento de pH e de desenvolvimento de acidez titulável obtidas durante o processo de fermentação (metodologia 3.2.5.2.1), de determinações de pH e de acidez titulável durante a estocagem (metodologia 3.2.5.2.3) e de tempo de coagulação (metodologia 3.2.5.2.2.). As características organolépticas dos iogurtes foram avaliadas através de observações pessoais.

3.2.1.3. Leite Desnatado:

Foram realizados dois experimentos preliminares de concentração de leite desnatado por ultrafiltração, designados de

EF e EG. O processo de tratamento do leite e de concentração do mesmo por ultrafiltração foi realizado conforme descrito na metodologia 3.2.4. No experimento EF foram obtidos concentrados com fatores de concentração variando de 1,00 a 2,77 e no experimento EG de 1,00 a 1,31.

Iogurtes foram produzidos em copos plásticos de 200 ml a partir dos leites controles e dos concentrados obtidos nos 2 experimentos, conforme descrito na metodologia 3.2.4.5. Esses iogurtes foram avaliados após 24 horas de estocagem a 5°C quanto a pH, acidez titulável e viscosidade aparente.

3.2.2. Experimentos Finais com Concentrados de Leite Integral e com Leites Diafiltrados:

Os experimentos finais com leite integral foram designados de experimentos I e II, referindo-se, respectivamente, ao primeiro e segundo experimento.

Nesses experimentos concentrou-se o leite integral por ultrafiltração até obtenção de concentrados com os seguintes fatores de concentração: 1:1,10; 1:1,20 e 1:1,30. Após a separação do último concentrado (fator 1:1,30) o leite integral foi concentrado por ultrafiltração até fator de 1:2,5, foi adicionada água e foi separada uma alíquota da mistura resultante (LDI.A no experimento I e LDII.A no experimento II). Em seguida o leite foi concentrado até fator de 1:2,0, foi adicionada água e novamente foi separada uma alíquota da mistura resultante (LDI.B no experimento I e LDII.B no experimento II) e novamente o leite

foi concentrado até fator de 1:2,0, foi adicionada água e foi obtido o último leite com baixo conteúdo de lactose LDI.C no experimento I e LDII.C no experimento II. Esses experimentos estão esquematizados nos Fluxogramas I e II. O processamento do leite foi realizado conforme descrito na metodologia 3.2.4.

Os processos de concentração de leite integral por ultrafiltração e de diafiltração de leite integral foram caracterizados através de balanços de massas, de cálculos dos fatores de concentração e dos coeficientes de rejeição (metodologia 3.2.4.4.D) e através de análises físico-químicas dos leites controles, concentrados e permeados, realizadas em quadruplicatas conforme metodologia 3.2.5.1.

Os iogurtes foram produzidos, a partir dos leites controles e dos concentrados obtidos na concentração de leite integral, conforme descrito em 3.2.4.5. e foram avaliados através de curvas de pH e de acidez titulável durante o processo de fermentação (metodologia 3.2.5.2.1.), do tempo de coagulação (metodologia 3.2.5.2.2.), de determinações de pH e de acidez titulável durante a estocagem a 5°C (metodologia 3.2.5.2.3.), através de determinações de viscosidade aparente (metodologia 3.2.5.2.4.) e de análise sensorial (metodologia 3.2.7.1.).

Os iogurtes produzidos a partir dos leites diafiltrados, conforme descrito em 3.2.4.5., foram comparados com iogurtes produzidos a partir dos leites controles (metodologia 3.2.4.5.) através de curvas de abaixamento de pH e de desenvolvimento de acidez titulável durante o processo de fermentação (metodologia 3.2.5.2.1.), do tempo de coagulação (metodologia 3.2.5.2.2.) e

de determinações de pH e de acidez titulável durante estocagem a 5°C (metodologia 3.2.5.2.3.). As características organolépticas foram avaliadas através de observações pessoais.

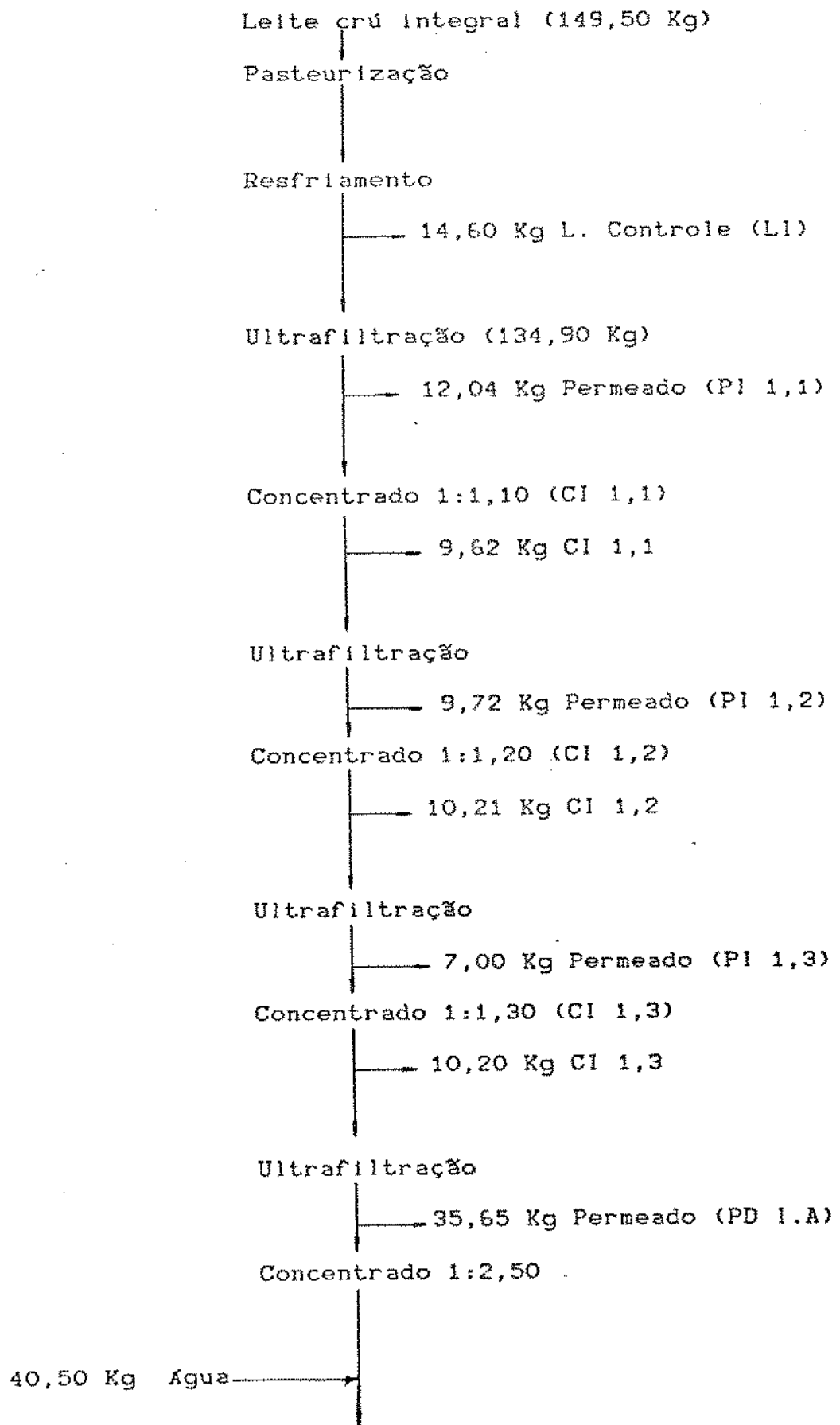
3.2.3. Experimentos Finais com Leite Desnatado:

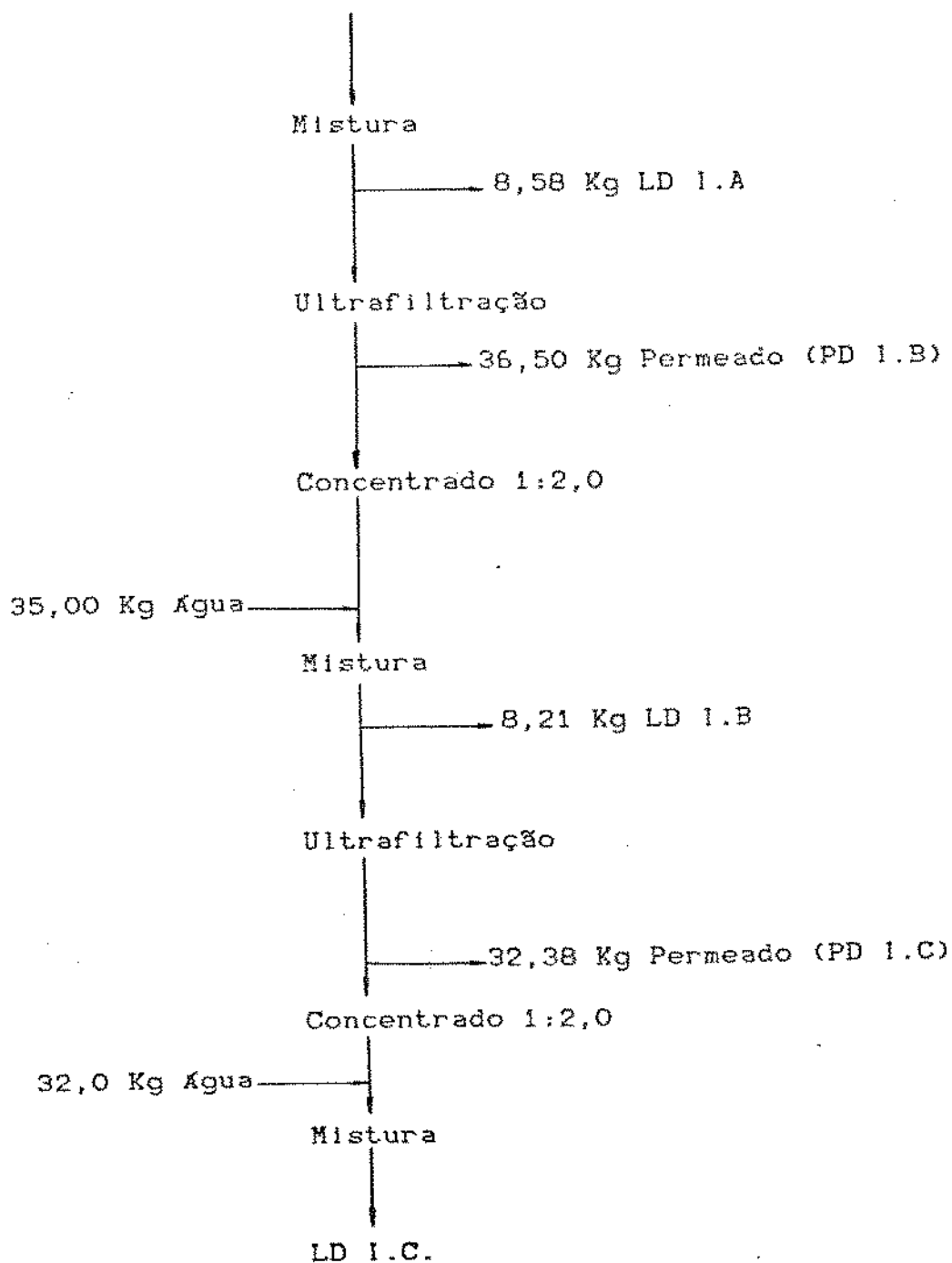
3.2.3.1. Leite Desnatado e Concentrados:

Foram realizados 3 experimentos de concentração de leite desnatado por ultrafiltração, designados de experimentos III, IV e V., conforme descrito na metodologia 3.2.4.

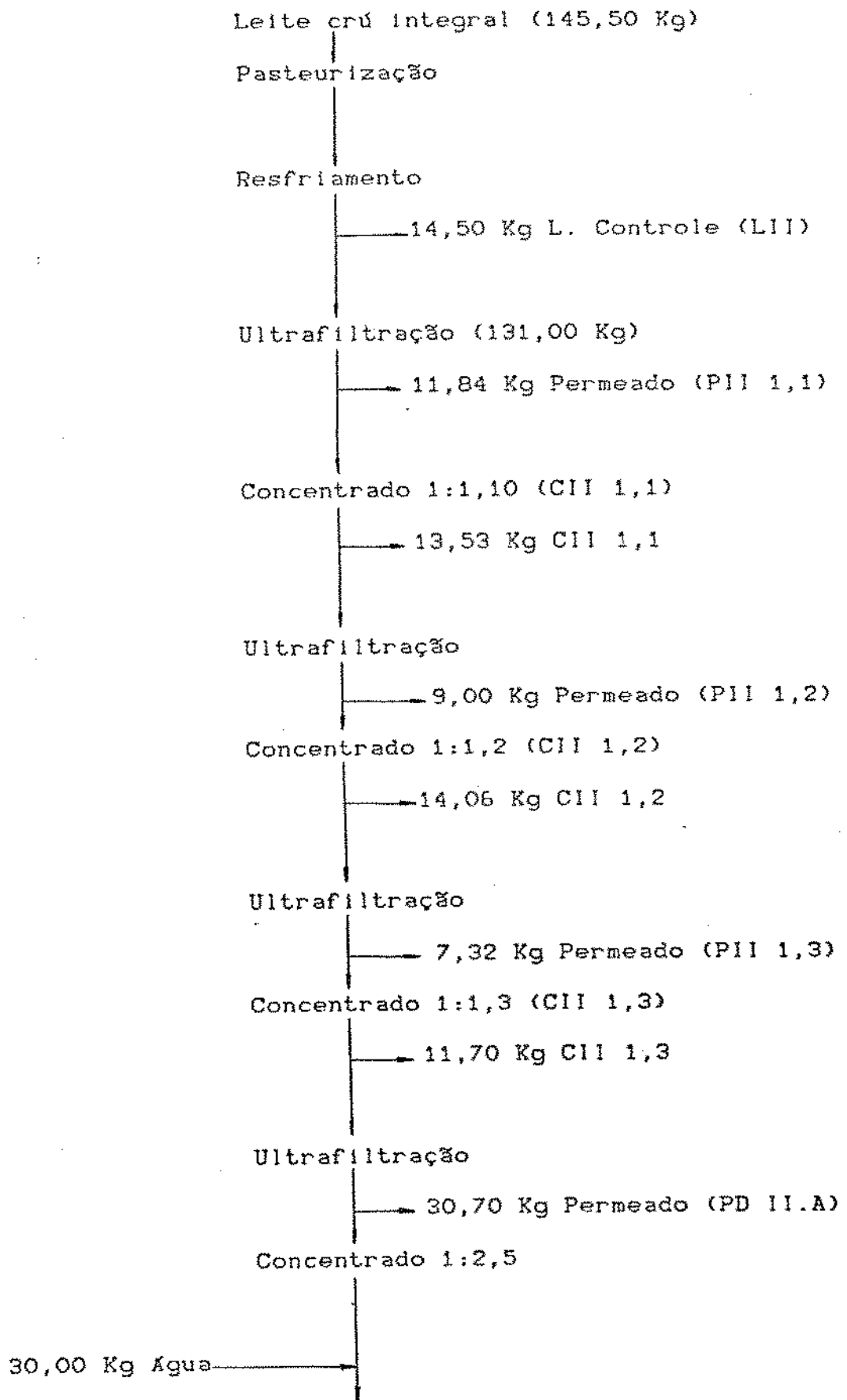
Nesses experimentos foram utilizados fatores de concentração de 1:1,10; 1:1,20 e 1:1,30, com exceção do experimento IV no qual foram obtidos apenas 2 concentrados de fatores 1:1,10 e 1:1,20.

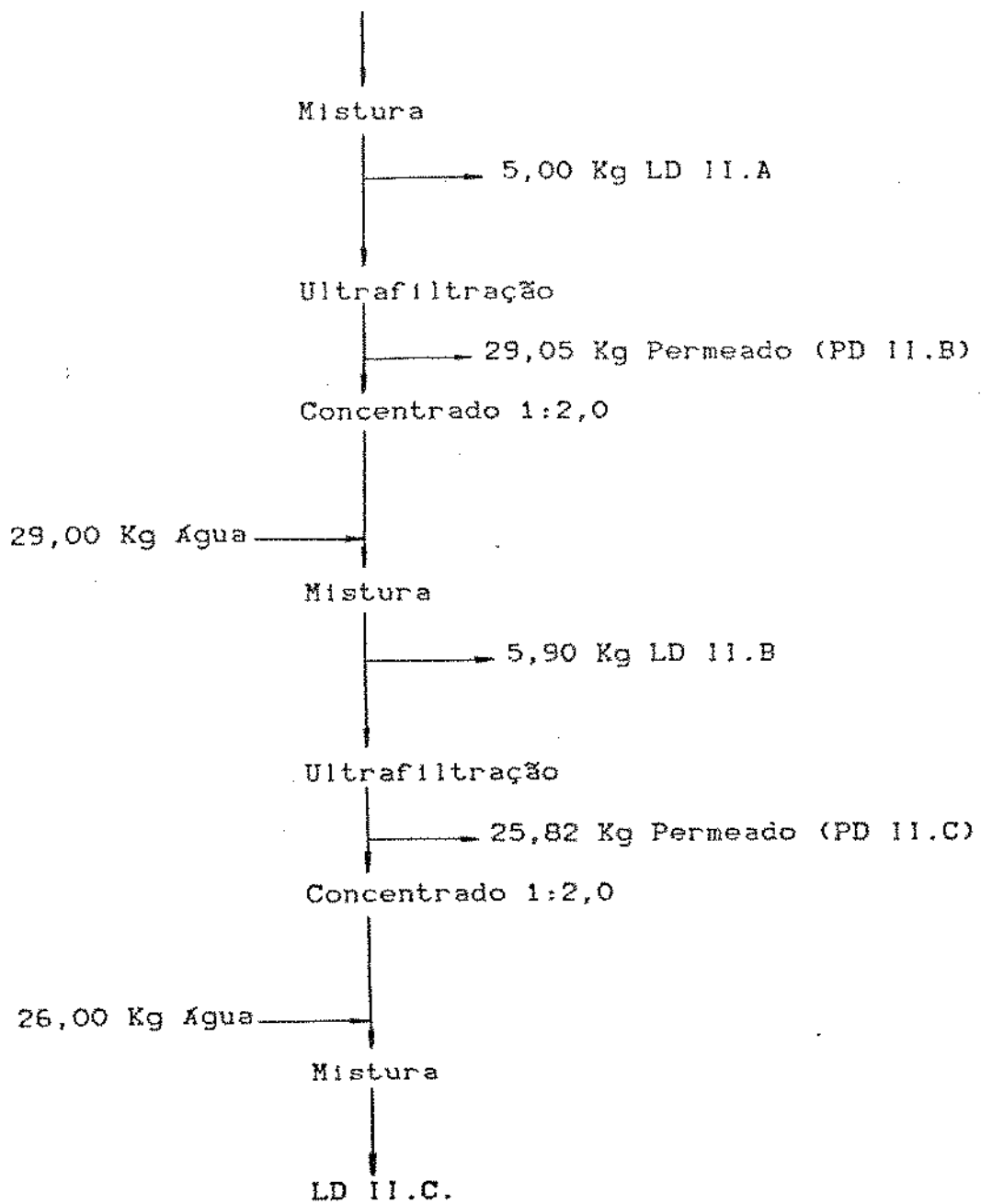
A caracterização do processo de concentração de leite desnatado por ultrafiltração foi realizada através de análises físico-químicas dos leites, concentrados e permeados (metodologia 3.2.5.1.), de balanços de massa e de cálculos dos fatores de concentração e dos coeficientes de rejeição, cálculos realizados conforme metodologia 3.2.4.4.D..





FLUXOGRAMA 1: Processo de obtenção dos concentrados de leite integral e dos leites diafiltrados no experimento I.





FLUXOGRAMA II: Processo de Obtenção dos Concentrados de Leite Integral e dos Leites Diafiltrados no Experimento II.

Os iogurtes produzidos a partir dos leites controles e dos concentrados obtidos nesses experimentos foram avaliados através de curvas de pH e de acidez titulável obtidas durante o processo de fermentação (metodologia 3.2.5.2.1.), durante a estocagem a 5°C (metodologia 3.2.5.2.3.), através do tempo de coagulação (metodologia 3.2.5.2.2.), de determinações de viscosidade aparente (metodologia 3.2.5.2.4.) e de avaliações pessoais das características organolépticas dos iogurtes. Os iogurtes produzidos no experimento V, em copos plásticos de 200ml, foram avaliados quanto à vida de prateleira, conforme descrito na metodologia 3.2.5.2.5.

3.2.3.2. Influência do Conteúdo de Gordura:

Foram preparados iogurtes a partir dos concentrados de fator de concentração 1:1,2 obtidos nos 3 experimentos com leite desnatado e designados de CIII 1,2; CIV 1,2; CV 1,2, com diferentes conteúdos de gordura.

Aos concentrados CIII 1,2; CIV 1,2 e CV 1,2 foi adicionado creme de leite, obtido no processo de desnate, de modo a obter-se misturas com 0, 1, 2, 3 e 4% gordura, designadas de CIII 1,2/0; C III 1,2/2; CIII 1,2/3; CIII 1,2/4; CIV 1,2/0; CIV 1,2/2; CIV 1,2/3; CIV 1,2/4; CV 1,2/0; CV 1,2/1; CV 1,2/2 e CV 1,2/3, e a partir dessas misturas foram produzidos iogurtes conforme descrito na metodologia 3.2.4.5.

A influência do conteúdo de gordura nas qualidades organolépticas dos iogurtes foi avaliada por uma equipe sensorial

através de análises de sabor, acidez e consistência dos iogurtes, conforme metodologia 3.2.7.1.

3.2.3.3. Teste a Nível de Consumidor:

Foram preparados 2 iogurtes, iogurte A preparado a partir do concentrado CV 1,2 adicionado de creme de leite a fim de se obter uma mistura final com 1% de gordura e iogurte B preparado a partir do leite controle LV, adicionado de creme de leite a fim de se obter uma mistura final com 3,0% de gordura, conforme metodologia 3.2.4.5.. Após 24 horas de estocagem a 5°C, os 2 iogurtes foram igualmente homogeneizados e apresentados aos alunos, funcionários e professores da Faculdade de Engenharia de Alimentos e solicitado que avaliassem a existência de diferença entre as 2 amostras e em caso afirmativo indicar a amostra preferida, conforme descrito na metodologia 3.2.7.2.

3.2.4. Processamento:

3.2.4.1. Recepção do Leite:

Os latões de leite cru resfriados, procedentes da Fazenda São Francisco em Amparo - S.P. (Leite Shefa), eram pesados quando de sua chegada, no dia de processo, na Faculdade de Engenharia de Alimentos.

3.2.4.2. Desnate:

Primeiramente procedia-se o aquecimento do leite cru a

40°C em um Tanque Pasteurizador de Misturas para Sorvete, marca INADAL, com capacidade máxima de 100 litros e em seguida o leite era desnatado em uma centrífuga de pratos, marca Alfa-Laval com capacidade de 100 litros/hora. O desnate do leite foi efetuado apenas em experimentos com leite desnatado.

3.2.4.3. Pasteurização:

O leite cru integral ou desnatado era aquecido a 68°C em um tanque pasteurizador de misturas para sorvete com capacidade máxima de 100 litros. Quando a temperatura do leite no tanque atingia 60°C, efetuava-se a recirculação de leite através da torneira do tanque para eliminar esse ponto crítico de contaminação. E quando a temperatura do leite no tanque atingia 68°C, o sistema de aquecimento era desligado e ligava-se o sistema de resfriamento. Após o leite ter sido resfriado a 55°C era retirado um certo volume de leite para fabricação posterior de iogurte (leite controle) e para análises físico-químicas e microbiológicas. O restante do leite era colocado no tanque de alimentação do sistema de ultrafiltração. O volume de leite controle retirado nessa etapa era imediatamente resfriado à temperatura ambiente e armazenado em geladeira a 5°C.

3.2.4.4. Concentração do Leite por Ultrafiltração:

A- Limpeza do Sistema de Ultrafiltração:

Efetua-se a limpeza do sistema de ultrafiltração no dia

anterior ao processamento e imediatamente após o processamento com leite, da seguinte forma:

- Colocação do cartucho de ultrafiltração no sistema de ultrafiltração.

- Enxague do sistema com água filtrada à temperatura ambiente.

- Recirculação de solução de Hidróxido de Sódio 1% por 30 minutos a 50°C.

- Enxague com água filtrada à temperatura ambiente até obtenção de pH neutro.

- Recirculação de solução de Ácido Fosfórico 0,5% a 50°C por 30 minutos.

- Enxague com água filtrada à temperatura ambiente até obtenção de pH neutro.

- Recirculação de solução de Hipoclorito de Sódio 200 ppm à temperatura ambiente por 30 minutos.

- Enxague com água filtrada à temperatura ambiente.

- Medida da vazão de permeado e da taxa de recirculação.*

- Recirculação de solução de Hipoclorito de Sódio 20 ppm à temperatura ambiente.

- Desmontagem do cartucho de ultrafiltração e imersão do mesmo em água clorada (20 ppm).

* Quando as vazões determinadas eram menores do que o esperado, a operação de limpeza era repetida e normalmente efetuava-se a limpeza do sistema de ultrafiltração com detergente enzimático tipo P3-Ultrasil-50 da marca HENKEL.

Todas as operações no sistema de ultrafiltração descritas

anteriormente foram sempre efetuadas sob pressões de $1,75 \text{ Kgf/cm}^2$ e $0,65 \text{ Kgf/cm}^2$, respectivamente, de entrada e saída.

B. Processamento de Leite:

Antes da colocação do leite no tanque de alimentação do sistema de ultrafiltração, o cartucho de ultrafiltração era colocado no sistema e procedia-se o enxague do mesmo com um grande volume de água filtrada, à temperatura ambiente, para eliminar quaisquer resíduo de cloro.

Leite integral ou desnatado, pasteurizado e à temperatura de 55°C era concentrado em um sistema de ultrafiltração de fibras capilares da marca Romicon tipo HF 26,5-43-PM-50 sob pressões de $1,75 \text{ Kgf/cm}^2$ e $0,65 \text{ Kgf/cm}^2$, respectivamente, de entrada e saída, até obtenção do grau de concentração previamente estabelecido. O grau de concentração era determinado através do volume de permeado a ser retirado em função do volume inicial de leite. O permeado era coletado durante o processamento e pesado em uma balança HOBART com capacidade para $15,000 \pm 0,005 \text{ Kg}$, e quando atingia-se o grau de concentração desejado, o sistema era colocado em recirculação fechada, ou seja, a mangueira de permeado era colocada no tanque de alimentação do sistema de ultrafiltração. Após a retirada de um certo volume de concentrado do tanque de alimentação, o sistema era novamente colocado em circulação aberta até a obtenção do volume de permeado necessário para o concentrado atingir o grau de concentração seguinte, e nesse instante o sistema era novamente colocado em circulação fechada até a retirada do concentrado seguinte. Procedia-se do

mesmo modo para a obtenção do terceiro concentrado. Normalmente retiravam-se 3 concentrados por experimento e após a retirada do último concentrado, quando não se efetuaria a diafiltração, o sistema era enxaguado e a limpeza e a sanificação era realizada como descrito no item A.

Os concentrados obtidos eram imediatamente resfriados à temperatura ambiente e armazenados em geladeira a 5°C.

C. Processamento de Leite com Diafiltração:

O leite ou concentrado era recirculado através de um sistema de ultrafiltração de fibras capilares até atingir um grau de concentração previamente estabelecido, ou seja ter-se coletado um certo volume de permeado. Nesse instante o sistema era colocado em circulação fechada, ou seja, a mangueira de permeado era colocada no tanque de alimentação e adicionava-se uma quantidade previamente determinada de água filtrada e pasteurizada. O sistema permanecia 10 minutos em circulação fechada para completa mistura da água com o concentrado e após este tempo retirava-se uma quantidade determinada de leite com baixo conteúdo de lactose do tanque do sistema de ultrafiltração e o sistema era novamente colocado em circulação aberta. Procedia-se do mesmo modo até a obtenção do último leite com baixo conteúdo de lactose e quando este leite era retirado o sistema era enxaguado, limpo e sanitizado como descrito no item A.

Os leites com baixo conteúdo de lactose eram imediatamente resfriados e armazenados em geladeira a 5°C.

D. Cálculos dos Fatores de Concentração e dos Coeficientes de Rejeição:

D.1. Fator de Concentração:

O fator de concentração foi determinado através da redução de volume obtida durante o processo de ultrafiltração:

Fator de

$$\text{Concentração} = \frac{\text{P.Inicial} \times \text{F.C. Inicial}}{\text{P.Inicial} - \text{P.Permeado}}$$

O fator de concentração dos componentes foi determinado através da relação:

$$\begin{array}{l} \text{Fator de Concentração} \\ \text{do componente 1} \end{array} = \frac{\text{Concentração de 1} \\ \text{no concentrado}}{\text{Concentração de 1} \\ \text{no leite controle}}$$

D.2. Coeficiente de Rejeição:

O coeficiente de rejeição foi calculado conforme descrito no FIL-IDF(1981):

Coeficiente de Rejeição

do componente i $= 1 - (C_{ip}/C_{ic})$

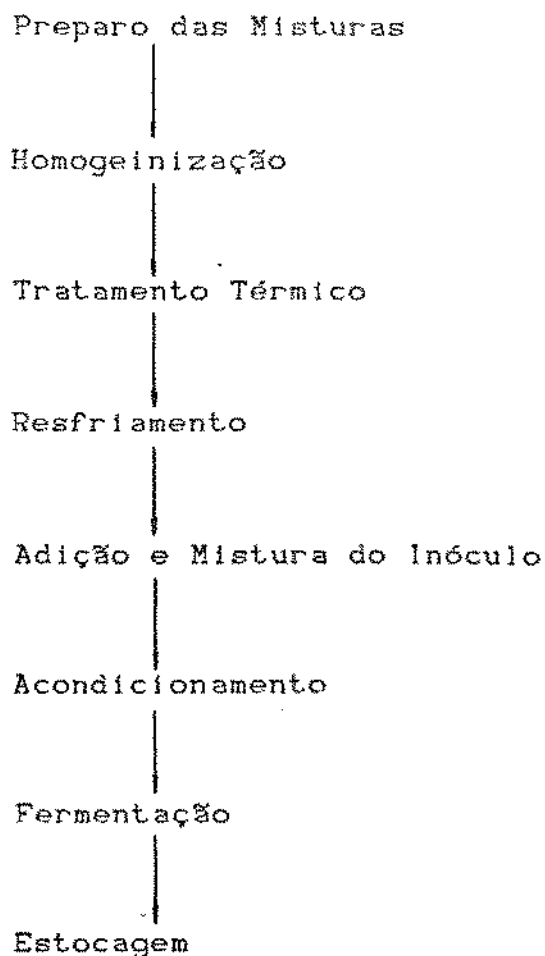
onde:

C_{ip} = Concentração do componente i no permeado.

C_{ic} = Concentração do componente i no concentrado.

3.2.4.5. Fabricação do Iogurte:

O processo básico de fabricação dos iogurtes seguiu o seguinte fluxograma de processo:



Preparo das Misturas: Os leites iniciais, concentrados e leites com baixo conteúdo de lactose eram utilizados diretamente. No caso dos experimentos III, IV e V adicionou-se creme de leite aos concentrados de fator 1:1,2 de modo a obter-se misturas com 0, 1, 2, 3 e 4% de gordura. No caso do teste sensorial a nível de consumidor, adicionou-se creme de leite ao leite inicial LV e ao concentrado CV 1,2. Em ambos os casos os cremes de leite adi-

cionados foram os obtidos no processo de desnatado do experimento em questão.

Homogeneização: As misturas preparadas através da adição de creme de leite ao leite ou ao concentrado eram aquecidas a 40°C e homogeneizadas em um homogenizador rotativo Ultra Turrax da marca JANKE & HUNKEL, na velocidade máxima por 2 minutos, para uma completa incorporação da gordura.

Tratamento Térmico: Todos os leites, concentrados e misturas foram tratados a 90°C por 5 minutos.

Resfriamento: Imediatamente após o tratamento térmico os leites, concentrados e misturas eram imediatamente resfriados a 45°C.

Inóculo: A cultura inicialmente utilizada foi uma cultura liofilizada de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* da marca VISBY. Essa cultura foi ativada segundo as técnicas recomendadas pelo fabricante e mantida através de repicagens periódicas em leite em pó desnatado reconstituído a 10% e autoclavado a 121°C/7 minutos. O controle do balanço adequado entre os dois microrganismos (1:1), da atividade da cultura e de sua pureza foi efetuado através do controle do tempo de coagulação a 45°C e de exames microscópicos de lâminas preparadas como descrito pela AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1972). O inóculo era preparado no dia anterior ao processamento através da transferência de 2,0% da cultura ativa e balanceada (1:1) em um volu-

me, de leite em pó desnatado e reconstituído a 10% e autoclavado a 121°C/7 minutos, suficiente para todos os iogurtes a serem produzidos no experimento em questão. O inóculo era mantido em geladeira até o instante de sua adição e era adicionado na proporção de 2,0% no volume a ser produzido de iogurte. Utilizava-se o mesmo inóculo para a mesma série de iogurtes a ser produzida em cada processamento.

Acondicionamento: Conforme a avaliação a ser realizada, os iogurtes eram acondicionados nos seguintes recipientes, após a sanitização dos mesmos por imersão em solução de hipoclorito de sódio 200 ppm por 5 minutos e enxague em solução de hipoclorito de sódio 20 ppm.

- Copos Plásticos: Para avaliações de viscosidade dos iogurtes e de vida de prateleira no caso do experimento V. As misturas para iogurte eram acondicionadas em copos plásticos de 200 ml Brasholanda e os copos eram fechados com tampas adequadas na seladora SELOPAR II..
- Tubos com Rosca: Para realização de medidas de pH e de acidez titulável durante o processo de fermentação e durante a estocagem e do tempo de coagulação, as misturas eram acondicionadas em tubos com rosca de 70 ml e fechados com as tampas adequadas.
- Béquers: Para realização de avaliações sensoriais, as misturas eram acondicionadas em béquers de vidro de 2,0 litros

e fechados com filme de polietileno.

Fermentação: As misturas devidamente acondicionadas em copos ou béquers eram incubadas em estufa a 45°C por 2:30 h a 3:00 horas. As misturas acondicionadas em tubos com rosca eram incubadas em Banho-Maria a 45°C para determinações periódicas de pH e de acidez titulável durante o processo de fermentação.

Estocagem: Os iogurtes preparados em copos e béquers eram retirados da estufa e imediatamente colocados em geladeira a 5°C. Os iogurtes preparados em tubos de ensaio eram retirados do Banho-Maria e colocados em geladeira a 5°C.

3.2.5. Análises Físico-Químicas:

3.2.5.1. Leites, Concentrados, Permeados e Misturas.

3.2.5.1.1. Acidez Titulável (A.T.): Utilizou-se o método de titulação de 10 ml de amostra, em presença do indicador fenolftaleína, com solução Dornic (N/9), como descrito por ATHERTON & NEWLANDER (1981). O resultado expresso em % de ácido láctico.

3.2.5.1.2. Cinzas (C): Utilizou-se o método de incineração em mufla a 550°C, como descrito na seção 16.035 da A.O.A.C. (1984).

3.2.5.1.3. Extrato Seco (ES): Utilizou-se o método de secagem em estufa a 105°C, como descrito na seção 16.032 da A.O.A.C. (1984).

3.2.5.1.4..Gordura(G): Utilizou-se o método de Gerber, como descrito por ATHERTON & NEWLANDER (1981).

3.2.5.1.5..Lactose (L): Calculada por diferença:

$$\%E.S. - \%P - \%G - \%C = \%L$$

3.2.5.1.6..Proteína Total: Utilizou-se o método Kjeldahl como descrito na seção 16.036 da A.O.A.C.(1984).

3.2.5.1.7. pH: Efetuou-se medidas de pH em um potenciômetro Microanal modelo B 375, devidamente calibrado antes das medidas.

3.2.5.2.: Iogurtes, Misturas:

3.2.5.2.1. Abaixamento de pH e Desenvolvimento de Acidez Titulável durante o Processo de Fermentação:

As misturas eram inoculadas e acondicionadas em tubos com rosca e incubadas em Banho-Maria a 45°C como descrito em 3.2.4.5.. Em intervalos de 20 minutos retirava-se um tubo de cada mistura e imediatamente resfriava-se-os em banho de gelo à temperatura ambiente e homogeneizava-se a amostra no tubo através de agitações por inversão. Em cada tubo era efetuada a medida de pH como descrito na metodologia 3.2.5.2.7. e de acidez titulável como descrito na metodologia 3.2.5.2.6. Quando da formação de um gel homogêneo no tubo, essas medidas eram interrompi-

das e os tubos armazenados em geladeira.

3.2.5.2.2. Tempo de Coagulação:

O tempo decorrido entre o início da coagulação do leite e a formação de um gel branco e homogêneo no tubo foi denominado de tempo de coagulação, este tempo era determinado durante o processo de fermentação em que se realizavam determinações de pH e de acidez titulável. O tempo de coagulação foi medido com auxílio de um cronômetro.

3.2.5.2.3. pH e Acidez Titulável durante a Estocagem:

Nos intervalos de 1, 7, 15 e 30 dias retirava-se um tubo de cada amostra de iogurte armazenada em geladeira a 5°C e realizava-se determinações de pH e de acidez titulável.

3.2.5.2.4. Viscosidade:

As determinações de viscosidade foram realizadas após 24 horas no caso dos ensaios preliminares EA, EB, EC, EF e EG, após 48 horas nos demais experimentos e após 15 e 30 dias no caso particular dos iogurtes produzidos a partir do leite inicial LV e dos concentrados CV 1,1; CV 1,2 e CV 1,3.

Os iogurtes preparados em copos plásticos de 200 ml, eram retirados da geladeira e mantidos em caixas de isopor durante as determinações de viscosidade.

Após a quebra inicial do coágulo da amostra de iogurte no copo, através do uso de uma colher de sopa, de maneira uniforme, a leitura de viscosidade era efetuada em um viscosímetro Brookfield modelo LVT, spindle 4 e velocidade de 6 r.p.m.. Tomava-se o cuidado de proceder à homogeneização das amostras sempre da mesma forma.

A leitura no viscosímetro foi convertida em centipoise através da multiplicação pelo fator 1 M, como recomendado pelo fabricante do equipamento.

Após a determinação de viscosidade, efetuava-se a determinação de pH nos copos de iogurte.

3.2.5.2.5. Vida de Prateleira:

No caso do experimento V, os iogurtes produzidos a partir dos leites controles e dos concentrados conforme metodologia 3.2.4.5., acondicionados em copos e estocados em geladeira a 5°C foram examinados após 1, 15 e 30 dias de estocagem, quanto a pH, acidez titulável, viscosidade, dessora e presença de fungos.

A análise de dessora foi feita através da observação visual quando da abertura do copo e do corte do coágulo para se observar se havia soro livre.

A presença de fungos foi avaliada através da observação visual de sua ocorrência na superfície dos copos quando abertos.

3.2.5.2.6. Acidez Titulável:

As determinações de acidez titulável foram realizadas através da titulação de 10 gramas de amostra, em presença do indicador fenolftaleína, com solução Dornic N/9, como descrito por ATHERTON & NEULANDER (1981) e os resultados foram expressos em % de ácido láctico.

3.2.5.2.7. pH:

As medidas de pH foram efetuadas em um potenciômetro MICRONAL modelo B 375, devidamente calibrado antes das medidas.

3.2.6. Análises Microbiológicas:

Realizou-se determinação de contagem total de termófilos e de mesófilos, nas amostras retiradas antes e após o processo de ultrafiltração em erlenmeyers esteréis, visando-se o controle do processo.

A contagem total de mesófilos foi realizada através da incubação em meio Plate Count Agar a 32°C/48 horas das amostras diluídas e plaqueadas conforme descrito por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1972).

A contagem total de termófilos foi realizada através da incubação em meio Plate Count Agar a 55°C/48 horas das amostras diluídas e plaqueadas conforme descrito por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1972).

3.2.7. Análise Sensorial:

As amostras de iogurte para Análise Sensorial eram preparadas no dia anterior ao teste sensorial em béquers de 2,0 litros. Antes da distribuição em béquers de 50 ml ou em copos plásticos (teste de consumo), as amostras de iogurte eram igualmente homogeneizadas com colheres de sopa.

3.2.7.1. Testes no Laboratório:

A análise sensorial realizou-se no Laboratório de Análise Sensorial da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas.

Utilizou-se uma equipe de 8 provadores semi-treinados.

Realizou-se duas provas com repetição, sendo uma de manhã e a outra no meio da tarde, em cada experimento.

A ordem de apresentação das amostras foi sorteada ao acaso. As amostras eram servidas em béquers de 50 ml, contendo 20 ml de amostra, acondicionados em uma bandeja de isopor para manutenção da temperatura.

Em cada prova apresentavam-se 4 amostras codificadas a cada provador e solicitava-se ao mesmo que avaliasse o sabor, a acidez e a consistência da amostra, em uma mesma ficha. A ficha utilizada é apresentada no Anexo I. O provador expressava sua opinião através de um traço vertical em uma escala não estruturada de nove pontos. O ponto assinalado pelo provador era posteriormente medido com relação a sua posição relativa na escala.

O delineamento utilizado foi o quadrado latino (MORAES, 1983) e os resultados foram avaliados por Análise de Variância (MORAES, 1983). Quando a análise de variância apontou diferenças significativas entre as amostras, realizou-se o teste de médias, no caso o Teste de Tukey (MORAES, 1983), para verificar especificamente entre quais amostras havia diferença.

3.2.7.2. Teste de Consumo:

O teste de consumo foi realizado na Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, utilizando-se alunos, funcionários e professores.

Utilizou-se 100 pessoas. A cada provador apresentava-se 2 amostras de iogurte codificadas como amostras A e B, onde A foi produzido a partir do concentrado CV 1,2 padronizado com creme de leite a 1% de gordura e B a partir do leite controle LV padronizado com creme de leite a 3% de gordura; em copos plásticos de 20 ml e solicitava-se que avaliasse a existência de diferença entre as amostras e em caso afirmativo que indicasse a amostra preferida. A opinião dos provadores era expressa em uma ficha (Anexo II).

Os resultados foram avaliados através da Tabela do X^2 e usando escala monocaudal para diferença e bicaudal para preferência a nível de 0,01% de probabilidade (MORAES, 1983).

ANEXO I

Nome: _____ Data ___/___/___

Prove as amostras e avalie, de acordo com a escala abaixo, o sabor, a acidez e a consistência das mesmas.

SABOR

Nº da Amostra	Ruim	Excelente
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

ACIDEZ

Nº da Amostra	Muito Acido	Ideal	Não Acido
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

CONSISTENCIA

Nº da Amostra	Mole	Ideal	Muito Firme
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Comentários: _____

ANEXO II

NOME: _____ Data ___/___/___

Prove as duas amostras A e B e verifique se existe diferença entre as duas, caso exista, assinale a amostra que você prefere.

Existe Diferença Sim____ Não____

Prefiro a Amostra A____ B____

3.2.8. Gráficos:

Os gráficos foram realizados com auxílio do programa ENERGRAPHS no microcomputador SCOPUS. Os dados obtidos foram ajustados através de equações polinomiais de grau 3, as quais são apresentadas no Apêndice A, para uma melhor ilustração dos mesmos.

4-RESULTADOS E DISCUSSÃO:

4.1- Ensaio Preliminares:

4.1.1.- Leite Integral:

Foram realizados 3 ensaios preliminares de concentração de leite integral por ultrafiltração, conforme descrito na metodologia 3.2.1.1.

Na Tabela 4.1.1. é apresentada a composição química e o fator de concentração dos leites controles e dos concentrados, obtidos nos ensaios EA, EB e EC.

Os dados apresentados na Tabela 4.1.1., mostram os diversos fatores de concentração testados nesta fase, visando a definição de 3 fatores de concentração a serem testados posteriormente. Através desses dados verifica-se que todos os componentes do leite aumentaram com o aumento do fator de concentração, com exceção da lactose cuja concentração diminuiu com o aumento do fator de concentração nos experimentos EB e EC e apresentou comportamento variável no experimento EA.

Na Tabela 4.1.2. são apresentados os valores de pH, de acidez titulável e de viscosidade dos iogurtes produzidos em copos, conforme metodologia 3.2.4.5., a partir dos leites controles e concentrados obtidos nos ensaios preliminares EA, EB e EC.

TABELA 4.1.1.: Composição Química e Fator de Concentração dos leites iniciais e concentrados obtidos nos ensaios EA, EB e EC.

Ensaio	Código	F.C.*	Gordura (%)	Prot. (%)	Cinzas (%)	E.Seco (%)	Lactose (%)
	EAL	1:1,00	2,65	2,93	0,68	11,26	5,00
	EA1,21	1:1,21	3,15	3,54	0,75	12,41	4,97
EA	EA1,42	1:1,42	4,50	4,16	0,81	14,47	5,00
	EA1,85	1:1,85	4,90	5,42	0,92	18,81	5,57
	EBL	1:1,00	3,50	2,87	0,64	11,21	4,20
	EB1,18	1:1,18	4,50	3,38	0,66	12,74	4,20
EB	EB1,22	1:1,22	4,70	3,51	0,67	12,89	4,01
	EB1,27	1:1,27	4,80	3,64	0,68	13,10	3,98
	EB1,30	1:1,30	4,90	3,72	0,70	13,24	3,92
	ECL	1:1,00	3,00	2,93	0,64	11,23	4,66
	EC1,14	1:1,14	3,50	3,33	0,64	12,01	4,54
	EC1,19	1:1,19	3,80	3,48	0,68	12,18	4,22
EC	EC1,26	1:1,26	4,10	3,70	0,69	12,55	4,06
	EC1,34	1:1,34	4,30	3,92	0,72	12,92	3,98
	EC1,35	1:1,35	4,40	3,96	0,73	13,08	3,99

F.C.*= Fator de Concentração = $\frac{\% \text{ Proteína no Concentrado}}{\% \text{ Proteína no Leite Inicial}}$

TABELA 4.1.2.: pH, Acidez Titulável e Viscosidade dos iogurtes preparados a partir dos leites controles e concentrados obtidos nos ensaios EA, EB e EC.

Logurte	pH(1)	Acidez Titulável(1) (% ac. láctico)	Viscosidade Aparente(1) (cps x 10 ³)
EAL	4,25	0,68	16,0
EA 1,21	4,25	0,70	27,0
EA 1,42	4,51	0,71	30,7
EA 1,85	4,74	0,73	38,7
EBL	4,40	0,71	10,3
EB 1,18	4,45	0,74	14,6
EB 1,22	4,45	0,76	15,5
EB 1,27	4,46	0,78	16,6
EB 1,30	4,47	0,80	22,0
ECL	4,32	0,79	10,5
EC 1,14	4,32	0,81	13,0
EC 1,19	4,37	0,83	17,9
EC 1,26	4,41	0,84	18,5
EC 1,34	4,48	0,85	19,5
EC 1,35	4,49	0,86	22,1

(1)= Determinações realizadas após 24 horas de estocagem a 5°C.

Os valores apresentados na Tabela 4.1.2. de pH e de acidez titulável indicam que os iogurtes produzidos a partir dos concentrados apresentam maior valor de pH e de acidez titulável que os iogurtes produzidos a partir dos leites controles (EAL, EBL e ECL). O aumento de pH e de acidez titulável verificado nos iogurtes produzidos a partir dos leites concentrados pode ser atribuído ao efeito tamponante decorrente do aumento da concentração de proteínas e de sais minerais nos leites concentrados por ultrafiltração, conforme citado por BRULLE *et alii* (1974) e CASIRAGHI (1987).

O leite controle no ensaio EA (EAL) apresentou conteúdo de proteínas e de sólidos totais aproximadamente igual aos outros leites iniciais (EBL e ECL), conforme Tabela 4.1.1., e no entanto o iogurte produzido a partir do mesmo apresentou um valor de viscosidade aparente bem mais alto que os outros iogurtes controles (EBL e ECL). Esse aumento de viscosidade deve-se, provavelmente ao pH do iogurte, que para o iogurte EAL foi de 4,25, valor este inferior aos pHs dos iogurtes EBL e ECL. Esse comportamento concorda com os resultados obtidos por SALJI *et alii* (1985) que obteve um aumento na viscosidade do iogurte produzido a partir de leite com 11,0% de sólidos totais de 175 para 2884 centipoises, quando o pH do iogurte foi reduzido de 4,5 para 4,2. Os dados obtidos nos experimentos e apresentados na Tabela 4.1.2., mostram que com o aumento da concentração do leite ocorre um aumento na viscosidade do iogurte, o que concorda com as afirmações de ANON (1980) e JEPSEN (1977,a).

As avaliações organolépticas realizadas nos iogurtes ob-

tidos no ensaio EA, mostraram que tanto o iogurte EA 1,42 quanto o EA 1,85 apresentavam "corpo pesado" e consistência semelhante a de um pudim. Deste modo nos experimentos seguintes, EB e EC, resolveu-se testar a produção de iogurtes a partir de concentrados de leite integral, com fatores de concentração de até 1:1,4. Nos experimentos EB e EC, os resultados obtidos nas avaliações organolépticas indicaram que iogurtes produzidos a partir de concentrados de leite integral com fatores de concentração maiores que 1:1,3 apresentavam as mesmas características, observadas em EA 1,42 e EA 1,85, ou seja, corpo pesado e consistência semelhante a de um "pudim". Sendo assim, decidiu-se realizar os experimentos finais com iogurtes produzidos a partir de concentrados de fatores de concentração de: 1:1,10; 1:1,20 e 1:1,30. Nesses experimentos verificou-se também que fatores de concentração intermediários dificultam a obtenção e o controle do processamento de ultrafiltração ao se operar o sistema de ultrafiltração com pequenos volumes de leite.

4.1.2. Leite Diafiltrado:

Foram realizados 2 ensaios preliminares (ED e EE) de obtenção de leites com baixo conteúdo de lactose, conforme descrito na metodologia 3.2.1.2.

Na Tabela 4.1.3. é apresentada a composição química dos leites diafiltrados, obtidos nos ensaios preliminares ED e EE.

TABELA 4.1.3.: Composição Química dos Leites Controles e Leites Diafiltrados, obtidos nos Ensaíos ED e EE.

Ensaio	Código	Gordura (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)	E.Seco (%)	Lactose (%)
ED	ED.A	2,90	3,05	0,69	11,14	4,50
	ED.B	2,90	3,09	0,53	9,35	2,83
	ED.C	2,80	3,07	0,44	6,93	0,64
EE	EE.A	3,80	2,88	0,56	12,21	4,97
	EE.B	4,20	3,41	0,47	11,62	3,54
	EE.C	4,30	3,22	0,31	9,95	2,12
	EE.D	3,80	3,28	0,17	8,03	0,78

Os dados apresentados na Tabela 4.1.3. mostram a diminuição do conteúdo de lactose, cinzas e de extrato seco em função do processo de diafiltração, e a manutenção do conteúdo de proteínas e de gordura em concentrações semelhantes a dos leites controles.

Nas Figuras 4.1.1. e 4.1.2. é apresentada a evolução do pH e da acidez titulável no leite controle e nos leites com baixo conteúdo de lactose obtidos no ensaio D, durante o processo de fermentação. E nas Figuras 4.1.3. e 4.1.4. é apresentada a

evolução do pH e da acidez titulável no leite controle e nos leites com baixo conteúdo de lactose obtidos no ensaio EE, durante o processo de fermentação.

Os resultados da evolução do pH (Figuras 4.1.1 e 4.1.3.) indicam que ocorre uma produção de ácido mais rápida nos leites controles e que a mesma diminui com a diminuição do conteúdo de lactose. O mesmo ocorreu no caso da acidez titulável (Figuras 4.1.2 e 4.1.4), em ambos os experimentos. A diafiltração do leite, visando a diminuição do conteúdo de lactose aumenta o pH e diminui a acidez inicial dos leites, e através da observação das Figuras 4.1.1 a 4.1.4. verifica-se que a acidificação durante o processo de fermentação parece acompanhar os valores iniciais de pH e de acidez e não altera o comportamento das bactérias em um ou outro leite, uma vez que as curvas apresentam o mesmo comportamento.

Na Tabela 4.1.4. são apresentados os resultados obtidos nas determinações de pH e de acidez titulável iniciais e finais e o tempo de coagulação, nos iogurtes preparados a partir dos leites controles e leites com baixo teor de lactose obtidos nos ensaios D e E.

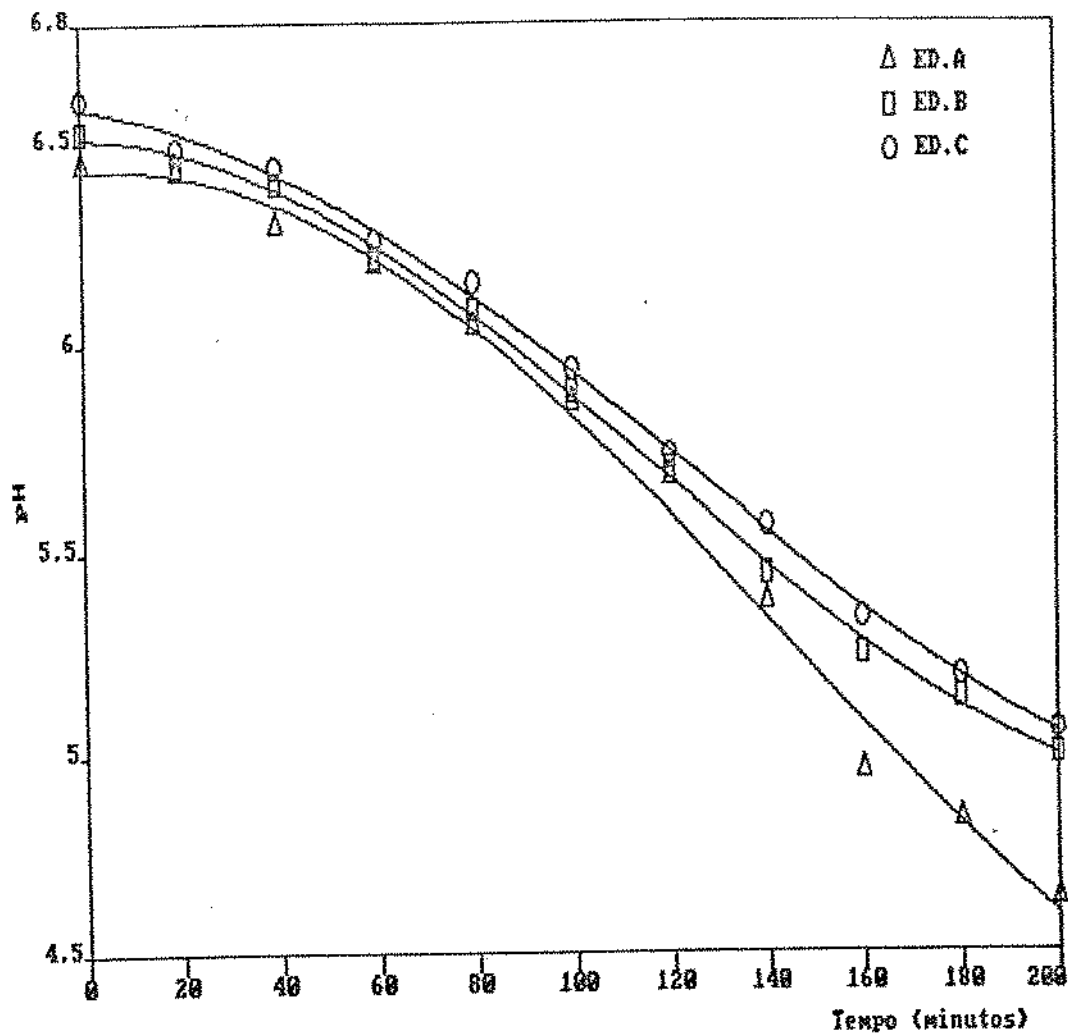


FIGURA 4.1.1. Variação de pH no leite controle ED.A e nos leites com baixo teor de lactose ED.B e ED.C, durante o processo de fermentação.

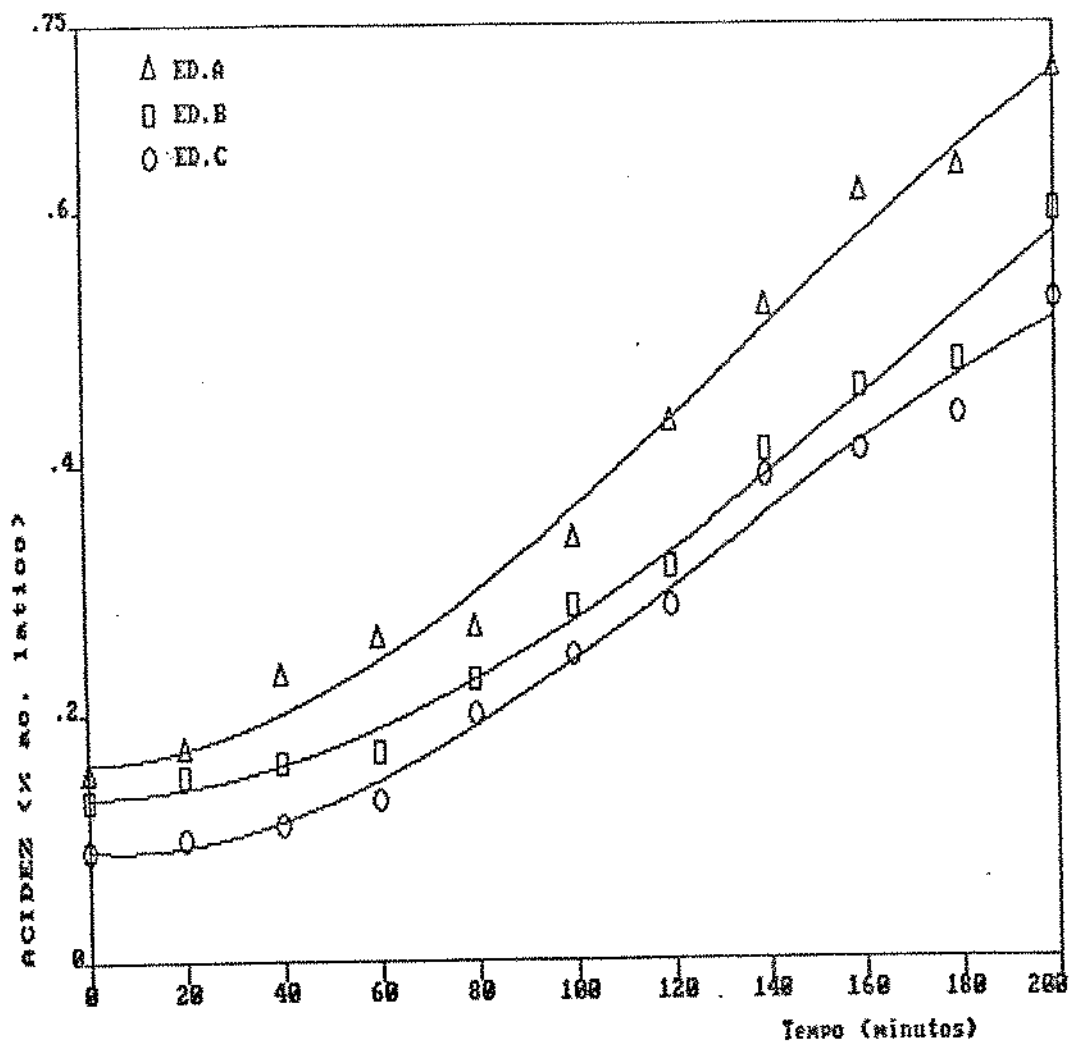


FIGURA 4.1.2.: Variação de Acidez Titulável no leite controle ED.A e nos leites com baixo teor de lactose ED.B e ED.C, durante o processo de Fermentação.

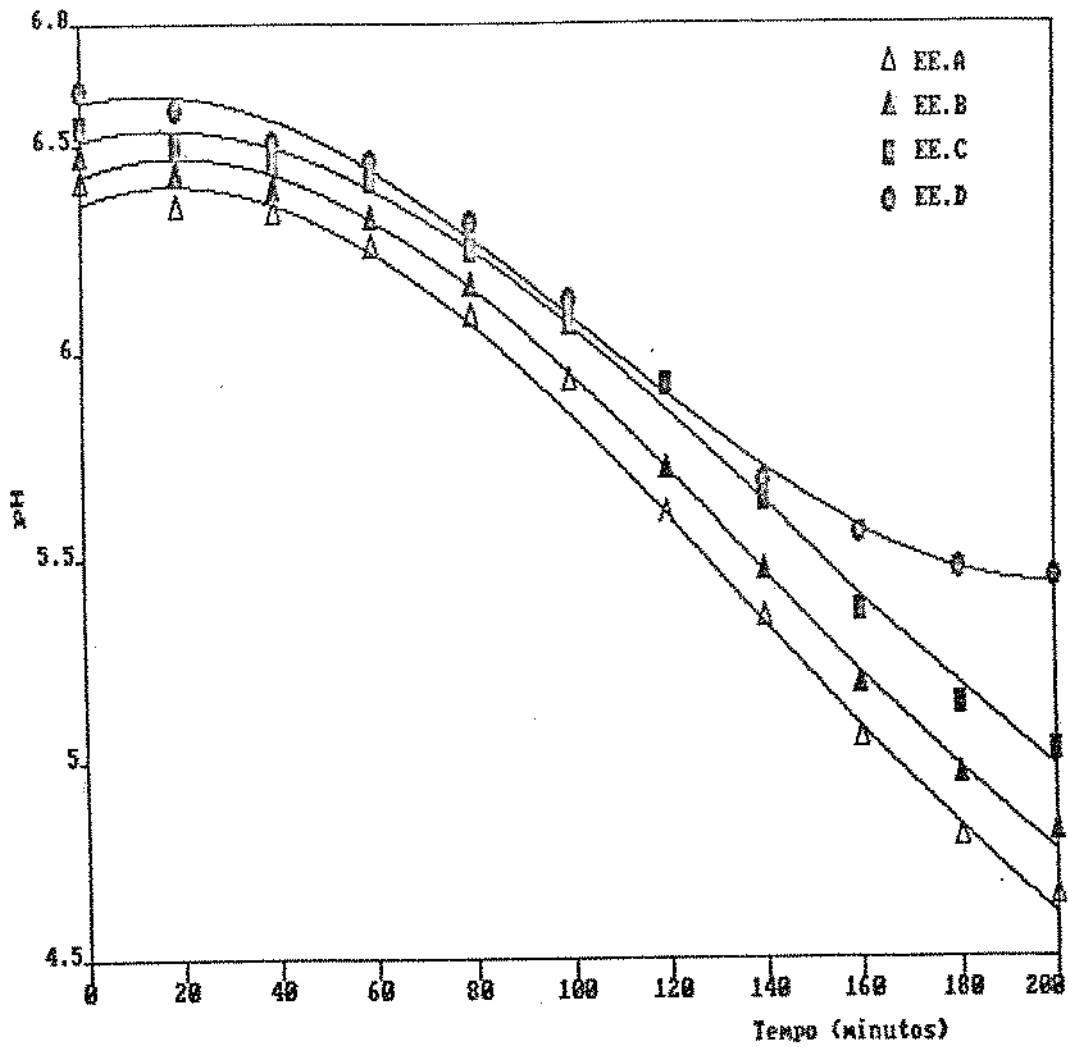


FIGURA 4.1.3. Variação de pH no leite controle EE.A e nos leites com baixo teor de lactose EE.B, EE.C e EE.D, durante o processo de Fermentação.

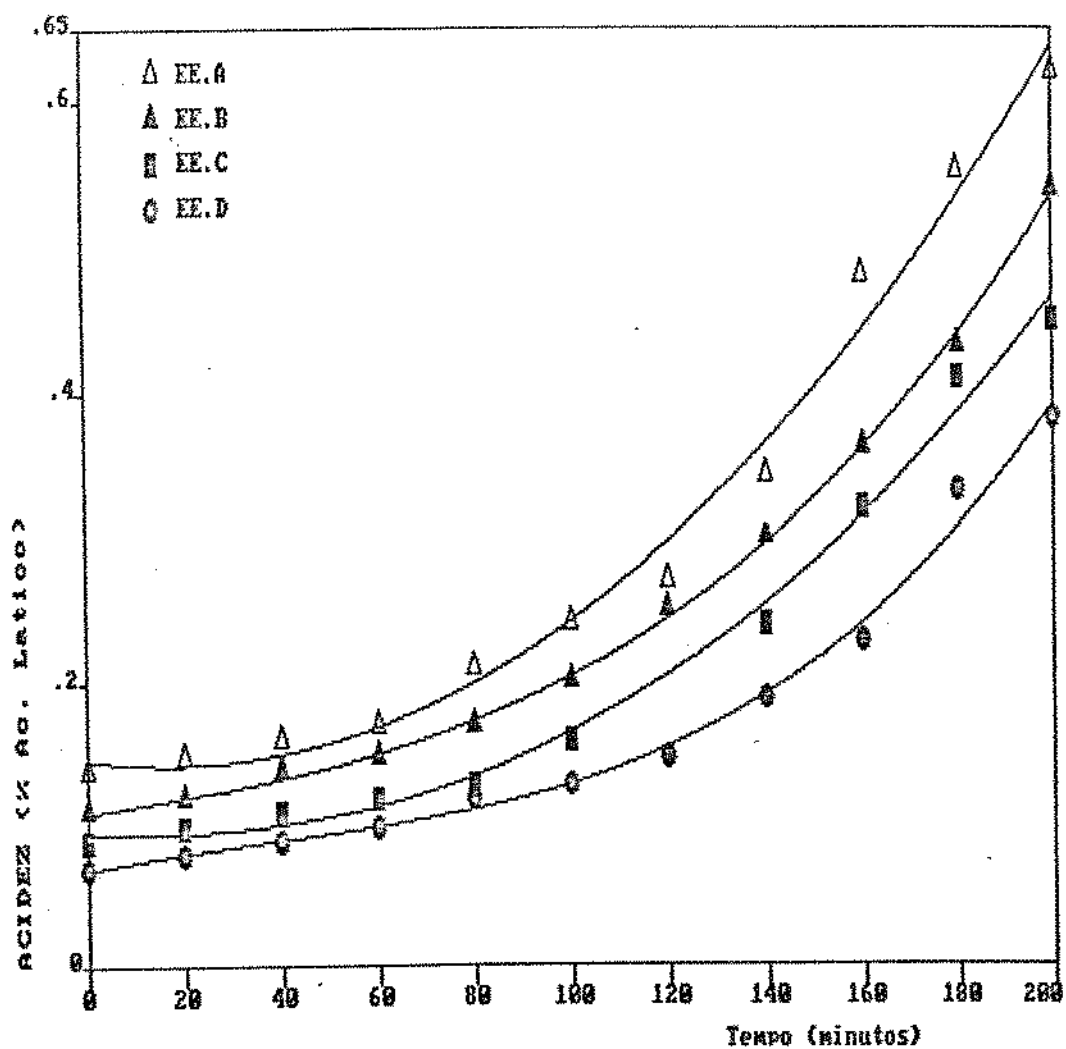


FIGURA 4.1.4. Variação de Acidez Titulável no leite controle EE.A e nos leites com baixo teor de lactose EE.B, EE.C e EE.D, durante o processo de Fermentação

TABELA 4.1.4.: pH, Acidez Titulável e Tempo de Coagulação dos iogurtes preparados a partir dos leites controles e leite diafiltrados, obtidos nos ensaios ED e EE.

Leite	pH		A. Titulável (% ac. lático)		Tempo de Coagulação (min.)
	Inicial	Final	Inicial	Final	
ED.A	6,45	4,95	0,15	0,52	160
ED.B	6,53	5,25	0,13	0,46	180
ED.C	6,61	5,34	0,09	0,41	180
EE.A	6,41	5,05	0,14	0,48	160
EE.B	6,47	5,18	0,11	0,36	160
EE.C	6,55	5,30	0,09	0,33	160
EE.D	6,64	5,38	0,07	0,33	180

Os dados apresentados na Tabela 4.1.4. indicam que ocorre uma coagulação mais rápida nos leites controles e mais lenta nos leites com conteúdos muito baixos de lactose. Os valores de pH de coagulação são mais elevados que o ponto isoelétrico da caseína, ou seja 4,6 - 4,7 (RASIC & KURMANN, 1978), o que concorda com os dados obtidos por TOPPINO *et alii* (1977).

Nas Figuras 4.1.5. e 4.1.6. são apresentados os valores de pH e de acidez titulável dos iogurtes durante estocagem a 5°C

produzidos a partir do leite controle e leites diafiltrados, obtidos no ensaio D.

Os resultados apresentados nas Figuras 4.1.5 e 4.1.6. indicam que ocorre uma maior acidificação durante a primeira semana de estocagem, o que concorda com os dados obtidos por SALJI & ISMAIL (1983), uma vez que esses autores verificaram que as mudanças de pH e de acidez titulável em iogurtes com diferentes valores iniciais de pH e de acidez titulável são máximas na primeira semana de estocagem e mínimas após. A diminuição do conteúdo de lactose, conforme as figuras 4.1.5 e 4.1.6, parece limitar a acidificação dos iogurtes durante a sua estocagem, o que concorda com os dados obtidos por KOSIKOWSKI (1979).

Nas avaliações das características organolépticas, verificou-se que os iogurtes produzidos a partir dos leites diafiltrados apresentam uma consistência mais fraca e que o sabor típico de iogurte diminui, do mesmo modo que aumenta o sabor "aiguado", com a diminuição do conteúdo de lactose, nas condições utilizados nos ensaios ED e EE.

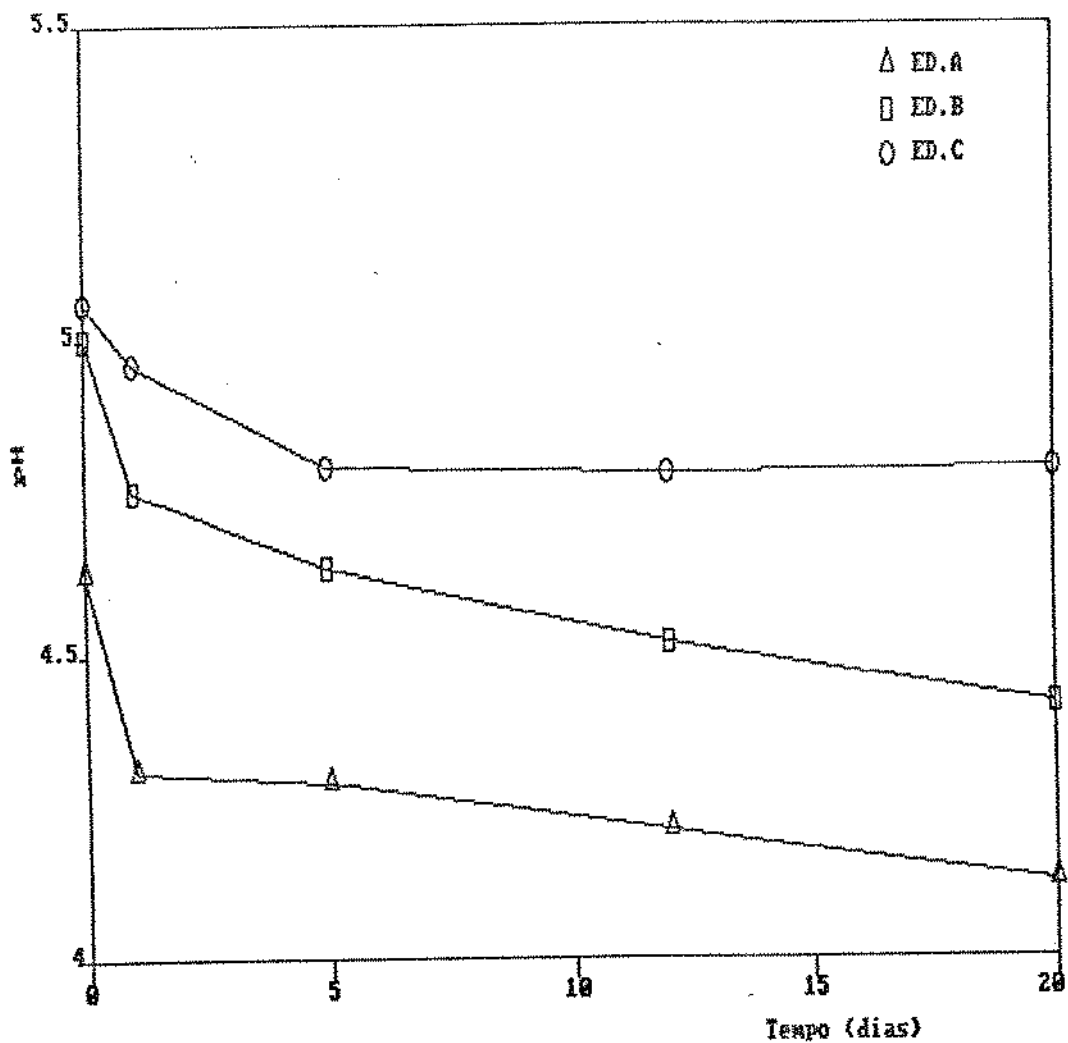


FIGURA 4.1.5.: Variação de pH nos iogurtes durante estocagem a 5°C, produzidos a partir do leite controle (ED.A) e dos leites com baixo teor de lactose obtidos no ensaio ED (ED.B e ED.C).

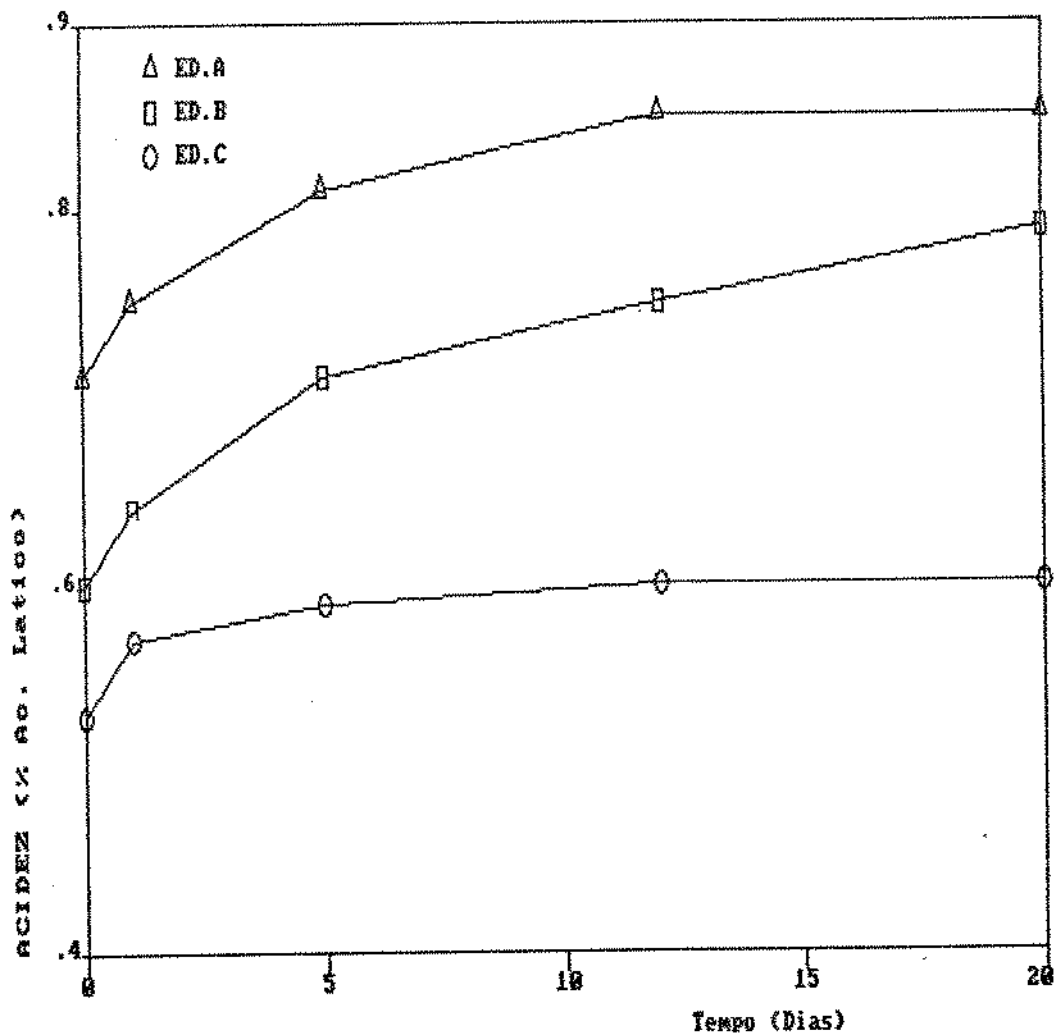


FIGURA 4.1.6.: Variação de Acidez Titulável nos iogurtes durante estocagem a 5°C, produzidos a partir do leite controle (ED.A) e dos leites com baixo teor de lactose obtidos no ensaio ED (ED.B e ED.C).

4.1.3. Leite Desnatado:

Na Tabela 4.1.5 é apresentada a composição química dos leites controles (EFL e EGL) e dos concentrados obtidos nos ensaios preliminares EF e EG, a partir da concentração de leite desnatado por ultrafiltração, conforme descrito na metodologia 3.2.1.3.

TABELA 4.1.5: Composição Química dos Leites Controles e dos Concentrados obtidos nos ensaios EF e EG.

Ensaio	Código	F .C.*	Gordura (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)	E.Seco (%)	Lactose (%)
	EFL	1:1,00	0,10	2,94	--	8,87	--
	EF 1,86	1:1,86	0,15	5,46	--	11,44	--
EF	EF 2,51	1:2,51	0,20	7,39	--	13,71	--
	EF 2,77	1:2,77	0,30	8,15	--	14,45	--
	EGL	1:1,00	0,80	3,17	0,65	9,31	4,69
	EG 1,20	1:1,20	1,10	3,80	0,80	10,40	4,70
EG	EG 1,26	1:1,26	1,20	3,99	0,82	10,77	4,76
	EG 1,31	1:1,31	1,30	4,16	0,96	11,19	4,77

F.C.*= Fator de Concentração = $\frac{\% \text{ Proteína no Concentrado}}{\% \text{ Proteína no Leite}}$

Os valores apresentados na Tabela 4.1.5. mostram os diversos fatores de concentração testados nos ensaios EF e EG. No ensaio EF utilizou-se fatores de concentração de até cerca de 1:3, mas como os iogurtes produzidos a partir dos concentrados EF 1,86, EF 2,51 e EF 2,77 apresentaram um corpo muito pesado e consistência semelhante à de um pudim, no ensaio EG resolveu-se testar fatores mais baixos de concentração.

Como verificado na concentração de leite integral o conteúdo de proteínas, gordura, cinzas e de sólidos totais aumenta com o aumento do fator de concentração sem aumentar significativamente o conteúdo de lactose.

Na Tabela 4.1.6. são apresentados os resultados obtidos nas determinações de pH, acidez titulável e de viscosidade, realizadas nos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e concentrados obtidos nos ensaios EF e EG.

Os resultados apresentados na Tabela 4.1.6. mostram o efeito de altas concentrações na viscosidade do iogurte final. O iogurte EF 2,77 apresentou um corpo tão espesso que não possibilitou a leitura de viscosidade.

Devido ao fato de que mesmo o iogurte produzido a partir do concentrado EG 1,31 apresentar corpo pesado, textura não cremosa e uma consistência semelhante a de um pudim, decidiu-se testar em uma fase posterior os mesmos níveis de concentração para leite integral, ou seja 1:1,10; 1:1,20 e 1:1,30.

TABELA 4.1.6.: pH, Acidez Titulável e Viscosidade dos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e concentrados obtidos nos ensaios EF e EG.

Iogurte	pH	Acidez Titulável (% ac. láctico)	Viscosidade Aparente (cps x 10 ³)
EFL	5,05	0,51	16,2
EF 1,86	5,09	0,63	43,7
EF 2,51	5,12	0,70	81,6
EF 2,77	5,23	0,71	>100,0
EGL	4,11	0,96	14,0
EG 1,20	4,28	0,96	26,5
EG 1,26	4,24	1,08	28,7
EG 1,31	4,45	0,94	35,7

4.2. PROCESSO DE CONCENTRAÇÃO DO LEITE POR ULTRAFILTRAÇÃO:

4.2.1. Leite Integral:

Na Tabela 4.2.1. são apresentados os balanços de massa e os fatores de concentração, calculados a partir dos mesmos, referentes aos experimentos I e II, realizados conforme descrito na metodologia 3.2.2.

Tabela 4.2.1.: Balanços de Massa e Fatores de Concentração, obtidos com concentrados de Leite Integral nos experimentos I e II.

Exp.	Perceado Produzido		Concentrado Produzido			
	Código	P.Total (kg)	Código	P. Total (Kg)	F.C.	Aliquota Separada (Kg)
I	PI 1,1	12,04	CI 1,1	122,86	1:1,10	9,62
	PI 1,2	9,72	CI 1,2	103,52	1:1,20	10,21
	PI 1,3	7,00	CI 1,3	86,31	1:1,30	10,20
II	PII 1,1	11,84	CII 1,1	119,16	1:1,10	13,53
	PII 1,2	9,00	CII 1,2	96,63	1:1,20	14,06
	PII 1,3	7,32	CII 1,3	75,25	1:1,32	11,70

onde: Quantidade Inicial de Leite = Exp.I(LI) = 134,90 Kg.

" " " " " = Exp.II (LII) = 131,00 Kg.

F.C. = Fator de Concentração.

Os dados apresentados na Tabela 4.2.1 mostram as quantidades recolhidas de permeado e o cálculo do fator de concentração, além de ilustrar o processo de concentração de leite por ultrafiltração.

A composição Química dos Leites Controles, concentrados e permeados, obtidos nos experimentos I e II é apresentada na Tabela 4.2.2.

Os dados apresentados na Tabela 4.2.2. evidenciam o aumento do conteúdo de proteínas, cinzas e gordura com o aumento do fator de concentração, sem aumentar o conteúdo de lactose, o que concorda com as afirmações de BJERRE & NIELSEN (1974); LANG & LANG (1976); NIELSEN (1976) e JEPSEN (1977 (a)).

Os valores obtidos, com relação à composição nos dois processamentos não são idênticos, mas o comportamento das variações é similar. Essas diferenças podem ser atribuídas ao fato de serem leites diferentes, processados em dias diferentes.

A composição dos permeados obtidos nos 2 experimentos é apresentada na Tabela 4.2.2. e evidencia a completa ausência de gordura e o aumento do conteúdo de proteínas, cinzas e de extrato seco com o aumento do fator de concentração. Esses resultados concordam com os resultados obtidos por GAROUTTE *et alii* (1982). Os valores apresentados na Tabela 4.2.2, com relação à composição dos permeados estão próximos dos obtidos por GAROUTTE *et alii* (1982), devendo-se considerar que o autor utilizou um sistema de ultrafiltração diferente do utilizado nesse trabalho. Com relação ao conteúdo de lactose no permeado verifica-se que ocorreu um aumento com o aumento do fator de concentração.

TABELA 4.2.2. Composição Química dos Leites Controles, Concentrados e Permeados, obtidos na concentração de Leite Integral nos experimentos I e II.

Amostra	Gordura (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)	E. Seco (%)	Lactose (%)
LI	3,10	2,78	0,67	11,83	5,28
CI 1,1	3,40	3,03	0,72	12,31	5,16
CI 1,2	4,00	3,37	0,73	13,13	5,03
CI 1,3	4,45	3,65	0,74	13,72	4,88
PI 1,1	0,00	0,18	0,44	5,19	4,57
PI 1,2	0,00	0,22	0,46	5,72	5,04
PI 1,3	0,00	0,25	0,47	5,73	5,01
LII	3,20	2,80	0,71	11,30	4,57
CII 1,1	3,60	3,12	0,72	12,00	4,56
CII 1,2	3,90	3,39	0,74	12,54	4,51
CII 1,3	4,20	3,69	0,79	13,19	4,52
PII 1,1	0,00	0,19	0,38	4,70	4,13
PII 1,2	0,00	0,22	0,42	5,60	4,96
PII 1,3	0,00	0,24	0,43	5,67	5,00

Nos dois experimentos com leite integral não se observou o aumento da concentração da lactose com o aumento do fator de concentração, conforme pode ser visualizado na Tabela 4.2.2., o que não concorda com as afirmações de THOMPSON e de MAN (1975)

e isto pode ser atribuído ao fato de que nesses 2 experimentos trabalhou-se com fatores de concentração muito baixos e em cujos níveis ainda não havia ocorrido a formação da camada polarizada.

Na Tabela 4.2.3. são apresentados os fatores de concentração de cada componente e os coeficientes de rejeição dos mesmos.

Com relação aos dados apresentados na Tabela 4.2.3 pode-se verificar que ocorreu uma completa retenção da gordura nos concentrados, o que concorda com os dados obtidos por vários autores :GLOVER(1971), GAROUTTE *et alii* (1982), YAN *et alii* (1979), THOMPSON & de MAN (1975) e FISCHBACH & POTTER (1986).

A proteína foi retida na sua maior parte e os coeficientes de rejeição obtidos são menores que os obtidos por GLOVER (1971) e maiores que os apresentados por YANG *et alii* (1979) para fatores de concentração de até 1:1,50. Essas diferenças podem ser atribuídas ao tipo de equipamento utilizado, às diferentes condições de trabalho e de matéria prima.

Com relação à lactose observa-se que ocorreu um aumento do coeficiente de rejeição, mas os valores obtidos estão próximos de zero e portanto concordam com os dados obtidos por YAN *et alii* (1979).

TABELA 4.2.3.: Fatores de Concentração e Coeficientes de Rejeição dos Componentes, obtidos na concentração de Leite Integral nos experimentos I e II.

Concentrado .	Fator de Concentração				
	Gordura	Proteína	Extrato Seco	Cinzas	Lactose
CI 1,1	1,10	1,09	1,07	1,04	0,97
CI 1,2	1,29	1,21	1,09	1,11	0,95
CI 1,3	1,43	1,31	1,10	1,16	0,92
CII 1,1	1,12	1,11	1,01	1,01	1,10
CII 1,2	1,22	1,21	1,04	1,04	0,99
CII 1,3	1,43	1,32	1,11	1,11	0,99

	Coeficiente de Rejeição				
CI 1,1	1	0,94	0,40	0,58	0,11
CI 1,2	1	0,93	0,37	0,54	0,02
CI 1,3	1	0,93	0,36	0,56	0,00
CII 1,1	1	0,94	0,47	0,61	0,09
CII 1,2	1	0,94	0,43	0,55	0,10
CII 1,3	1	0,93	0,46	0,57	0,10

Com relação à concentração de cinzas observou-se no experimento II uma maior rejeição que no experimento I, mas as diferenças obtidas foram muito pequenas e podem ser atribuídas a desvios analíticos. Os coeficientes de rejeição obtidos foram, no caso do experimento II ligeiramente maiores que os obtidos

por YAN *et alii* (1979) e com relação aos sólidos totais obteve-se valores próximos até fator 1,29, sendo que o máximo fator de concentração aqui testado foi de 1,3.

Os resultados apresentados na Tabela 4.2.3 permitem uma melhor visualização do processo de concentração de leite integral por ultrafiltração e confirmam as afirmações de vários autores (BEATON, 1979; LANG & LANG, 1976; KOSIKOWSKI, 1986 e MAUBOIS & KOCQUOT, 1971) no que diz respeito a que na ultrafiltração de leite, a fração proteica e a gordura são retidas no concentrado enquanto a lactose, sais minerais, nitrogênio não proteico e outros componentes menores são eliminados no permeado.

Na Tabela 4.2.4. são apresentados os valores obtidos nas análises microbiológicas.

TABELA 4.2.4.: Resultados obtidos nas determinações microbiológicas efetuadas nos Leites Controle (LI e LII), e nos Concentrados CI 1,3 e CII 1,3 obtidos na concentração de Leite Integral nos experimentos I e II.

Amostra	Contagem Total de	Contagem Total de
	Mesófilos (UFC/ml)	Termófilos (UFC/ml)
LI	$1,03 \times 10^4$	Ausência
CI 1,3	$9,20 \times 10^3$	Ausência
LII	$1,11 \times 10^4$	Ausência
CII 1,3	$2,50 \times 10^3$	Ausência

Os dados apresentados na Tabela 4.2.4. demonstram a qualidade higiênica do sistema de ultrafiltração, indicando que não existem focos de contaminação. A pequena redução observada na população mesófila pode ser atribuída à temperatura de processo utilizada (55°C). O tempo de residência no sistema foi pequeno e insuficiente, portanto, para o desenvolvimento de termófilos.

4.2.2. Leite Com Baixo Teor de Lactose:

Na Tabela 4.2.5. são apresentados os balanços de massa resultantes dos experimentos I e II com leite diafiltrado, realizados conforme descrito na metodologia 3.2.2.

TABELA 4.2.5.: Balanços de Massa obtidos com diafiltrados de Leite Integral, nos experimentos I e II.

Exp.	Permeado Produzido Código	(Kg)	Água (Kg)*	Leite Código	Diafiltrado Kg	Aliquota Sepa- rada (Kg)
I	PD I.A	35,65**	40,50	LD I.A	80,96	8,58
	PD I.B	36,50	35,00	LD I.B	70,88	8,21
	PD I.B	32,38	32,00	LD I.C	62,29	--
II	PD II.A	30,70+	30,00	LD II.A	62,85	5,00
	PD II.B	29,05	29,00	LD II.B	57,80	5,90
	PD II.C	25,82	26,00	LD II.C	52,08	--

* Kg de água adicionada.

** Permeado retirado após separação de CI 1,3.

+ Permeado retirado após separação de CII 1,3.

Kg de concentrado Inicial = Exp. I (CI 1,3) = 76,11.

Exp. II (CII 1,3) = 63,55.

Os dados apresentados na Tabela 4.2.5. caracterizam o processo de obtenção dos leites com baixo teor de lactose, a partir do uso de diafiltração durante o processo de concentração do leite por ultrafiltração.

Os dados apresentados na Tabela 4.2.5 mostram que no experimento I houve uma maior diluição dos concentrados que no experimento II, uma vez que a razão de Kg de água adicionada/Kg de concentrado é maior no experimento I que no experimento II.

Na Tabela 4.2.6. é apresentada a composição química dos leites controles e leites com baixo teor de lactose, resultantes dos experimentos I e II. Os dados obtidos mostram a redução do teor de lactose, bem como de cinzas e extrato seco através da utilização da técnica de diafiltração do concentrado durante o processo de ultrafiltração. O conteúdo de gordura aumentou e isto pode ter ocorrido devido a uma dispersão incompleta da gordura quando da adição de água ao concentrado durante o processo de ultrafiltração.

Comparando-se os dados da Tabela 4.2.2. com a Tabela 4.2.6, verifica-se que ocorreu uma diminuição no conteúdo de lactose no permeado PD 11.A com relação ao permeado PII 1,3. Sendo que o permeado PII 1,3 corresponde ao permeado obtido em um fator de concentração de 1,3 e PD 11.1 a um fator de 2,5 (Fluxograma II). Isso confirma as citações feitas anteriormente de que até o fator 1,3 ainda não havia sido formada a camada polarizada, já no fator de concentração de 2,5 essa camada existia e atuava como uma segunda membrana, reduzindo a permeação de lactose, concordando com as citações de THOMPSON & de MAN (1975).

TABELA 4.2.6.: Composição Química dos Leites Controles, Leites com Baixo Conteúdo de Lactose e Permeados, na diafiltração de Leite Integral realizada nos experimentos I e II.

Amostra	Gordura (%)	Proteínas (%)	Cinzas (%)	E. Seco (%)	Lactose (%)
LI	3,10	2,78	0,67	11,83	5,28
LD I.A	4,10	3,32	0,46	10,32	2,44
LD I.B	4,10	3,28	0,40	9,09	1,31
LD I.C	4,20	3,27	0,36	8,50	0,67
L II	3,20	2,80	0,71	11,30	4,57
LD II.A	4,10	3,54	0,49	10,44	2,31
LD II.B	4,10	3,42	0,45	8,92	0,95
LD II.C	4,10	3,36	0,31	8,29	0,52
PD II.A	0,00	0,29	0,78	5,76	4,69
PD II.B	0,00	0,17	0,25	2,66	2,29
PD II.C	0,00	0,12	0,09	1,36	1,15

Na Tabela 4.2.7. são apresentados os fatores de concentração e os coeficientes de rejeição dos componentes, relativos à diafiltração de leite integral realizada nos experimentos I e II.

TABELA 4.2.7.: Fatores de Concentração e Coeficientes de Rejeição dos componentes obtidos na diafiltração de Leite Integral nos experimentos I e II.

Amostra	Fator de Concentração				
	Gordura	Proteína	Cinzas	E. Seco	Lactose
LD I.A	1,32	1,19	0,69	0,87	0,46
LD I.B	1,32	1,18	0,60	0,77	0,25
LD I.C	1,35	1,18	0,54	0,72	0,13
LD II.A	1,28	1,26	0,69	0,92	0,50
LD II.B	1,28	1,22	0,63	0,79	0,21
LD II.C	1,28	1,20	0,44	0,73	0,11

	Coeficiente de Rejeição				
LD I.A	--	--	--	--	--
LD I.B	--	--	--	--	--
LD I.C	--	--	--	--	--
LD II.A	1	0,95	0,46	0,74	0,06
LD II.B	1	0,96	0,78	0,85	0,12
LD II.C	--	--	--	--	--

Com relação aos valores para fator de concentração apresentados na Tabela 4.2.7, observa-se que em ambos os experimentos I e II a gordura e a proteína foram concentradas enquanto as cinzas, a lactose e os sólidos totais foram diluídos. Isso pode

ser atribuído, assim como as diferenças verificadas entre os 2 experimentos à quantidade de água adicionada, como apresentado na Tabela 4.2.5. Uma vez que a quantidade de água adicionada/quantidade de concentrado foi maior no experimento I que no experimento II.

Comparando-se os dados para fator de concentração nas Tabelas 4.2.3. e 4.2.7. verifica-se que a adição de água aos concentrados durante o processo de ultrafiltração reduziu sensivelmente os fatores de concentração de cinzas, lactose e sólidos totais.

Com relação aos dados apresentados na Tabela 4.2.7. para coeficientes de rejeição, observa-se que a rejeição da gordura foi completa e a rejeição de proteínas foi ligeiramente maior que a obtida para leite integral (Tabela 4.2.3). Com relação a rejeição de cinzas, sólidos totais e lactose verifica-se que ocorreu um aumento na rejeição com o aumento da diluição dos concentrados.

4.2.3. Leite Desnatado:

Na Tabela 4.2.8. são apresentados os balanços de massa e os fatores de concentração obtidos nos experimentos III; IV e V com leite desnatado, conforme descrito na metodologia 3.2.3.

TABELA 4.2.8.: Balanços de Massa e Fatores de Concentração, obtidos nos experimentos III, IV e V com Leite Desnatado.

Exp.	Permeado Produzido		Concentrado Produzido			
	Código	P. Total (Kg)	Código	P. Total (Kg)	F.C.	Aliquota Sep. (kg)
III	PIII 1,1	4,54	CIII 1,1	38,96	1:1,12	5,21
	PIII 1,2	3,61	CIII 1,2	30,14	1:1,25	12,05
	PIII 1,3	1,32	CIII 1,3	16,77	1:1,35	--
IV	PIV 1,1	6,80	CIV 1,1	68,20	1:1,10	11,47
	PIV 1,2	5,03	CIV 1,2	51,70	1:1,21	--
V	PV 1,1	8,36	CV 1,1	71,14	1:1,12	14,62
	PV 1,2	6,04	CV 1,2	50,48	1:1,25	18,62
	PV 1,3	2,10	CV 1,3	29,76	1:1,34	--

onde:

Quantidade Inicial de Leite= Experimento III=43,50 Kg.

" " " Experimento IV=75,00 Kg.

" " " Experimento V=79,50 Kg.

Os dados apresentados na Tabela 4.2.8 ilustram os processos de obtenção dos concentrados a partir da ultrafiltração de leite desnatado. Através desses dados pode-se verificar que os fatores de concentração obtidos nos experimentos III e V foram muito próximos.

Na Tabela 4.2.9. é apresentada a composição química dos leites controles, concentrados e permeados obtidos nos experimentos III, IV e V.

Com relação aos conteúdos de gordura, proteína, cinzas e extrato seco, observa-se, do mesmo modo que para leite integral (Tab.4.2.2.), que estes aumentam com o aumento do fator de concentração. Já com relação a lactose, no experimento III obteve-se uma diminuição inicial seguida de um aumento. E nos experimentos IV e V verificou-se um ligeiro aumento. Esses dados contrastam com os obtidos para leite integral. Os dados obtidos por GLOVER (1971) mostraram uma retenção maior de lactose na concentração de leite desnatado que na de leite integral, o que concorda com os dados obtidos nos experimentos III, IV e V.

Na Tabela 4.2.10 são apresentados os fatores de concentração e os coeficientes de rejeição obtidos com leite desnatado nos experimentos III, IV e V, calculados como descrito na metodologia 3.2.4.4.D.

TABELA 4.2.9.: Composição Química dos Leites Controles, Concentrados e Permeados, obtidos com leite desnatado nos experimentos III, IV e V.

Amostra	Gordura (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)	E. Seco (%)	Lactose (%)
LIII	0,10	2,94	0,69	8,71	4,98
CIII 1,1	0,10	3,67	0,72	9,34	4,85
CIII 1,2	0,10	4,15	0,81	9,87	4,81
CIII 1,3	0,15	4,74	0,82	10,56	4,85
PIII 1,1	0,00	0,17	--	4,95	--
PIII 1,2	0,00	0,21	--	5,38	--
PIII 1,3	0,00	0,21	--	5,48	--
LIV	0,10	2,95	0,71	8,60	4,84
CIV 1,1	0,10	3,45	0,74	9,15	4,86
CIV 1,2	0,10	3,82	0,74	9,53	4,87
PIV 1,1	0,00	0,18	--	5,36	--
PIV 1,2	0,00	0,21	--	5,48	--
LV	0,05	3,21	0,65	8,69	4,77
CV 1,1	0,10	3,69	0,75	9,33	4,79
CV 1,2	0,10	4,10	0,79	9,79	4,80
CV 1,3	0,10	4,43	0,82	10,30	4,85

TABELA 4.2.10: Fatores de Concentração e Coeficientes de Rejeição obtidos nos experimentos III, IV e V com leite desnatado.

Concentrado	Fator de Concentração			
	Proteína	Extrato Seco	Cinzas	Lactose
CIII 1,1	1,25	1,07	1,04	0,97
CIII 1,2	1,41	1,13	1,17	0,97
CIII 1,3	1,61	1,21	1,19	0,97
CIV 1,1	1,17	1,06	1,04	1,00
CIV 1,2	1,29	1,11	1,04	1,01
CV 1,1	1,14	1,07	1,15	1,00
CV 1,2	1,27	1,13	1,22	1,01
CV 1,3	1,38	1,18	1,26	1,02
	Coeficiente de Rejeição			
CIII 1,1	0,95	0,47	--	--
CIII 1,2	0,95	0,45	--	--
CIII 1,3	0,96	0,48	--	--
CIV 1,1	0,95	0,41	--	--
CIV 1,2	0,95	0,42	--	--

Com relação aos valores para fator de concentração apresentados na Tabela 4.2.10, verifica-se que com relação à proteína obteve-se fatores de concentração maiores que o fator de concentração calculado em função da redução de volume nos 3 processamentos. Isto pode ser atribuído ao fato de ter ocorrido uma maior concentração, quando do processamento de leite desnatado.

Com relação a lactose verifica-se que ocorreu um aumento do fator de concentração da mesma no decorrer dos processamentos e provavelmente isto pode ser atribuído à formação de uma camada polarizada.

Comparando-se os valores apresentados nas Tabelas 4.2.3. e 4.2.10, verifica-se que no processamento de leite desnatado foram obtidos fatores de concentração para todos os componentes maiores que no processamento de leite integral. Pode-se concluir que na concentração de leite desnatado por ultrafiltração ocorre uma retenção maior de todos os componentes, o que concorda com os dados obtidos por GLOVER (1971).

Com relação aos coeficientes de rejeição obteve-se uma maior rejeição de proteína, (Tab. 4.2.10) no processamento de leite desnatado do que no de leite integral (Tab. 4.2.3.) o que concorda com os resultados obtidos por GLOVER (1971).

Com relação a extrato seco obteve-se um coeficiente de rejeição mais baixo no processamento de leite desnatado que no de leite integral, o que discorda dos dados obtidos por GLOVER (1971).

4.3. IOGURTE:

4.3.1. Leite Integral:

4.3.1.1. Fermentação:

Nas Figuras 4.3.1 a 4.3.4. são apresentadas as curvas de abaixamento de pH e de desenvolvimento de acidez titulável, obtidas durante o processo de fermentação dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite integral realizada nos experimentos I e II, conforme descrito na metodologia 3.2.2.

Com relação ao abaixamento de pH durante o processo de fermentação, em ambos os experimentos I e II (Figs. 4.3.1. e 4.3.3.) obteve-se um maior abaixamento de pH nos leites controles que nos concentrados, sendo que nos concentrados o abaixamento de pH foi menor para um maior fator de concentração do concentrado.

Na Tabela 4.3.1. são apresentados os valores de acidez titulável inicial e acidez titulável após 160 minutos de incubação a 45°C, obtidos nos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite integral nos experimentos I e II. Na mesma Tabela são também apresentados os valores de acidez desenvolvida, calculados a partir da diferença entre a acidez final e a inicial.

TABELA 4.3.1.: Valores de acidez titulável inicial, após a incubação por 160 minutos a 45°C e desenvolvida, obtidos nos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite integral nos experimentos I e II.

Amostra	Acidez Titulável (% Acido Lático)		
	Inicial	Final	Desenvolvida
LI	0,16	0,67	0,51
CI 1,1	0,18	0,68	0,50
CI 1,2	0,19	0,69	0,50
CI 1,3	0,20	0,71	0,51
LII	0,16	0,58	0,42
CII 1,1	0,17	0,60	0,43
CII 1,2	0,19	0,61	0,42
CII 1,3	0,20	0,62	0,42

Os concentrados apresentaram valores iniciais de acidez titulável mais elevados que os leites controles, conforme apresentado na Tabela 4.3.1., sendo que esses valores foram mais altos para um maior fator de concentração, o que concorda com as afirmações de BRULLE *et alii* (1974) e CASIRAGHI (1987) no que diz respeito a ocorrer um aumento da acidez titulável nos concentrados devido ao aumento do conteúdo de proteínas e de sais minerais resultante do processo de concentração do leite por ultra-

filtração. E conforme pode ser observado nas Figuras 4.3.2. e 4.3.4., as curvas de desenvolvimento de acidez titulável durante o processo de fermentação obtidas nos experimentos I e II apresentam o mesmo comportamento nos leites controles e nos concentrados, as diferenças observadas entre as curvas dos leites controles e dos concentrados parece ser decorrente de valores iniciais diferentes de acidez titulável, diferença essa que se mantém durante o processo de fermentação e durante o qual a acidez desenvolvida não difere marcadamente nos leites controles e nos concentrados, conforme valores de acidez desenvolvida apresentados na Tabela 4.3.1.

Os resultados obtidos para abaixamento de pH e desenvolvimento de acidez titulável nos experimentos I e II não nos permite concluir que na fase de fermentação exista diferença apreciável entre os leites controles e os concentrados em termos de produção de ácido láctico pelas bactérias *S. thermophilus* e *L. bulgaricus*, nas condições utilizadas nesses experimentos.

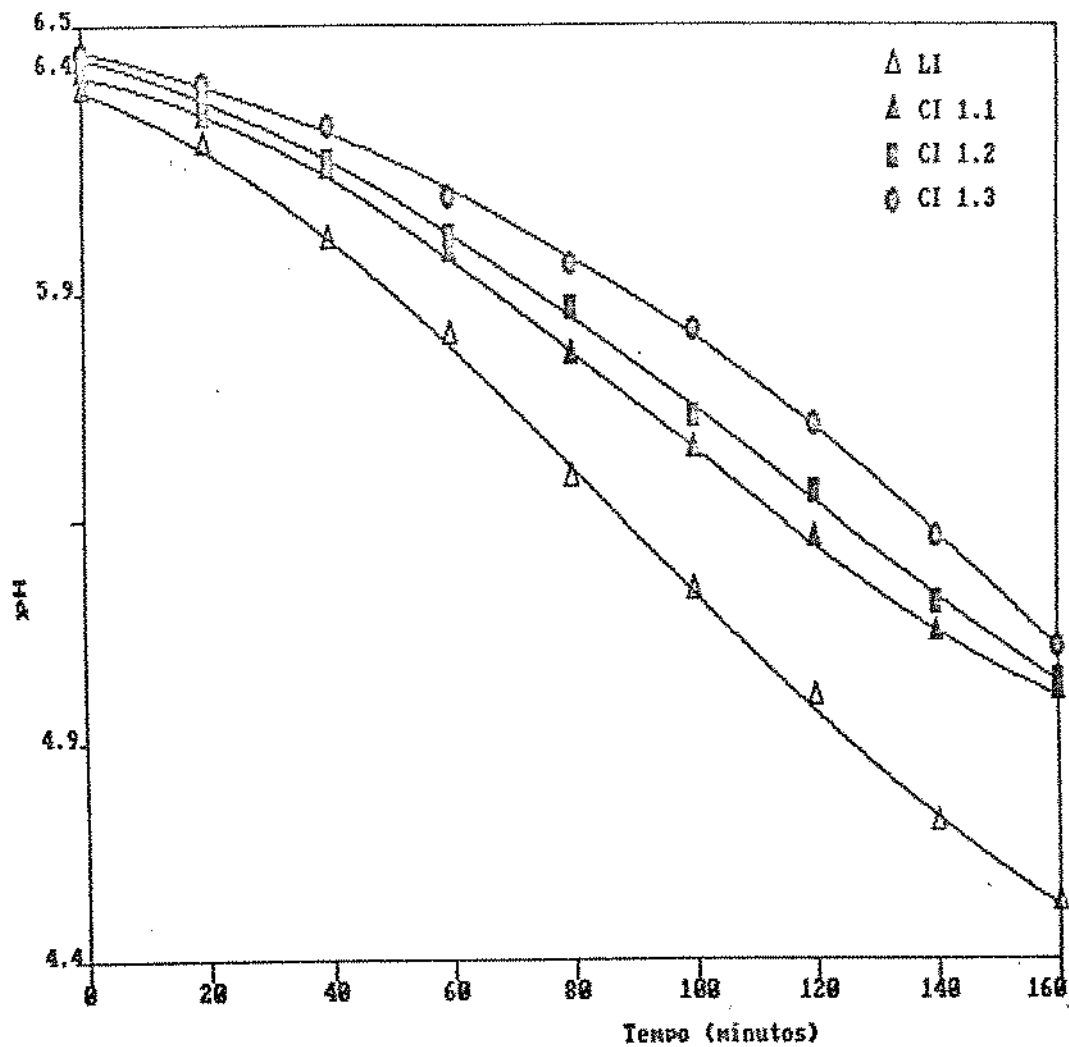


FIGURA 4.3.1.: Variação de pH no leite controle (LI) e nos concentrados CI 1,1, CI 1,2 e CI 1,3, durante o processo de fermentação.

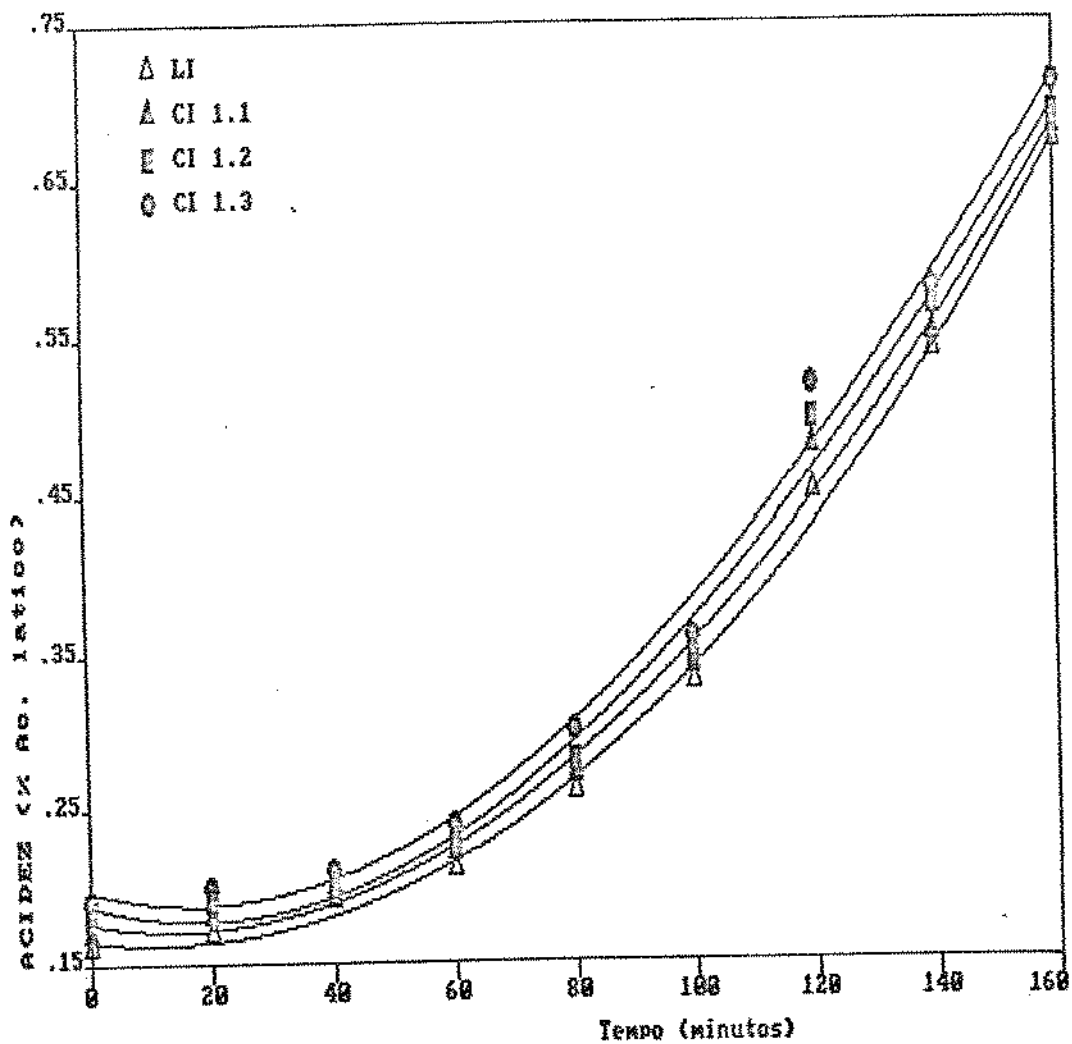


FIGURA 4.3.2.: Variação de Acidez Titulável no leite controle (LI) e nos concentrados CI 1,1, CI 1,2 e CI 1,3, durante o processo de Fermentação.

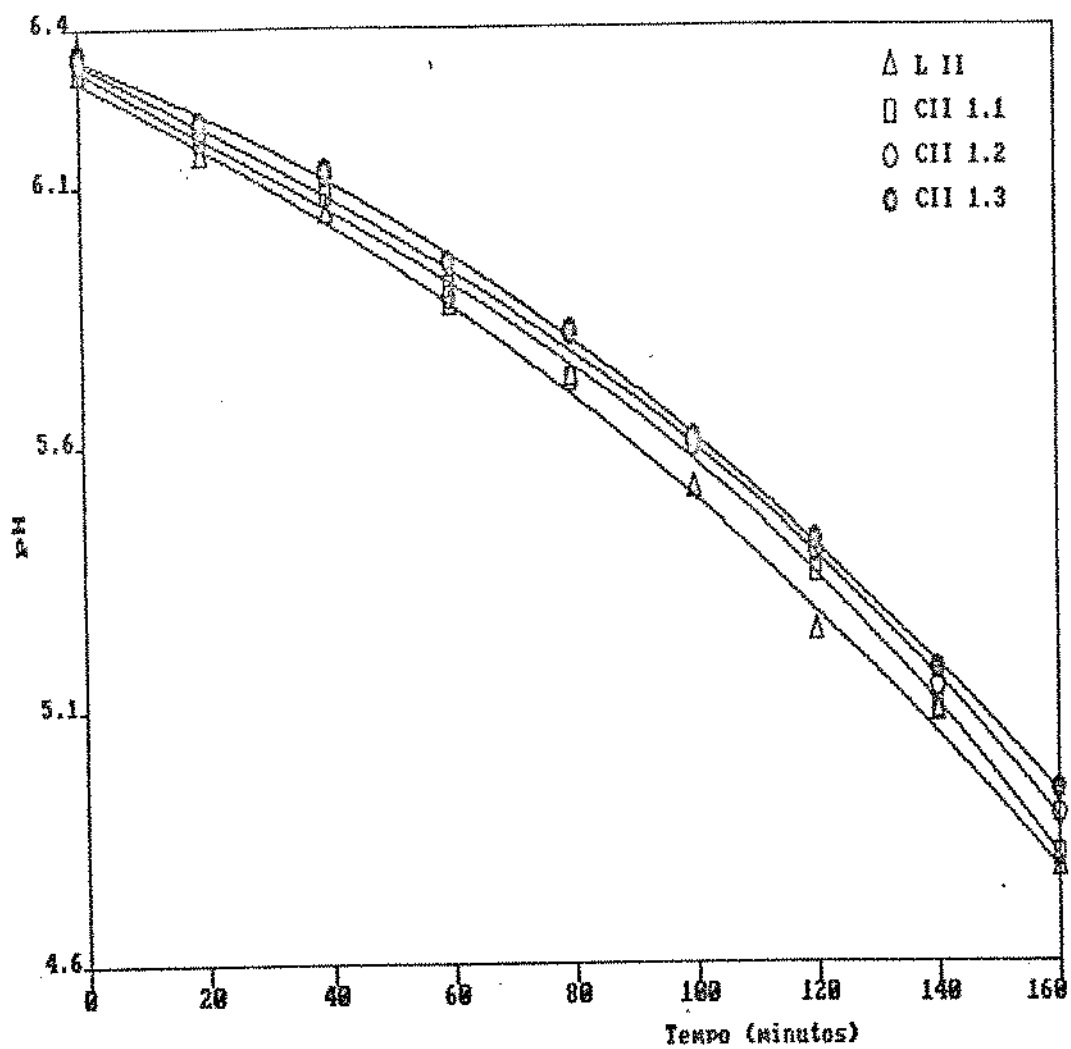


FIGURA 4.3.3.: Variação de pH no leite controle (LII) e nos concentrados CII 1,1, CII 1,2 e CII 1,3, durante o processo de Fermentação.

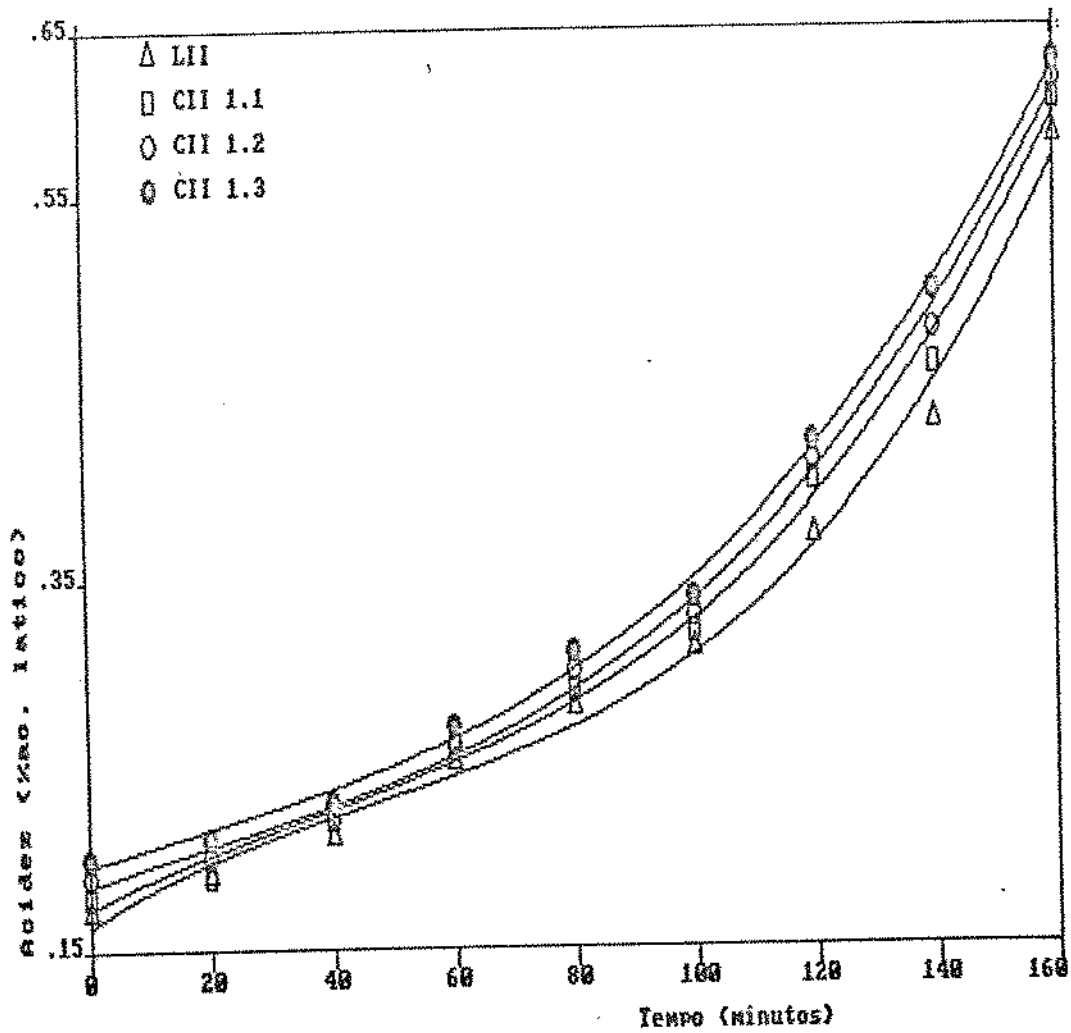


FIGURA 4.3.4.: Variação de Acidez Titulável no leite controle (LII) e nos concentrados CII 1,1, CII 1,2 e CII 1,3, durante o processo de Fermentação.

4.3.1.2. Coagulação:

Na Tabela 4.3.2. são apresentados os valores de pH, no momento da coagulação; e o tempo de coagulação dos iogurtes preparados a partir dos leites controles e dos concentrados obtidos na concentração de leite integral realizada nos experimentos I e II.

TABELA 4.3.2.: pH e Tempo de Coagulação dos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite integral nos experimentos I e II.

Iogurte	pH	Tempo de Coagulação (minutos)
LI	4,99	140
CI 1,1	5,09	140
CI 1,2	5,16	140
CI 1,3	5,22	140
LII	5,08	140
CII 1,1	5,10	140
CII 1,2	5,14	140
CII 1,3	5,17	140

Os resultados apresentados na Tabela 4.3.2. mostram que tanto o leite controle como os concentrados coagulam em valores mais altos de pH, que o ponto isoelétrico da caseína, ou seja, 4,6 - 4,7 (RASIC & KURMANN, 1978).

A coagulação tanto do leite como dos concentrados em valores mais altos de pH pode, em parte, ser atribuído ao tratamento térmico utilizado na fabricação dos iogurtes, 90°C/5 minutos, concordando com os resultados obtidos por EMMONS *et alii* (1959) que verificaram que o tratamento térmico do leite aumentava o pH de coagulação do mesmo por cultura láctica e demonstraram que isso era devido à desnaturação das proteínas do soro. Esses resultados concordam também com KALAB & EMMONS (1976) que também obtiveram a coagulação de leites tratados a 85°C e 90°C, por cultura láctica, em valores mais altos de pH.

Os concentrados apresentaram pHs de coagulação mais elevados do que os leites controles (LI e LII) e o mesmo tempo de coagulação, conforme dados apresentados na Tabela 4.3.2., e além disso durante o experimento verificou-se que quanto mais concentrado mais firme era o coágulo obtido e isto pode também em parte ser atribuído ao aumento da concentração de sólidos totais, principalmente proteínas, que resulta em um aumento da firmeza e consistência do coágulo conforme citado por RASIC & KURMANN (1978), ANON (1980), TAMIME & DEETH (1980) e TAMIME & ROBINSON (1985).

A obtenção de pHs de coagulação, nos experimentos I e II, mais elevados para os concentrados que para os leites controles pode ser atribuído aos efeitos, do tratamento térmico utilizado

na fabricação do iogurte associado ao aumento da concentração proteica resultante do processo de concentração por ultrafiltração. Esses resultados concordam com os dados obtidos por ABRAHAMSEN & HOLMEN (1980) e ROSSI *et alii* (1978), uma vez que esses autores também obtiveram valores de pH mais elevados nos iogurtes produzidos a partir dos concentrados de ultrafiltração que nos iogurtes produzidos a partir dos leites controles.

4.3.1.3. Acidificação durante a Estocagem:

Nas Figuras 4.3.5. a 4.3.8. são apresentadas as curvas de evolução do pH e de acidez titulável durante estocagem a 5°C, nos iogurtes preparados a partir dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite integral realizada nos experimentos I e II, como descrito na metodologia 3.2.5.2.3.

As Figuras 4.3.5. e 4.3.7. apresentam comportamento semelhante ao das curvas de abaixamento de pH durante o processo de fermentação (Figs. 4.3.1. e 4.3.3.), ou seja, os produtos que apresentam um menor valor de pH inicial também apresentam um menor valor ao final de 30 dias. No entanto observa-se uma diferença maior de abaixamento de pH para os valores iniciais mais altos e o mesmo se observa para as curvas de acidez titulável. Esses resultados concordam com os obtidos por SALJI & ISMAIL (1983), que avaliaram as mudanças de pH e de acidez titulável durante o armazenamento a 4-7°C, em iogurtes com valores iniciais de acidez titulável e de pH diferentes e obtiveram um maior aumento de acidez para iogurtes com maior acidez inicial e

também no que se refere a mudanças de acidez máximas na primeira semana e mínimas após.

Os resultados obtidos também concordam com as afirmações de RASIC & KURMANN (1978) de que valores mais altos de pH induzem uma maior pós-acidificação que valores mais baixos e os autores atribuem isso ao fato de aumentar a sensibilidade das enzimas em valores mais baixos de pH.

Os resultados obtidos concordam com os obtidos por ABRAHAMSEN & HOLMEN (1980) e RENNER & EISELT-LOMB (1985,b) no que se refere a uma maior acidificação dos iogurtes produzidos a partir de concentrados de ultrafiltração em relação aos demais iogurtes durante a estocagem.

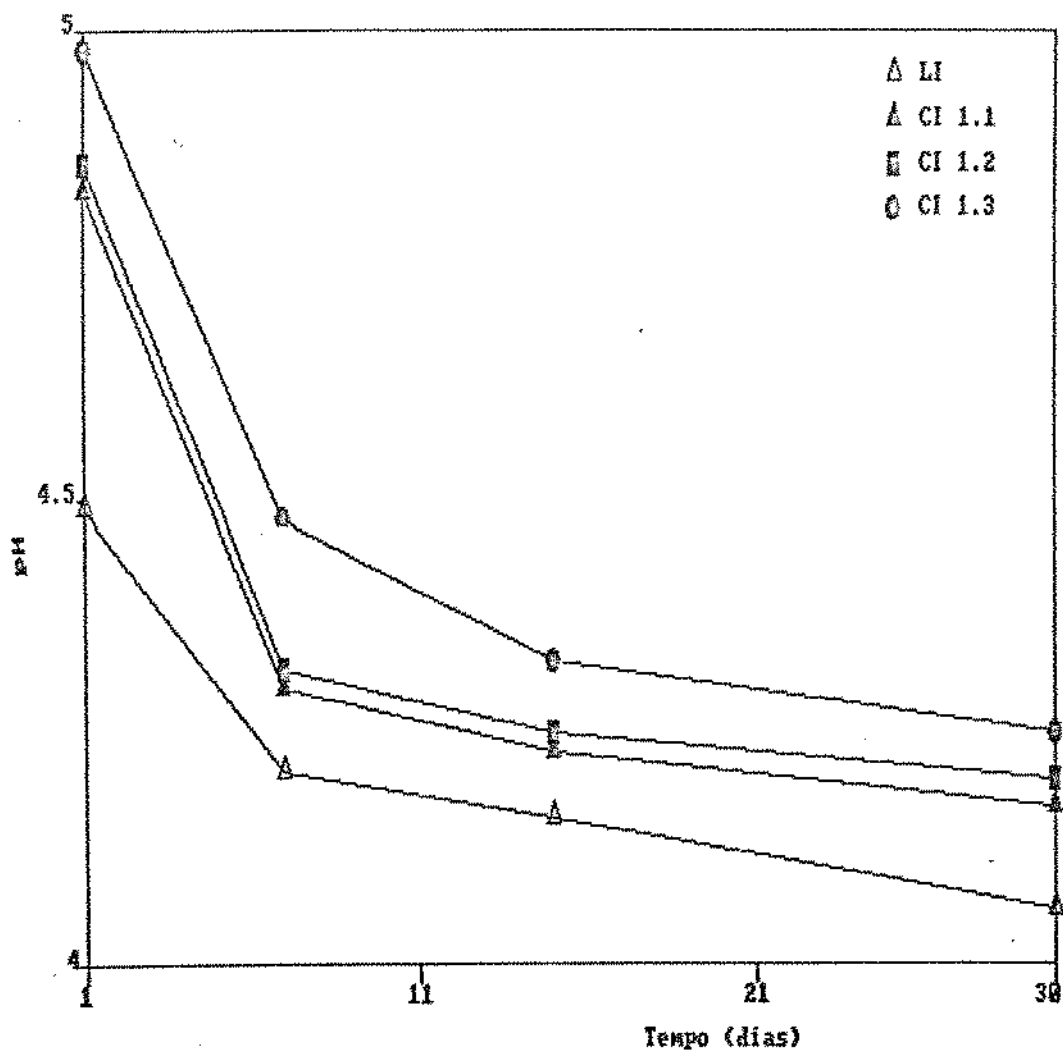


FIGURA 4.3.5.: Variação de pH durante a estocagem a 5°C nos iogurtes produzidos a partir do leite controle LI e dos concentrados CI 1,1, CI 1,2 e CI 1,3.

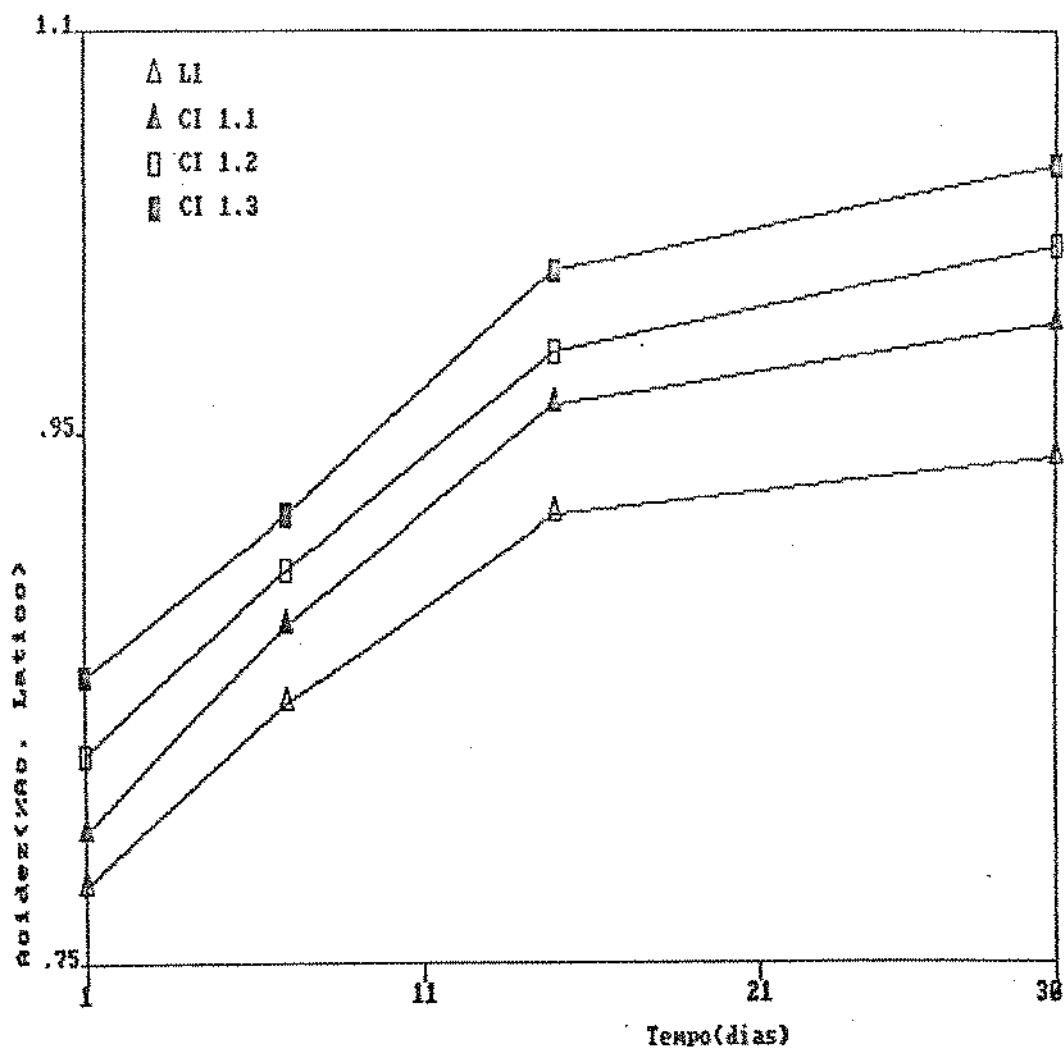


FIGURA 4.3.6.: Variação de Acidez Titulável durante a estocagem a 5°C nos iogurtes produzidos a partir do leite controle LI e dos concentrados CI 1,1, CI 1,2 e CI 1,3.

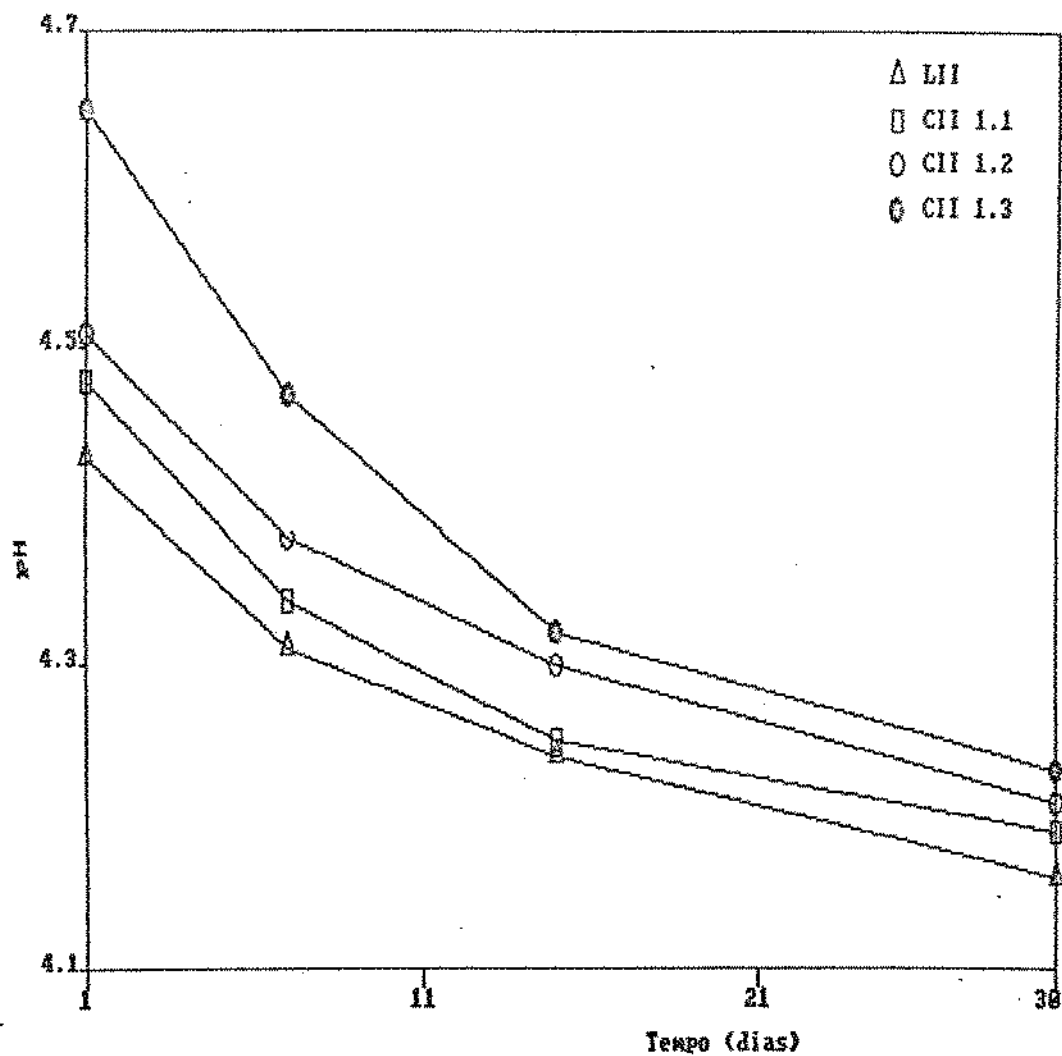


FIGURA 4.3.7.: Variação de pH durante estocagem a 5°C nos iogurtes produzidos a partir do leite controle LII e dos concentrados CII 1,1, CII 1,2 e CII 1,3.

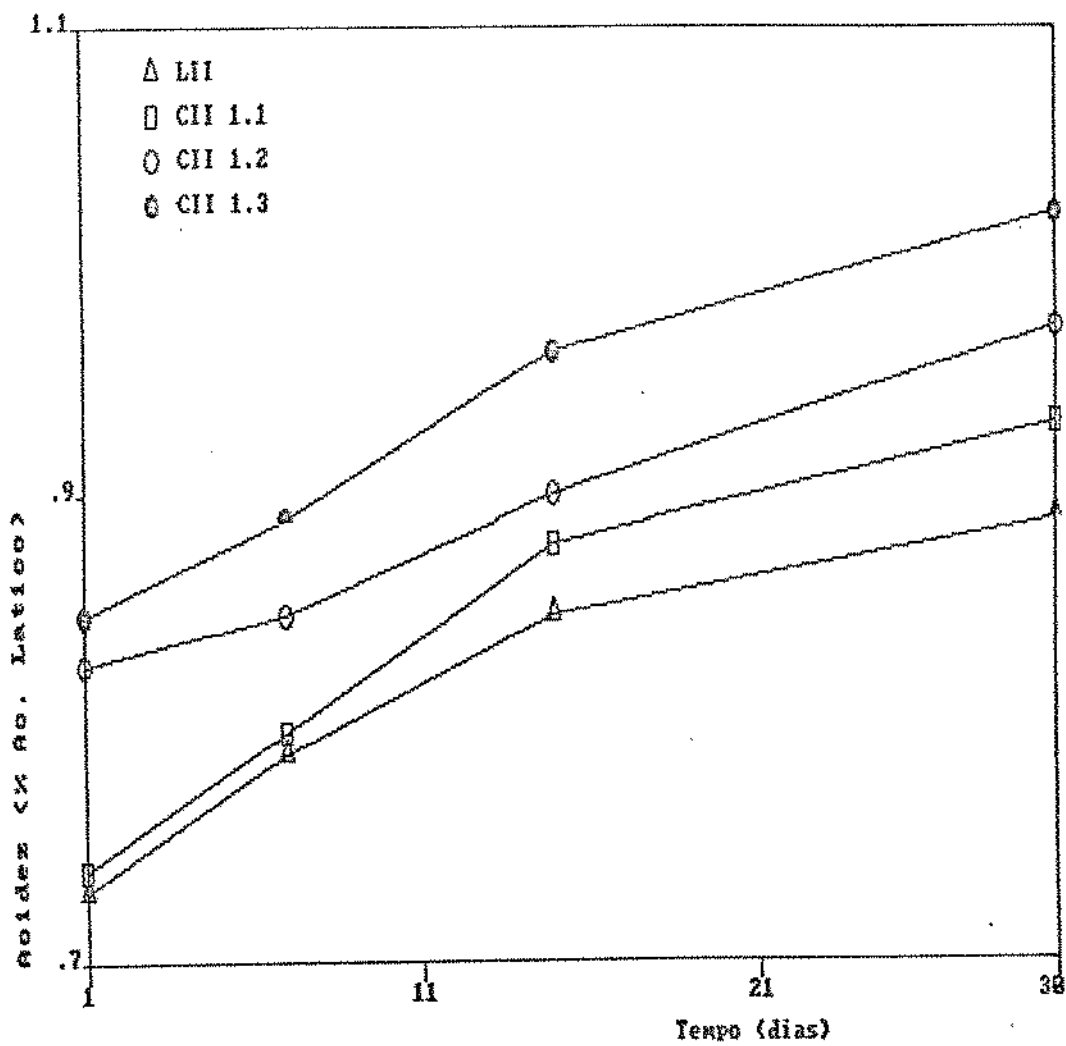


FIGURA 4.3.8.: Variação de Acidez Titulável durante estocagem a 5°C nos iogurtes produzidos a partir do leite controle LII e dos concentrados CII 1,1, CII 1,2 e CII 1,3.

4.3.1.4. Viscosidade Aparente:

Na Tabela 4.3.3. são apresentados os valores de pH e de viscosidade, resultantes das determinações realizadas nos iogurtes preparados a partir dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite integral nos experimentos I e II.

Os valores apresentados na Tabela 4.3.3. mostram o aumento de viscosidade em função do aumento do fator de concentração.

As diferenças obtidas entre os experimentos I e II podem ser atribuídas em parte ao conteúdo de proteínas dos leites e concentrados (Tab. 4.2.2.) a partir dos quais foram produzidos os iogurtes, concordando com as afirmações de BJERRE & NIELSEN (1974), JEPSEN (1977, a) e TAMIME & DEETH (1980) de que a viscosidade do iogurte é quase que totalmente dependente do conteúdo de proteínas do leite para fabricação do iogurte e em parte aos valores de pH dos iogurtes quando da realização das medidas, concordando com os resultados obtidos por SALJI *et alii* (1985) que avaliaram o efeito do pH (4,5 e 4,2) na viscosidade do iogurte e verificaram que uma redução em 0,3 unidades de pH resultava em um considerável aumento de viscosidade.

Os resultados obtidos e apresentados na Tabela 4.3.3. mostram que a concentração por ultrafiltração do leite para fabricação de iogurte em baixos níveis de concentração provoca uma elevação considerável na viscosidade do iogurte final, o que concorda com os resultados obtidos por ABRAHAMSEN & HOLMEN (1980), quando da produção de iogurtes a partir de concentrados de ultrafiltração.

TABELA 4.3.3.: Valores médios resultantes das determinações de pH e de viscosidade, realizadas nos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite integral nos experimentos I e II.

Iogurte	pH	Viscosidade Aparente (cps x 10 ³)	
		Valor Médio*	Desvio Padrão
LI	4,27	10,78	0,49
CI 1,1	4,38	14,31	0,88
CI 1,2	4,46	17,14	0,63
CI 1,3	4,35	20,33	1,17
LII	4,40	11,67	0,75
CII 1,1	4,40	14,70	0,68
CII 1,2	4,44	16,80	0,71
CII 1,3	4,47	18,60	1,24

* Valor médio resultante de 8 repetições.

Os iogurtes produzidos a partir dos concentrados CI 1,3 e CII 1,3 apresentaram corpos bem firmes e nenhum dos iogurtes produzido a partir dos concentrados apresentou deossoma e esses resultados concordam com as afirmações de ANON (1980), JEPSEN (1977,a) e NIELSEN (1976) de que os iogurtes produzidos a partir de concentrados de ultrafiltração possuem maior viscosidade e

não apresentam sinerése e com os resultados obtidos por RENNERT & EISELT- LOMB (1985, c) quanto a não ocorrência de sinerése em iogurtes produzidos a partir de concentrados de ultrafiltração.

Outro fator significativo para a viscosidade do iogurte é o tratamento térmico utilizado em sua fabricação, que conforme citado por RASIC & KURMANN (1978) tem como uma de suas principais funções promover o aumento de viscosidade e da consistência além de prevenir a separação de soro. É conforme citado por CARINI (1983), KALAB & EMMONS (1976) e RASIC & KURMANN (1978) a desnaturação das proteínas do soro e consequente interação dessas proteínas com a caseína aumenta as propriedades hidrofílicas da caseína e a estabilidade do coágulo. Nesses experimentos o aumento de viscosidade observado nos concentrados pode ser associado a 2 fatores, aumento do conteúdo de sólidos, principalmente proteínas, resultante da concentração por ultrafiltração e o tratamento térmico utilizado na fabricação do iogurte.

4.3.1.5. Análise Sensorial:

Na Tabela 4.3.4. são apresentados os valores de pH obtidos nos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite integral realizada nos experimentos I e II. Na mesma Tabela são também apresentados os valores médios para sabor, acidez e consistência resultantes dos valores médios atribuídos pelos provadores na Análise Sensorial dos iogurtes.

TABELA 4.3.4.: Valores de pH e valores médios resultantes dos valores atribuídos pelos provadores na Análise Sensorial para sabor, acidez e consistência dos iogurtes produzidos a partir dos leites e concentrados obtidos na concentração de leite integral nos experimentos I e II.

Amostra	Valor Médio*			
	pH**	Sabor	Acidez	Consistência
LI	4,30	6,14a	4,86a	4,44 a
CI 1,1	4,35	6,20a	4,60a	4,86 a
CI 1,2	4,38	6,10a	4,50a	6,26 b
CI 1,3	4,41	6,00a	4,37a	6,38 b
LII	4,40	5,66a	3,90a	4,66 a
CII 1,1	4,40	5,85a	3,96a	5,40 b
CII 1,2	4,44	5,98a	4,11a	5,63 b
CII 1,3	4,47	6,03a	4,27a	5,64 b

* Valor médio de 8 provadores com 4 repetições.

** Valor médio de 3 repetições.

- Letras iguais na mesma coluna e no mesmo experimento indicam que a diferença não é significativa a nível de 1% e letras diferentes na mesma coluna e no mesmo experimento indicam a existência de diferença significativa a nível de 1% de probabilidade.

Os resultados obtidos na análise de variância efetuada com os valores médios obtidos na avaliação sensorial de sabor realizada nos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite integral realizada nos experimentos I e II mostraram que foi encontrada diferença não significativa entre as amostras de iogurte, quanto à sabor, nos dois experimentos a nível de 1% de probabilidade. E conforme apresentado na Tabela 4.3.4. no experimento I obteve-se valores médios maiores que no experimento II.

Os resultados obtidos na análise de variância efetuada com os valores médios obtidos na avaliação sensorial de acidez, realizada nos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e concentrados, obtidos na concentração de leite integral realizada nos experimento I e II mostraram que foi encontrada diferença não significativa entre as amostras em termos de acidez sensorial a nível de 1% de significância. Os valores médios obtidos para acidez sensorial (Tab. 4.3.4.) estão abaixo do valor referenciado como ideal no teste sensorial, ou seja 5,50, e isso significa que as amostras de iogurte foram consideradas ácidas pela equipe sensorial.

Os resultados obtidos na análise de variância efetuada com os valores médios obtidos na Análise Sensorial quanto a consistência dos iogurtes, produzidos a partir dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite integral realizada nos experimentos I e II, em ambos os experimentos, I e II, foi verificado a existência de diferença significativa a nível de 1% de significância em termos de consistência sensorial, en-

tre as amostras de iogurte.

Através do teste de Tukey observou-se no experimento I existir diferença significativa entre as médias das consistências sensoriais dos iogurtes LI e CI 1,1 e entre CI 1,2 e CI 1,3 e que existe diferença significativa entre LI e CI 1,2, LI e CI 1,3. Observando-se os valores médios obtidos no experimento I (Tab. 4.3.4.) verifica-se que LI e CI 1,1 apresentaram valores médios inferiores ao ideal (5,50), sendo considerados mais moles que o ideal e CI 1,2 e CI 1,3 receberam valores superiores, sendo considerados mais firmes que o ideal.

No experimento II, através do teste de médias de Tukey obteve-se que apenas LII (controle) diferiu significativamente das demais. Sendo que CII 1,1 apresentou valor médio inferior ao ideal e CII 1,2 e CII 1,3 apresentaram valor superior, mas as diferenças observadas foram muito pequenas.

Com base nos resultados obtidos em termos de consistência, nos dois experimentos, podemos afirmar apenas que os iogurtes produzidos a partir dos concentrados de fatores 1,2 e 1,3 apresentam uma consistência superior e significativamente diferente do iogurte controle, afirmação que não pode ser feita com relação aos iogurtes produzidos a partir de concentrados de fator 1,1.

Os resultados obtidos nos testes sensoriais quanto a acidez, consistência e sabor dos iogurtes produzidos a partir dos concentrados de leite integral, nos permite concluir que é possível obter iogurtes com características organolépticas adequadas a partir de concentrados de leite integral a 12,54 - 13,72%

de sólidos totais, correspondentes a fatores de concentração de 1:1,2 a 1:1,3. Essa faixa de conteúdo de sólidos totais encontra-se de acordo com as recomendações de CHAMBER (1979) e com os resultados obtidos por TAMIME (1977) citado por TAMIME & ROBINSON (1985) que verificou um grande aumento na consistência do iogurte quando o conteúdo de sólidos totais do leite foi elevado de 12 para 14, 16,0, 18 e 20% de sólidos totais através de adição de leite em pó, sendo que acima de 16,% de sólidos totais o acréscimo na consistência não é tão significativa. E discorda da faixa recomendada por KOSIKOWSKI (1977) de que a mistura para iogurte deve conter de 15-17% de sólidos totais, no entanto concorda no que diz respeito a que esta mistura deve conter no mínimo 8,5% de sólidos desengordurados uma vez que o teor de sólidos desengordurados varia de 8,64 a 9,27% (Tab. 4.2.2.). Os resultados obtidos nos 2 experimentos concordam com os resultados de ABRAHAMSEN & HOLMEN (1980) no que diz respeito a que por ultrafiltração é possível obter iogurtes de alta viscosidade e firmeza a baixos fatores de concentração .

4.3.2. LEITE COM BAIXO TEOR DE LACTOSE:

4.3.2.1. Fermentação:

Nas Figuras 4.3.9 e 4.3.10 são apresentadas as curvas de abaixamento de pH e de desenvolvimento de acidez titulável obtidas na diafiltração de leite integral realizada no experimento I, e nas Figuras 4.3.11 e 4.3.12 as curvas obtidas no experimento II.

As curvas obtidas para abaixamento de pH e desenvolvimento de acidez titulável apresentaram o mesmo comportamento nos 2 experimentos, conforme visualiza-se nas Figuras 4.3.9 a 4.3.12. Através das curvas apresentadas nas Figuras 4.3.9 a 4.3.12 pode-se verificar que o abaixamento do conteúdo de lactose resultante da diafiltração dos concentrados realizada durante o processo de ultrafiltração, provocou um aumento do pH inicial e em um abaixamento da acidez titulável inicial dos leites com baixo conteúdo de lactose, sendo o efeito maior para uma maior diafiltração do concentrado. Esses resultados concordam com os resultados obtidos por EMALDI *et alii* (1974) no que se refere à obtenção de um valor mais alto de pH no concentrado ajustado a 2,30% de lactose por ultrafiltração do que no leite controle.

Na Tabela 4.3.5. são apresentados os valores de acidez titulável inicial e acidez titulável após 160 minutos de incubação a 45°C, nos leites controles e diafiltrados obtidos na diafiltração de leite integral nos experimentos I e II. Na mesma Tabela são também apresentados os valores de acidez desenvolvi-

da, calculados a partir da diferença entre a acidez final e a inicial.

TABELA 4.3.5.: Valores de acidez titulável inicial, após a incubação por 160 minutos a 45°C e desenvolvida obtidos nos leites controles e diafiltrados obtidos na diafiltração de leite integral nos experimentos I e II.

Amostra	%Lactose	Acidez Titulável (% Ac. Lático)		
		Inicial	Final	Desenvolvida
LI	5,28	0,18	0,72	0,54
LDI.A	2,44	0,13	0,59	0,46
LDI.B	1,31	0,10	0,56	0,46
LDI.C	0,67	0,08	0,38	0,30
LII	4,57	0,17	0,64	0,47
LDII.A	2,31	0,13	0,55	0,42
LDII.B	0,95	0,09	0,39	0,30
LDII.C	0,52	0,07	0,35	0,28

O comportamento das curvas apresentadas nas Figuras 4.3.9 a 4.3.12 foi similar, sendo que os leites controles (LI e LII) apresentaram uma maior produção de ácido que os com baixo teor de lactose. Os dados para acidez desenvolvida apresentados na Tabela 4.3.5. confirmam essa afirmação, uma vez que a acidez de-

envolvida foi menor para um menor teor de lactose.

Os iogurtes produzidos a partir de leites com um teor de lactose ajustado a 0,95%; 0,67% e 0,52%, respectivamente LD 11. B, LD 1.C e LD 11.C apresentaram valores finais de acidez titulável muito baixos, mas isto pode ser atribuído ao tempo de incubação, o qual foi de 160 minutos, se esses leites permanecessem por mais tempo a 45°C provavelmente ocorreria maior acidificação, uma vez que como apresentado nas Figuras 4.3.9 a 4.3.12 as curvas para esses leites mostram a tendência de que a acidificação continuaria além do tempo de 160 minutos.

Os resultados obtidos nas curvas de abaixamento de pH e de desenvolvimento de acidez titulável (Figs. 4.3.9 a 4.3.12.) mostram que a redução do teor de lactose através de diafiltração reduz a taxa de produção de ácido láctico pelas bactérias *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*.

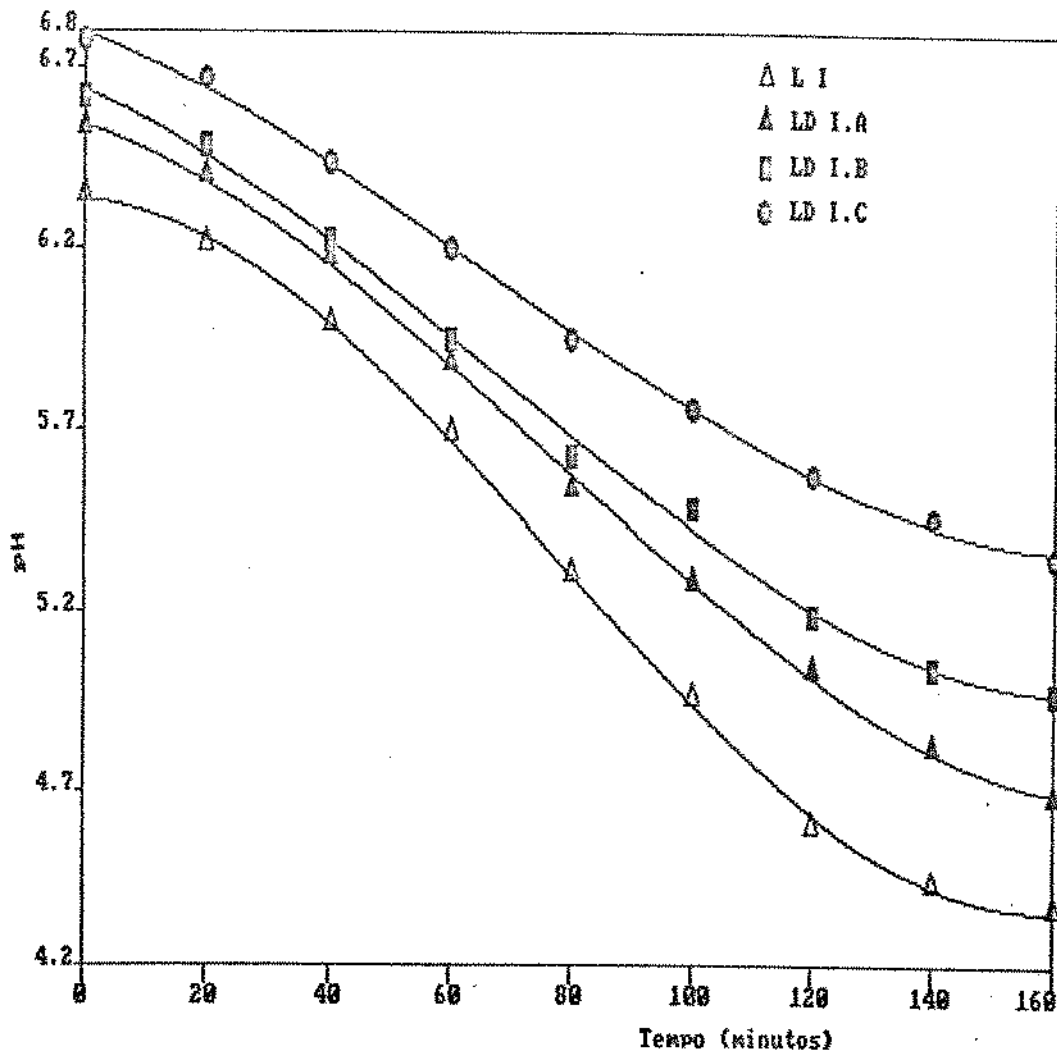


FIGURA 4.3.9.: Variação de pH no leite controle (LI) e nos leites com baixo teor de lactose LD I.A, LD I.B e LD I.C, durante o processo de fermentação.

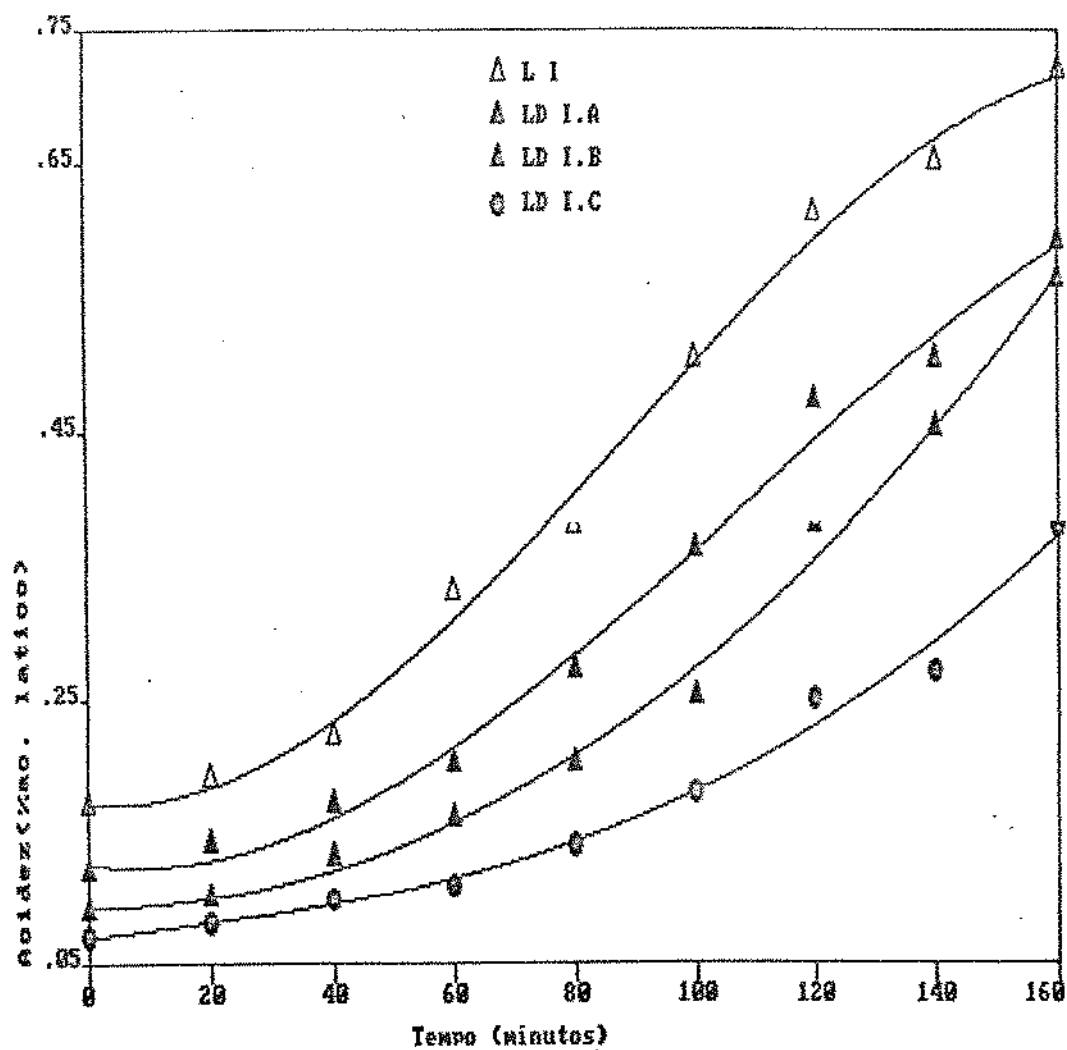


FIGURA 4.3.10.: Variação de Acidez Titulável no leite controle LI e nos leites com baixo teor de lactose LD I.A, LD I.B e LD I.C, durante o processo de Fermentação.

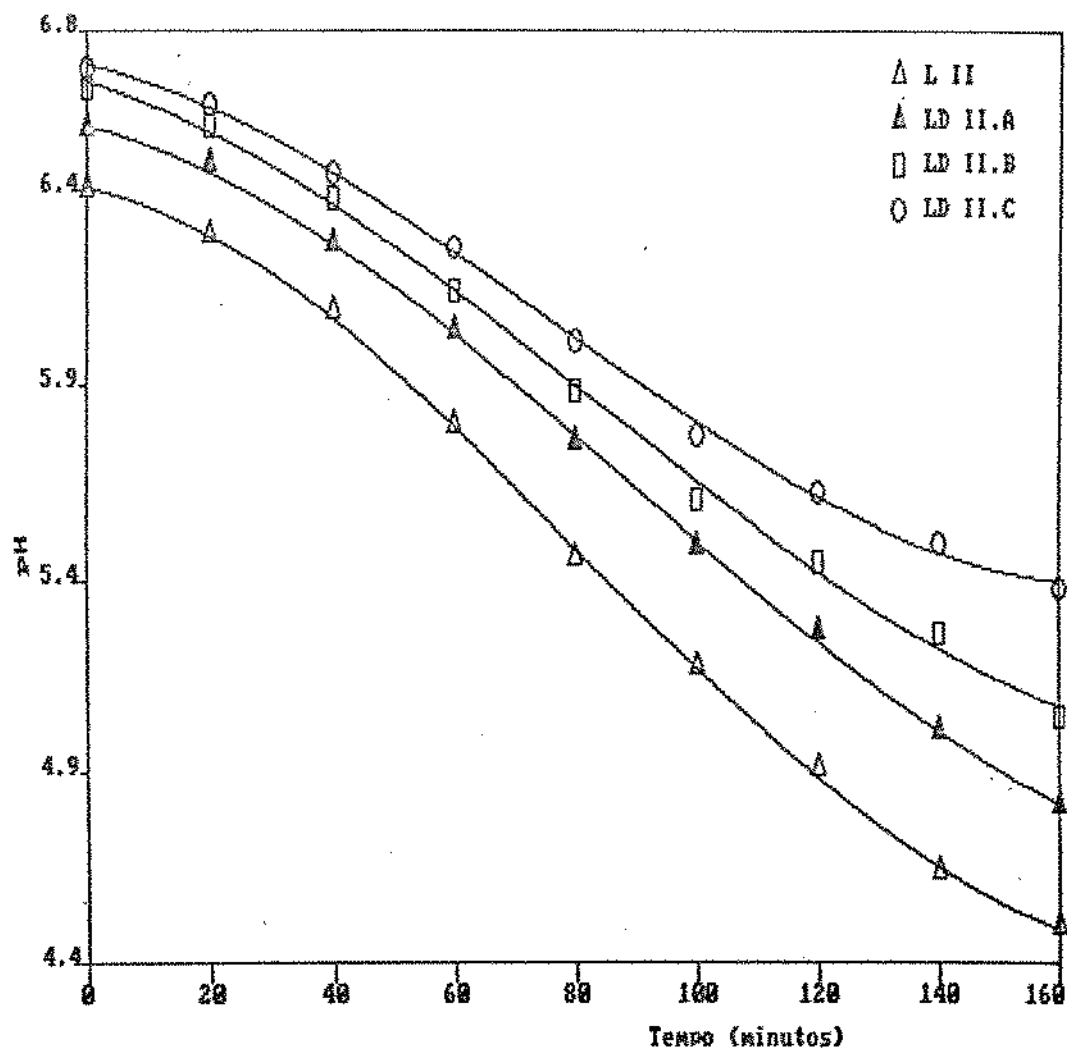


FIGURA 4.3.11.: Variação de pH no leite controle LII e nos leites com baixo teor de lactose LD II.A, LD II.B e LD II.C durante o processo de Fermentação.

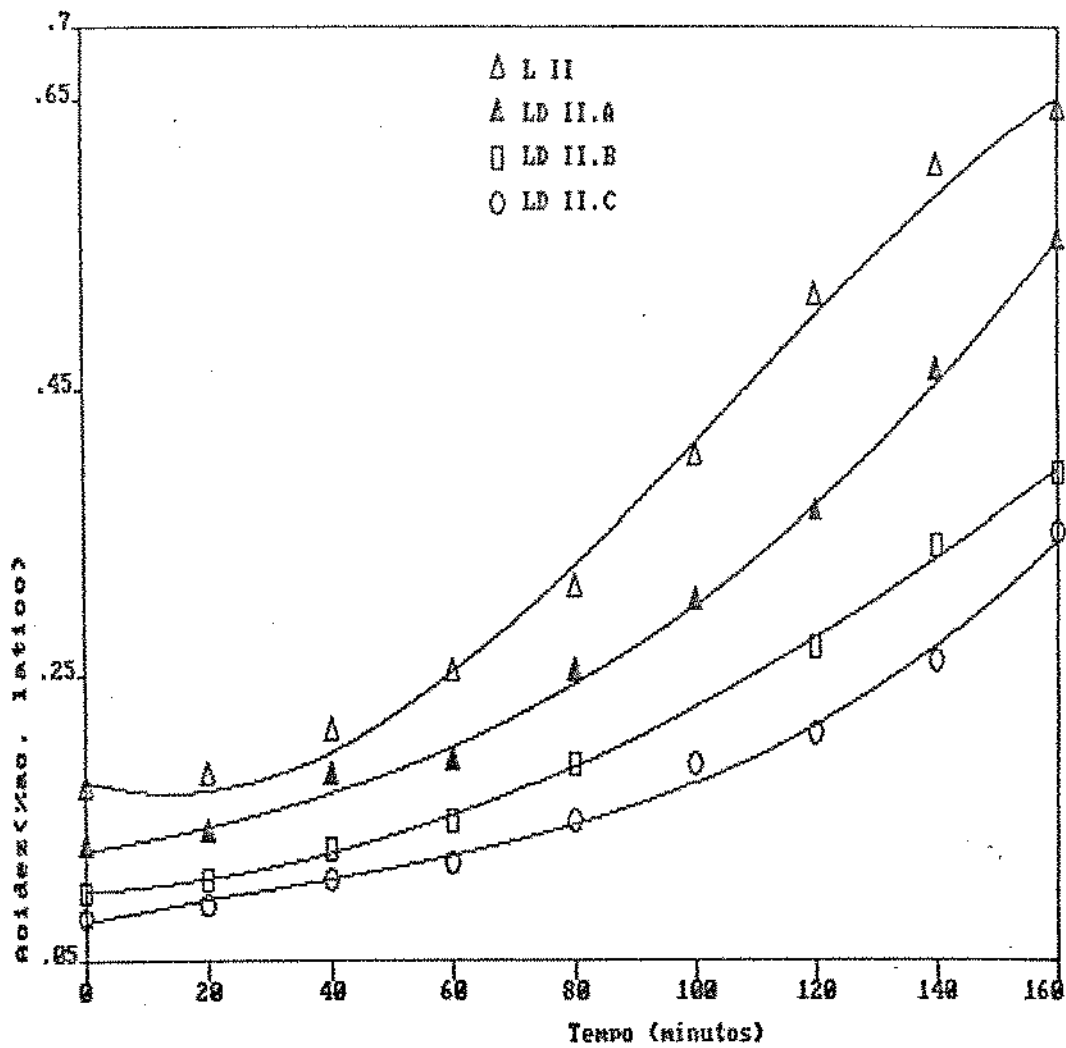


FIGURA 4.3.12.: Variação de Acidez Titulável no leite controle LII e nos leites com baixo teor de lactose LD II.1, LD II.2 e LD II.3, durante o processo de Fermentação.

4.3.2.2. Coagulação:

Na Tabela 4.3.6. são apresentados os valores de pH no momento da coagulação e de tempo de coagulação obtidos nos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e leites com baixo conteúdo de lactose, obtidos na diafiltração de leite integral nos experimentos I e II.

TABELA 4.3.6.: pH e tempo de coagulação dos iogurtes produzidos a partir dos leites controles LI e LII e dos leites com baixo teor de lactose LD I.A, LD I.B, LD I.C, LD II.A, LD II.B e LD II.C.

Iogurte	% Lactose	pH	Tempo de Coagulação (minutos)
LI	5,28	4,96	100
LD I.A	2,44	5,28	100
LD I.B	1,31	5,19	120
LD I.C	0,67	5,45	140
LII	4,57	4,91	120
LD II.A	2,31	5,27	120
LD II.B	0,95	5,28	140
LD II.C	0,52	5,39	160

Através dos dados obtidos e apresentados na Tabela 4.3.6., observa-se que os iogurtes LD I.A e LD I.B. apresentaram valores de pH de coagulação maiores que os respectivos leites controles (LI e LII) para respectivamente tempos iguais de coagulação (LI e LD I.A = 100 minutos; LII e LD II.A = 120 min.). Isso pode ser atribuído à diferença de teor de proteína existente, conforme dados da Tabela 4.2.6., uma vez que LD I.A (3,32% de proteínas) e LD II.A (3,54% de proteínas) apresentaram valores de pH mais altos que os dos respectivos leites controles LI (2,78% de proteínas) e LII (2,80% de proteínas) em respectivamente, tempos iguais de coagulação. Esses resultados concordam com os resultados obtidos por TOPPINO *et alii* (1977) que obteve valores mais altos de pH de coagulação em leites ajustados a 1,13-1,93% de lactose por ultrafiltração, que nos leites controles.

Com relação ao tempo de coagulação verifica-se que os iogurtes com teores de lactose reduzidos a valores abaixo de 2,31-2,44% de lactose (LD I.C e LD II.C), apresentaram um maior tempo de coagulação.

Os coágulos obtidos nos iogurtes LD I.C e LD II.C apresentaram-se mais frágeis que os obtidos nos demais iogurtes, sendo que apenas LD I.A e LD II.A apresentaram coágulos semelhantes aos obtidos nos leites controles (LI e LII). Esses resultados concordam com os obtidos por TOPPINO *et alii* (1977) que obtiveram iogurtes de consistência inferior ao de produção industrial, produzidos a partir de leite com teor de lactose ajustado a 1,13-1,93% por ultrafiltração. No entanto discordam dos

resultados obtidos por KOSIKOWSKI (1979) que obteve iogurtes de firmeza satisfatória e viscosidade adequada em concentrado de ultrafiltração (20% de proteínas) ajustado por diluição com água a cerca de 7-8% de sólidos totais.

4.3.2.3. Estocagem:

Nas Figuras 4.3.13 a 4.3.16 são apresentadas as curvas de evolução de pH e de acidez titulável obtidas durante a estocagem a 5°C, nos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e leites com baixo conteúdo de lactose, obtidos na diafiltração de leite integral realizada nos experimentos I e II.

Através dos dados apresentados nas Figuras 4.3.13. a 4.3.16. verifica-se que a redução do conteúdo de lactose a valores menores ou iguais a 1,31% (LD I.C, LD II.C) reduziu sensivelmente a produção de ácido nos iogurtes durante a estocagem. Os iogurtes LD I.C e LD II.C com 0,67 e 0,52% , respectivamente de lactose, praticamente não acidificaram durante a estocagem e isto pode ser atribuído a um provável esgotamento da lactose no meio.

Na Tabela 4.3.7. são apresentados os valores de pH após 1 e 30 dias de estocagem a 5°C, obtidos nos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e leites diafiltrados obtidos na diafiltração de leite integral realizada nos experimentos I e II. Na mesma Tabela é apresentada a variação entre o valor final e o valor inicial de pH, calculada por diferença.

Os resultados apresentados na Tabela 4.3.7. mostram o

efeito da redução do conteúdo de lactose do leite na acidificação do iogurte durante sua estocagem e concordam com os resultados obtidos por TOPPINO *et alii* (1977) que obteve uma acidez constante por mais de 7 dias em iogurtes preparados a partir de leites delactosados por ultrafiltração a valores inferiores a 1,15% de lactose, uma vez que obteve-se nos experimentos I e II uma acidez praticamente constante durante a estocagem a 5°C nos iogurtes delactosados por ultrafiltração a valores de 0,67 e 0,52% de lactose, respectivamente LDI.C e LDII.C, conforme dados apresentados na Tabela 4.3.7. e na Tabela 4.2.6. Concordam também com os resultados obtidos por ROSSI *et alii* (1978) com iogurtes produzidos a partir de leite reconstituído a 2,87% de lactose a partir de um concentrado de ultrafiltração 1:3, nos quais ocorreu uma redução em cerca de 0,24 unidades de pH durante a estocagem do iogurte por 60 dias a 8-10°C e com os resultados obtidos por KOSIKOWSKI (1978) na estocagem dos iogurtes produzidos a partir de leites com cerca de 1,1% de lactose obtidos a partir da diluição de um concentrado de ultrafiltração com 20% de proteínas.

A maior variação de pH obtida para os leites LDI.A e LDII.A., conforme dados apresentados na Tabela 4.3.7., pode ser atribuída aos valores iniciais de pH desses iogurtes, concordando com os resultados obtidos por SALJI & ISMAIL (1983) que estudaram a acidificação de iogurtes com valores iniciais diferentes de pH e de acidez titulável durante estocagem a 4 e 7°C por 3 semanas e verificaram que amostras com uma menor acidez inicial apresentavam um maior aumento de acidez durante a estocagem. E

isso pode ser atribuído ao fato da sensibilidade das enzimas ser menor em valores mais altos de pH, conforme citado por RASIC & KURMANN (1978). O mesmo comportamento não foi observado nos iogurtes LD I.B, LD I.C, LD II.B e LD II.C e isso pode ser atribuído ao conteúdo de lactose desses leites, concordando com as afirmações de KOSIKOWSKI (1979) no que se refere ao fato da lactose ser um fator limitante na acidificação de iogurtes durante a estocagem.

TABELA 4.3.7.: Valores de pH em 1 e após 30 dias de estocagem a 5°C obtidos nos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e leites diafiltrados obtidos na diafiltração de leite integral nos experimentos I e II.

Amostra	pH		
	Inicial	Final	Varição
LI	4,12	3,99	0,13
LD I.A	4,46	4,14	0,32
LD I.B	4,49	4,39	0,10
LD I.C	5,32	5,31	0,01
LII	4,26	4,02	0,24
LD II.A	4,61	4,13	0,48
LD II.B	4,59	4,50	0,09
LD II.C	5,38	5,36	0,02

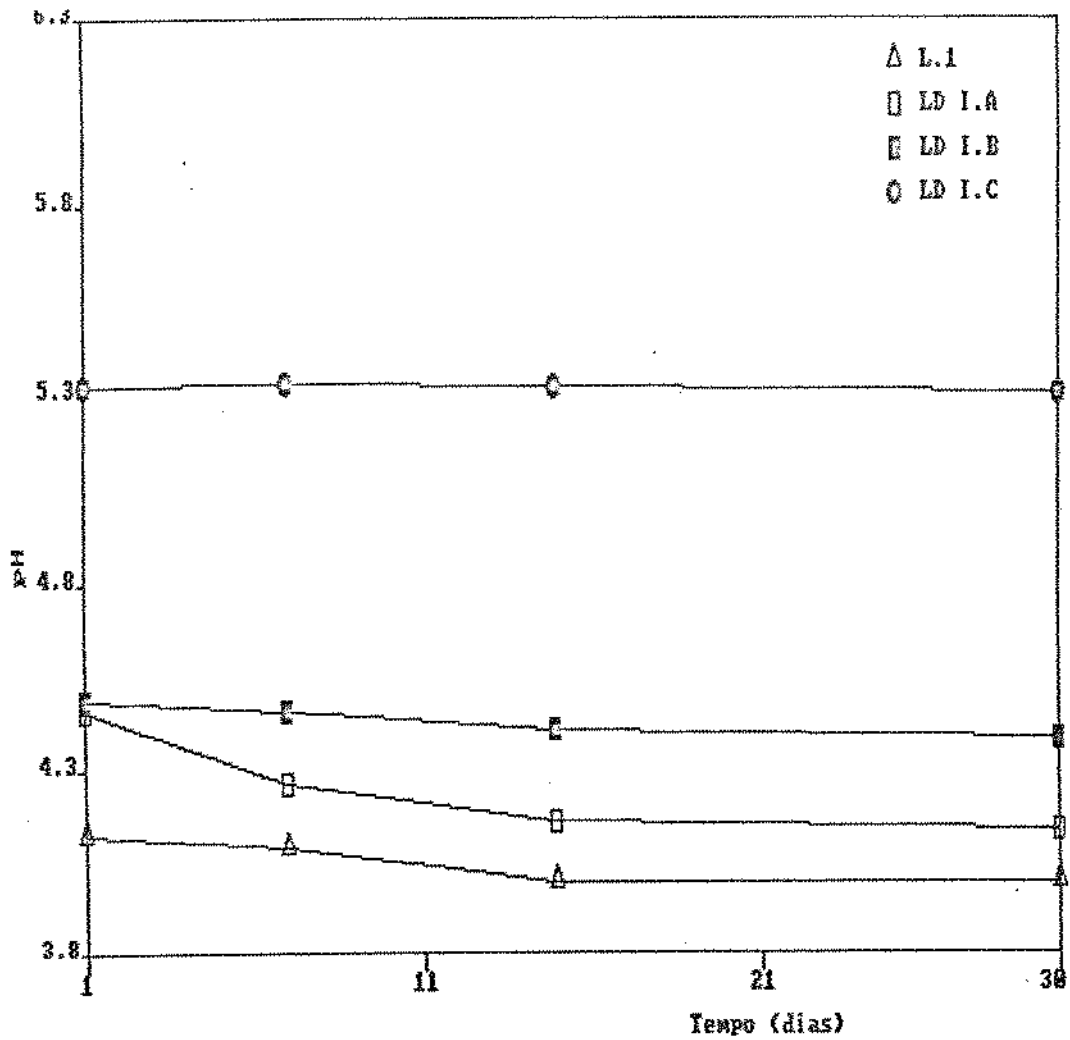


FIGURA 4.3.13.: Variação de pH durante estocagem a 5°C no iogurte controle L1 e nos iogurtes com baixo teor de lactose LD 1.A, LD 1.B.e LD 1.C.

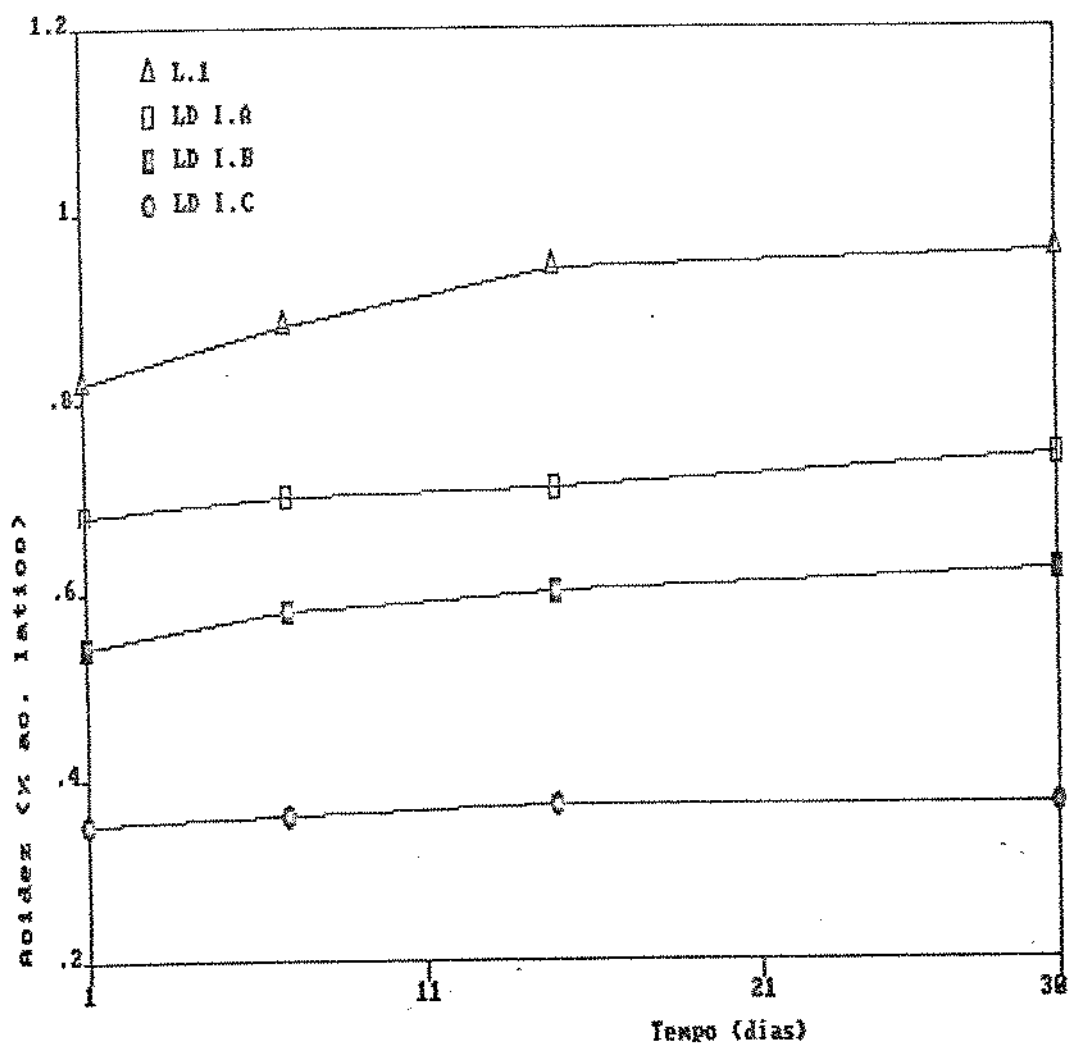


FIGURA 4.3.14.: Variação de Acidez Titulável durante estocagem a 5° C no iogurte controle L.I. e nos iogurtes com baixo teor de lactose LD I.A., LD I.B. e LD I.C.

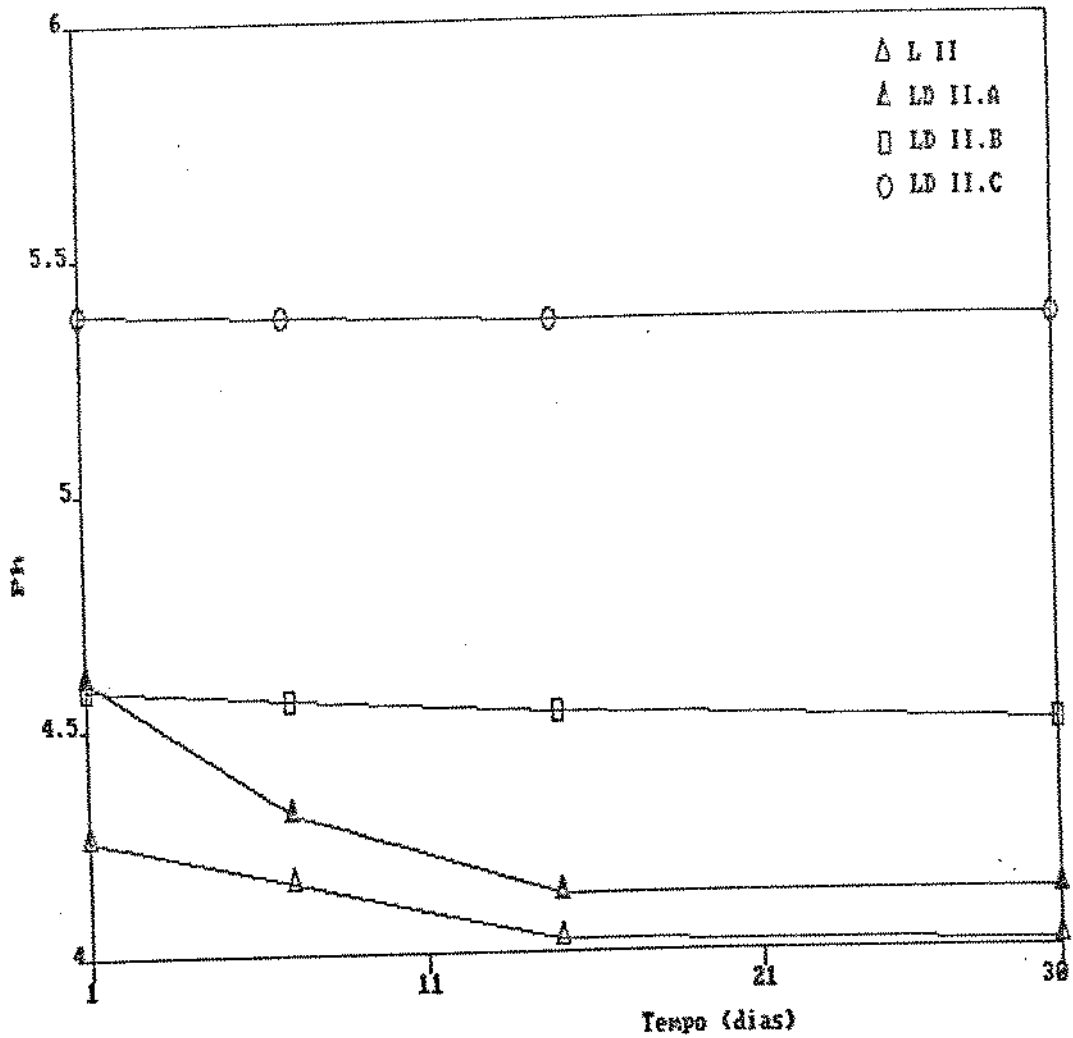


FIGURA 4.3.15.: Variação de pH durante estocagem a 5°C no iogurte controle LII e nos iogurtes com baixo teor de lactose LD II.A, LD II.B. e LD II.C.

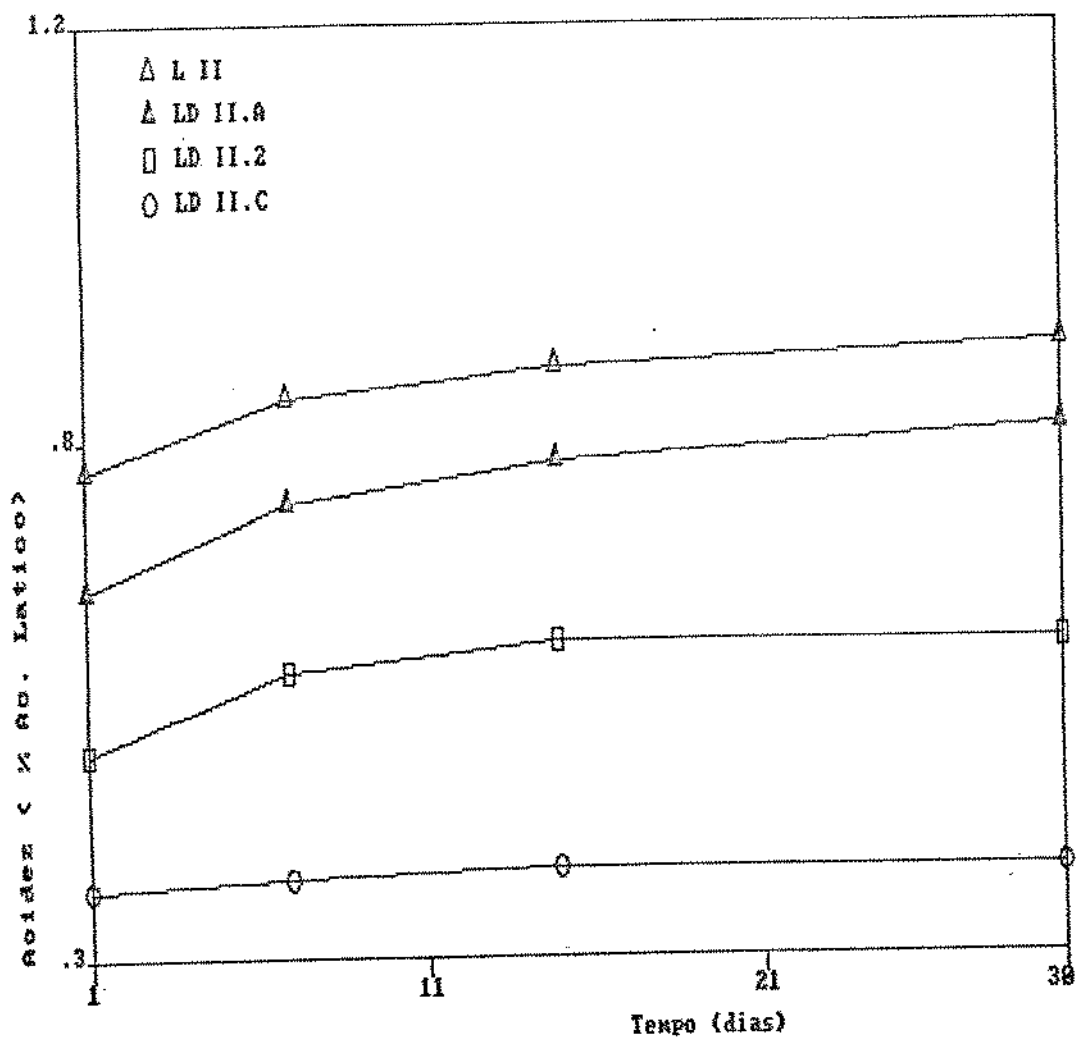


FIGURA 4.3.16.: Variação de Acidez Titulável durante estocagem a 5°C no iogurte controle LII e nos iogurtes com baixo teor de lactose LD II.A, LD II.B e LD II.C.

Com relação às características organolépticas, observou-se que os iogurtes LD I.A e LD II.A, apresentavam consistência, sabor e aroma típicos de iogurte iguais às verificadas nos iogurtes controles, bem como não apresentaram sinerese. Esses resultados concordam com os obtidos por ROSSI *et alii* (1978) que obtiveram iogurtes com características organolépticas semelhantes às dos leites controles produzidos a partir de leite reconstituído a 2,87% de lactose e 10% sólidos totais a partir de um concentrado de ultrafiltração 1:3.. Concordam também com EMALDI *et alii* (1974) que obtiveram iogurtes com características organolépticas adequadas em iogurtes produzidos a partir de concentrados delactosados por ultrafiltração a 2,30% de lactose e ajustados a 11,0% de sólidos totais apesar destes apresentarem um conteúdo de proteínas mais elevado.

Os iogurtes LD I.B e LD II.B apresentaram um sabor mais fraco. Já os iogurtes LD I.C e LD II.C apresentaram um sabor bem mais fraco, e um certo sabor aguado e concordam com KOSIKOWSKI (1979) no que diz respeito ao fato do sabor e aroma serem fracos. No entanto os iogurtes LD I.C e LD II.C poderiam ser adequados para a produção de iogurtes líquidos.

4.3.3. LEITE DESNATADO:

4.3.3.1. Fermentação:

Nas Figuras 4.3.17 a 4.3.22. são apresentadas as curvas de abaixamento de pH e de desenvolvimento de acidez titulável, obtidas durante o processo de fermentação dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite desnatado realizada nos experimentos III, IV e V, conforme descrito na metodologia 3.2.3.

As curvas de abaixamento de pH (Figs. 4.3.17., 4.3.19.e 4.3.21.), obtidas nos 3 experimentos, apresentam o mesmo comportamento observado no caso de leite integral e concentrados deste, ou seja ocorreu um maior abaixamento de pH nos leites controles que nos concentrados, sendo que o abaixamento de pH nos concentrados foi menor para um maior fator de concentração.

Na Tabela 4.3.8. são apresentados os valores de acidez titulável inicial e acidez titulável após 160 minutos de incubação a 45°C, obtidos nos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite desnatado nos experimentos III, IV e V. Na mesma Tabela são também apresentados os valores de acidez desenvolvida calculados a partir da diferença entre a acidez final e a inicial.

TABELA 4.3.8.: Valores de acidez titulável inicial, após 160 minutos a 45°C e desenvolvida, obtidos nos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite desnatado nos experimentos III, IV e V.

Amostra	Acidez Titulável (% Ac. láctico)		
	Inicial	Final	Desenvolvida
LIII	0,14	0,63	0,49
CIII 1,1	0,17	0,65	0,48
CIII 1,2	0,18	0,69	0,51
CIII 1,3	0,19	0,71	0,52
LIV	0,15	0,63	0,48
CIV 1,1	0,18	0,66	0,48
CIV 1,2	0,19	0,68	0,49
LV	0,18	0,64	0,46
CV 1,1	0,19	0,66	0,47
CV 1,2	0,20	0,69	0,49
CV 1,3	0,21	0,70	0,49

Os dados obtidos e apresentados na Tabela 4.3.8. mostram que os concentrados apresentam valores mais elevados de acidez titulável inicial que os leites controles e que a mesma aumenta com o aumento do fator de concentração dos concentrados, do mesmo modo como observado na concentração de leite integral nos ex-

perimentos I e II (Tab. 4.3.1.) e isso pode ser atribuído ao aumento da concentração de sais minerais e de proteínas nos concentrados resultante do processo de concentração do leite por ultrafiltração, concordando com as afirmações de BRULLE *et alii* (1974) e CASIRAGHI (1987) que também obtiveram um aumento de acidez titulável com o aumento do fator de concentração do leite por ultrafiltração.

As curvas de desenvolvimento de acidez titulável apresentadas nas Figuras 4.3.18, 4.3.19 e 4.3.20, obtidas durante o processo de fermentação dos leites controles e concentrados apresentam o mesmo comportamento nos leites e concentrados, sendo que as diferenças observadas entre as curvas parecem ser, do mesmo tipo das observadas com os concentrados de leite integral nos experimentos I e II, ou seja, decorrentes de valores iniciais diferentes de acidez titulável, diferença essa que se mantém razoavelmente constante durante o processo de fermentação e durante o qual a acidez desenvolvida não difere significativamente nos leites controles e concentrados, conforme dados apresentados na Tabela 4.3.8.

Verifica-se, portanto, que tanto nos experimentos com leite integral como nos experimentos com leite desnatado, as variações de pH e de acidez titulável durante o processo de fermentação não permitem concluir que exista diferença apreciável entre a fermentação dos leites controles e concentrados pelas bactérias *S. thermophilus* e *L. bulgaricus.*, nas condições utilizadas nos experimentos III, IV e V.

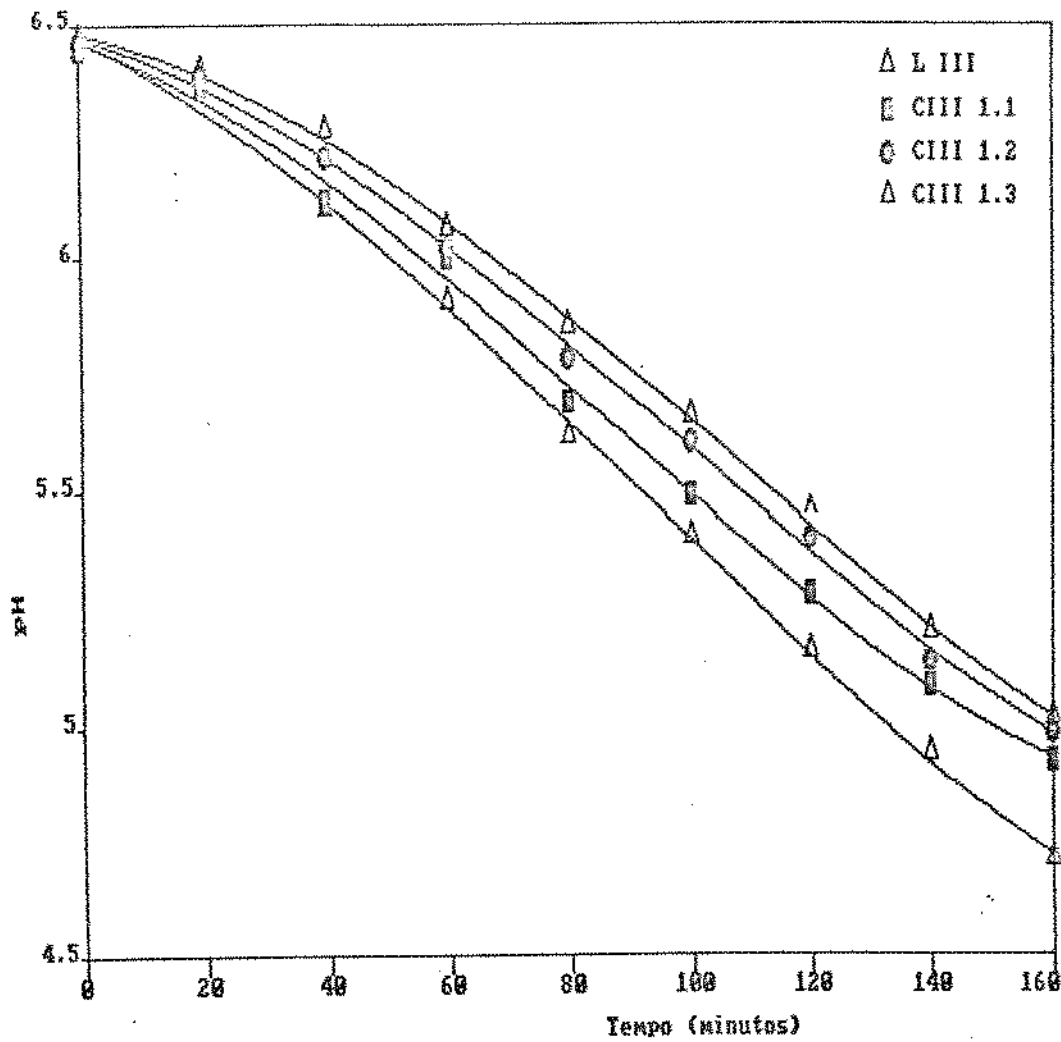


FIGURA 4.3.17.: Variação de pH no leite desnatado controle LIII e nos concentrados CIII 1,1, CIII 1,2 e CIII 1,3 durante o processo de fermentação.

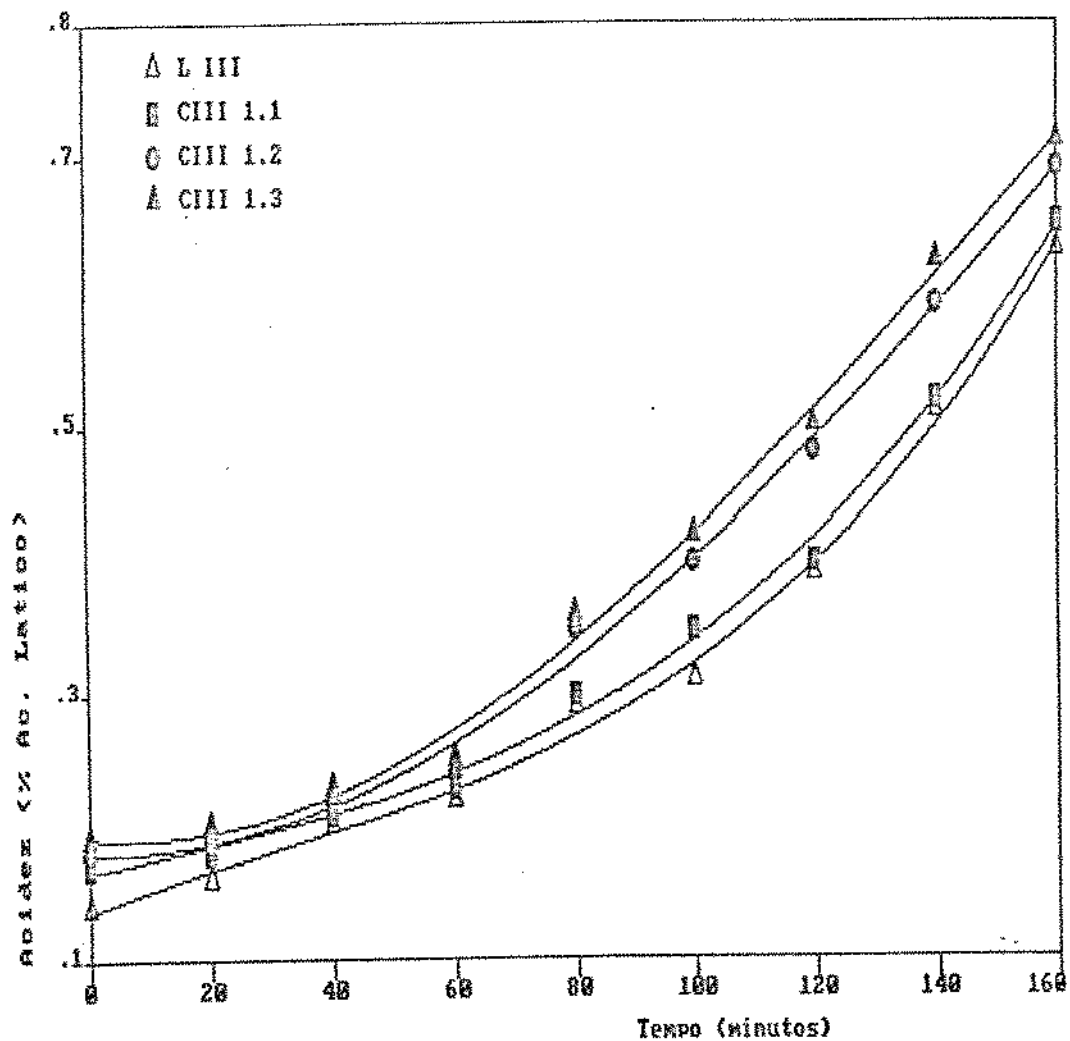


FIGURA 4.3.1B: Variação de Acidez Titulável no leite controle LIII e nos concentrados CIII 1,1, CIII 1,2 e CIII 1,3 durante o processo de Fermentação.

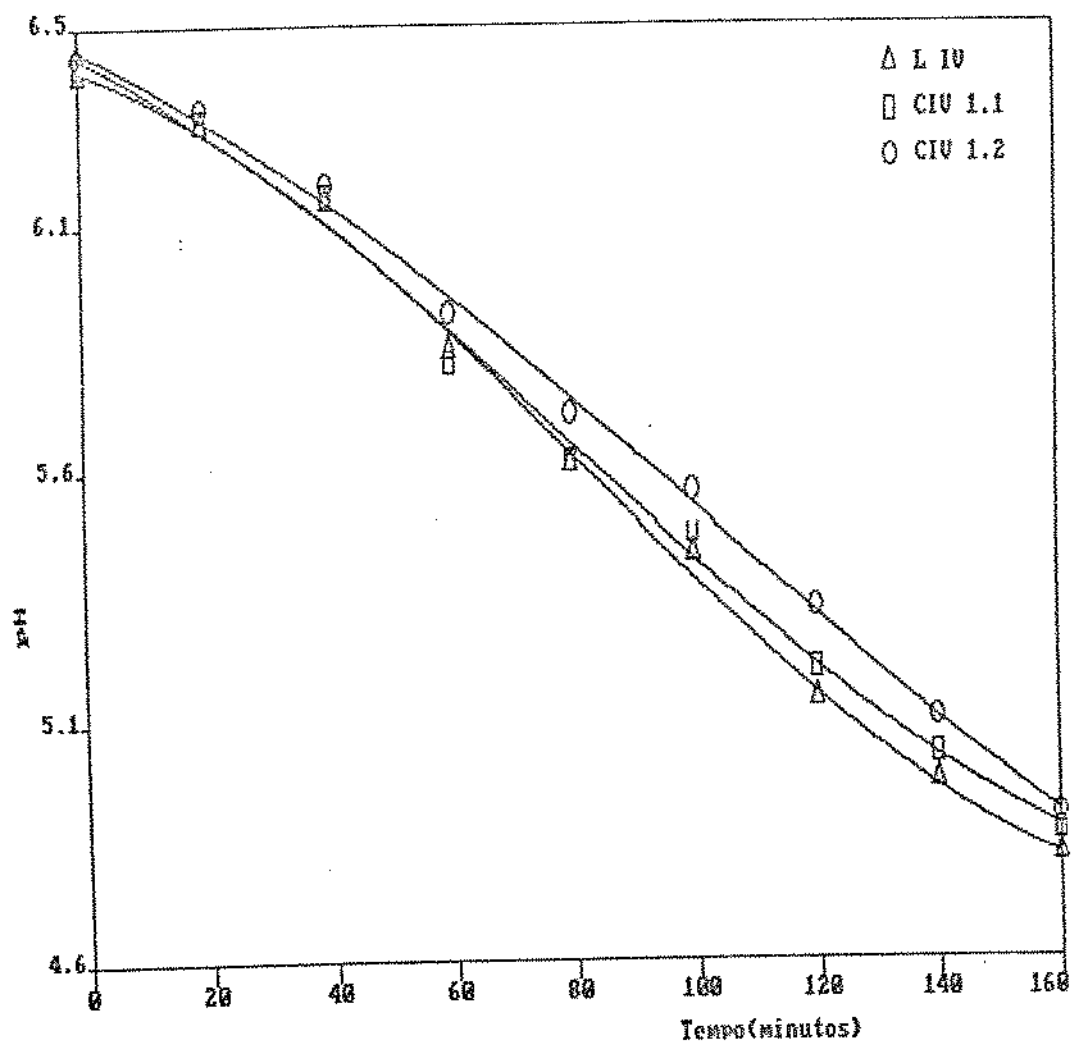


FIGURA 4.3.12: Variação de pH no leite controle LV e nos concentrados CIV 1,1 e CIV 1,2, durante o processo de Fermentação.

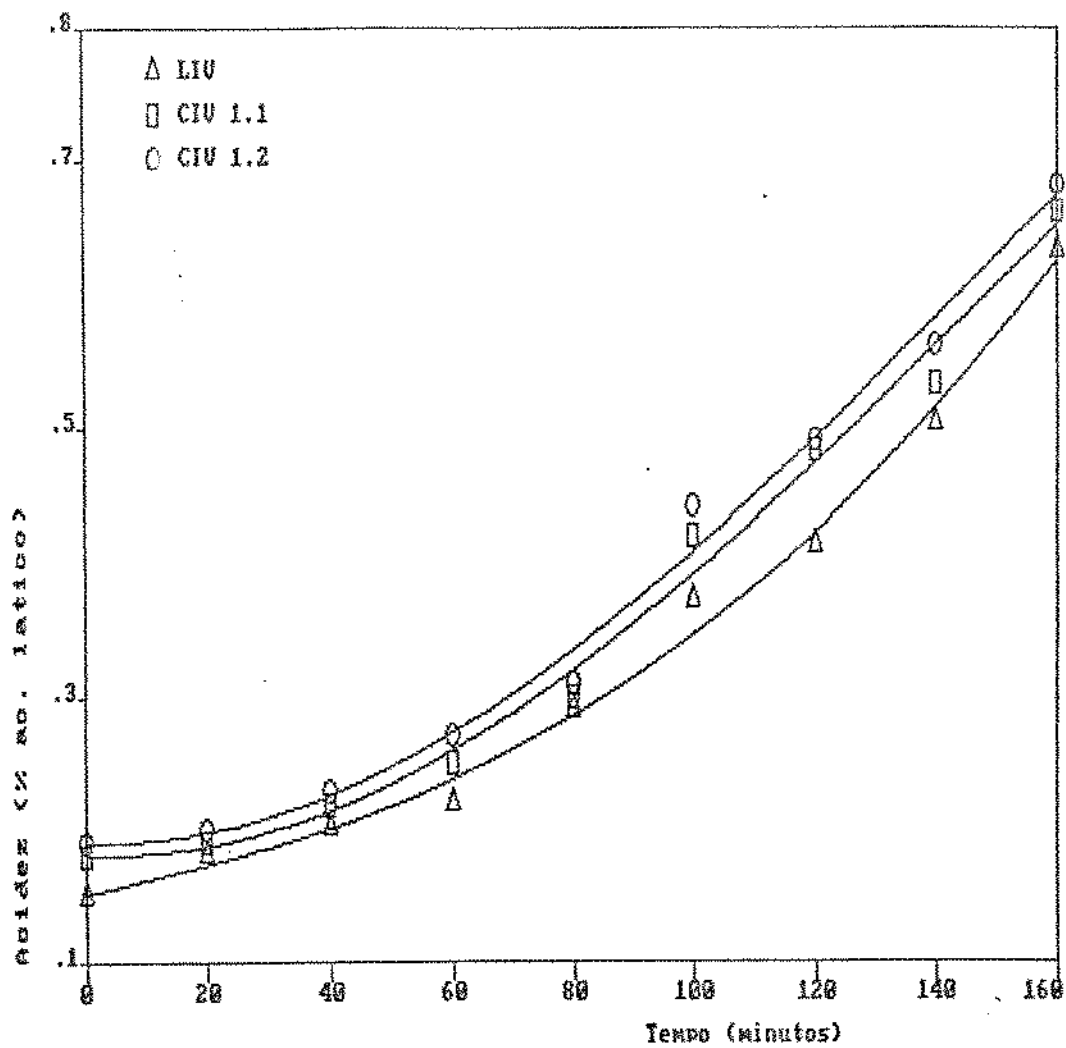


FIGURA 4.3.20.: Variação de Acidez Titulável no leite controle LIV e nos concentrados CIV 1,1 e CIV 1,2, durante o processo de Fermentação.

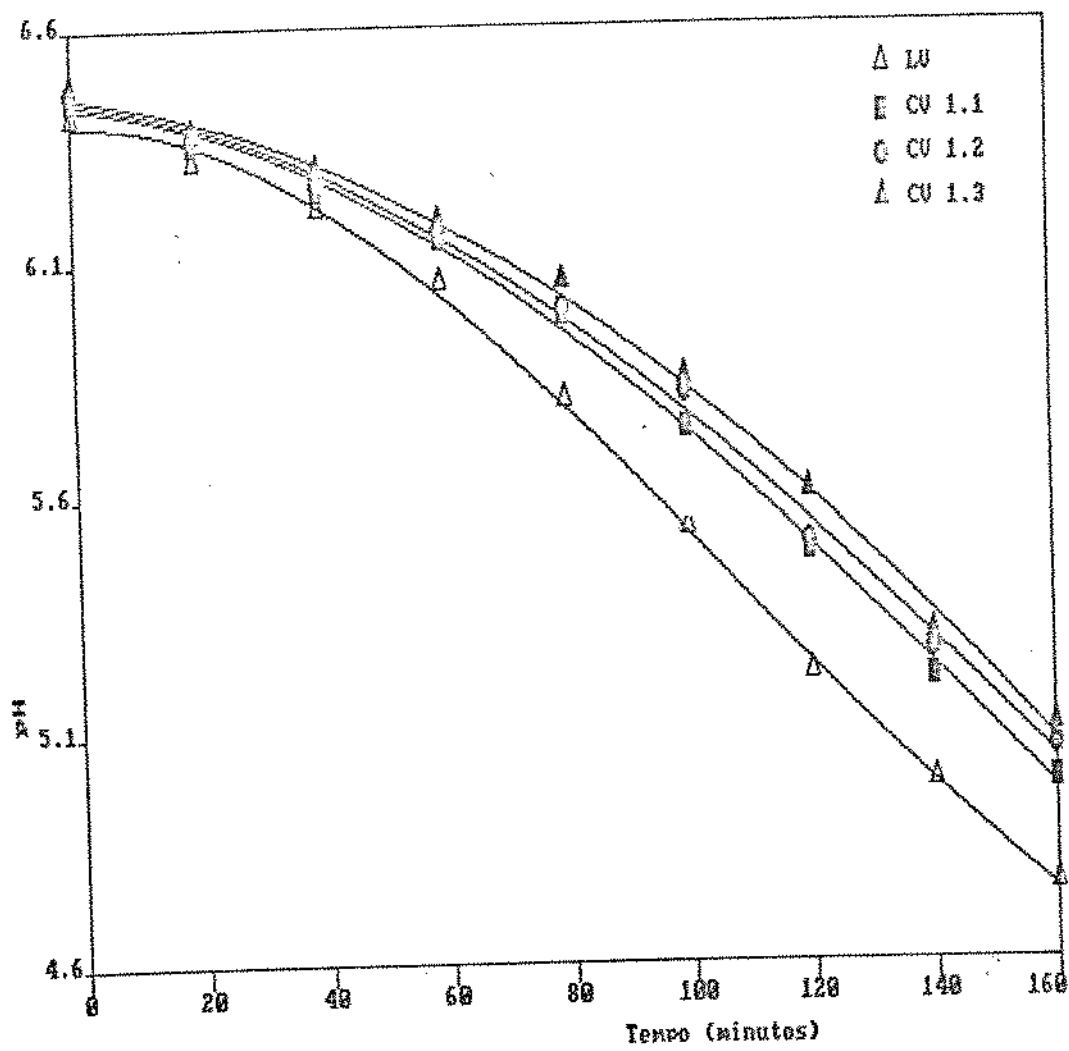


FIGURA 4.3.21.: Variação de pH no leite controle LV e nos concentrados CV 1,1, CV 1,2 e CV 1,3, durante o processo de Fermentação.

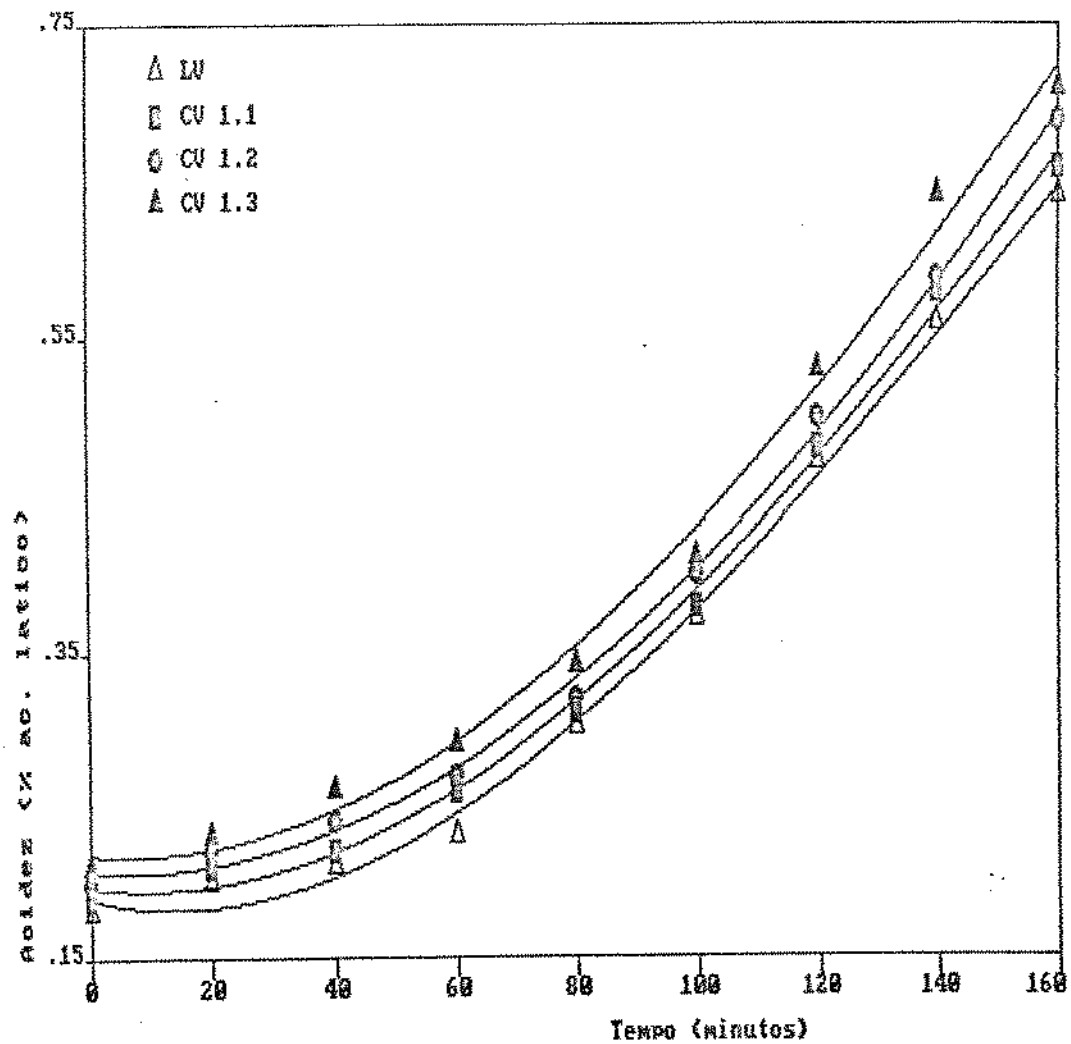


FIGURA 4.3.22.: Variação de Acidez Titulável no leite controle LV e nos concentrados CV 1,1, CV 1,2 e CV 1,3, durante o processo de Fermentação.

4.3.3.2. Coagulação:

Na Tabela 4.3.9. são apresentados os valores de pH no momento da coagulação e o tempo de coagulação obtidos nos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e dos concentrados obtidos na concentração de leite desnatado nos experimentos III, IV e V.

TABELA 4.3.9.: pH e tempo de coagulação, obtidos nos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite desnatado nos experimentos III, IV e V.

Iogurte	pH	Tempo de Coagulação (minutos)
L III	4,94	140
CIII 1,1	5,09	140
CIII 1,2	5,14	140
CIII 1,3	5,20	140
L IV	4,97	140
CIV 1,1	5,03	140
CIV 1,2	5,11	140
LV	4,98	140
CV 1,1	5,21	140
CV 1,2	5,27	140
CV 1,3	5,30	140

Os dados obtidos e apresentados na Tabela 4.3.9. mostram a coagulação de todos os concentrados e dos leites controles ao mesmo tempo, bem como mostram, como também verificado no caso dos experimentos com leite integral, a coagulação dos leites controles e dos concentrados em valores mais altos de pH. Durante o experimento observou-se que quanto mais concentrado o leite mais firme era o coágulo do mesmo quando ocorria a coagulação. A obtenção de valores mais altos de pH no mesmo tempo de coagulação e de uma estrutura mais firme nos coágulos obtidos nos iogurtes produzidos a partir dos concentrados em relação aos produzidos a partir dos leites controles LIII, LIV e LV, podem ser atribuídos aos efeitos do aumento da concentração proteica (Tab. 4.2.9.) nos concentrados, resultante do processo de concentração por ultrafiltração, associado ao tratamento térmico utilizado na fabricação dos iogurtes, ou seja 95°C/5 minutos. Esses resultados concordam com os dados obtidos por EMALDI *et alii* (1974) que também obtiveram um valor mais elevado de pH no concentrado de leite desnatado obtido por ultrafiltração que no leite controle.

Deste modo, considerando-se o tempo de fabricação do iogurte, através do uso de ultrafiltração no processo de fabricação de iogurte é possível obter iogurtes de corpos mais firmes no mesmo tempo de coagulação e com valores de pH mais elevados.

4.3.3.3. Viscosidade:

Na Tabela 4.3.10 são apresentados os valores de pH no momento da coagulação e de viscosidade obtidos nos iogurtes produzidos, a partir dos leites controles e concentrados obtidos nos experimentos III e V.

TABELA 4.3.10.: pH e Viscosidade dos iogurtes produzidos a partir dos leites controles e concentrados obtidos na concentração de leite desnatado nos experimentos III e V.

Iogurte	pH	Viscosidade Aparente (cps x 10 ³)	
		V.Médio*	D. Padrão
L III	4,17	9,40	0,75
CHII 1,1	4,29	15,90	0,77
CHII 1,2	4,55	18,10	0,65
CHII 1,3	4,56	23,90	0,67
L V	4,21	12,40	0,55
CV 1,1	4,46	16,20	0,81
CV 1,2	4,47	22,10	0,70
CV 1,3	4,49	24,60	0,53

* Valor médio resultante de 8 repetições.

Os dados apresentados na Tabela 4.3.10. mostram o aumento da viscosidade aparente com o aumento do fator de concentração dos concentrados a partir dos quais os iogurtes foram produzidos. Esses dados mostram uma diferença entre os valores obtidos em um e outro experimento, sendo que essa diferença se manifesta, principalmente, entre os iogurtes controles e a mesma pode ser atribuída à diferença de concentração proteica, uma vez que LV apresentou maior conteúdo proteico que LIII, conforme dados apresentados na Tabela 4.2.9., concordando com as afirmações de BJERRE & NIELSEN (1974) e TAMIME & DEETH (1980) de que a viscosidade do iogurte é quase que totalmente dependente do conteúdo de proteínas do leite.

Os resultados obtidos e apresentados na Tabela 4.3.10. mostram, do mesmo modo como observado para leite integral, que a concentração do leite por ultrafiltração para fabricação de iogurte, em baixos níveis de concentração provoca uma elevação considerável na viscosidade do iogurte final, concordando com os resultados obtidos por ABRAHAMSEN & HOLMEN (1980). Esses autores verificaram quando da comparação de diversos métodos de fortificação do leite para fabricação de iogurte (adição de leite em pó, evaporação à vácuo, osmose inversa e ultrafiltração), que a concentração do leite por ultrafiltração a um menor conteúdo de sólidos totais que o dos outros métodos resultava em um iogurte de viscosidade e firmeza bem mais elevada que os iogurtes obtidos a partir de leite fortificado pelos demais métodos. Esses resultados concordam também com os resultados obtidos por BJERRE & NIELSEN (1974) que verificaram que através do uso de ultrafil-

tração foi necessária uma menor concentração do leite para atingir a viscosidade final desejada no iogurte final.

4.3.3.4. Vida de Prateleira:

Os iogurtes produzidos no experimento V, acondicionados em copos foram estocados a 5°C em geladeira por 30 dias e examinados conforme descrito na metodologia 3.2.5.2.5. Na Tabela 4.3.11 são apresentados os valores de pH, acidez titulável e viscosidade dos iogurtes produzidos a partir do leite controle LV e dos concentrados de leite desnatado obtidos no experimento V.

Os valores apresentados na Tabela 4.3.11 mostram a diminuição do pH e o aumento da acidez titulável durante a estocagem dos iogurtes concordando com as afirmações de RASIC & KURMANN (1978) e ROSSI *et alii* (1978), no que se refere a que durante a estocagem dos iogurtes, os mesmos continuam a se acidificar, devido, principalmente, à atividade enzimática das enzimas liberadas pelos microrganismos.

Os iogurtes com um maior pH inicial apresentam uma maior redução de pH, o que já havia sido observado nos experimentos com leite integral e isso pode ser atribuído ao fato de que a sensibilidade das enzimas aumenta com a diminuição de pH, conforme citado por RAJIC & KURMANN (1978). O que concorda com os dados obtidos por SALJI & ISMAIL (1983) que avaliaram a redução de pH e de acidez titulável durante o armazenamento a 4°C e 7°C em iogurtes com valores iniciais diferentes de pH e de acidez titu-

lável e obtiveram um maior abaixamento de pH nos iogurtes com valores iniciais mais elevados de pH.

TABELA 4.3.11.: Valores de pH, Acidez Titulável e Viscosidade Aparente, obtidos nos iogurtes produzidos a partir do leite controle e dos concentrados obtidos no experimento V.

iogurte	pH			A. Titulável (%ac. láctico)			Viscosidade Aparente (cps x 10 ³)		
	Od.	15d.	30d.	Od.	15d.	30d.	Od.	15d.	30d.
LV	4,21	4,02	3,96	0,91	1,03	1,06	12,40	15,30	16,60
CV 1,1	4,46	4,10	4,03	0,89	0,98	1,03	16,20	19,70	22,50
CV 1,2	4,47	4,21	4,14	0,91	1,01	1,04	22,10	23,10	24,10
CV 1,3	4,49	4,25	4,17	0,92	1,05	1,08	24,60	26,80	27,10

onde d = dias de estocagem a 5°C.

O aumento de viscosidade aparente durante a estocagem, observado nos dados apresentados na Tabela 4.3.11, pode ser atribuído à uma maior contração do gel devido à redução do pH, conforme citado por RASIC & KURMANN (1978). Esses resultados concordam com os resultados obtidos por ABRAHAMSEN & HOLMEK (1980) também obtiveram um aumento de viscosidade durante a es-

tocagem dos iogurtes produzidos a partir de leite concentrado por ultrafiltração, evaporação à vacuo, osmose inversa e adição de leite em pó.

Após 30 dias de estocagem, apenas o iogurte controle LV apresentava dessora e continha fungos. Todos os iogurtes apresentaram sabor e aroma típicos, sendo que após 30 dias o sabor ácido estava mais acentuado. O iogurte CV 1,3 apresentou consistência muito firme, semelhante a "pudim".

Os resultados obtidos nesse experimento quanto à presença de fungos, a qual foi verificada apenas no iogurte controle após 30 dias de estocagem concordam com as afirmações de RASIC & KURMANN (1978) de que leites fermentados com maior conteúdo de proteínas, possuem um maior tempo de vida útil que controles produzidos sem aumento do conteúdo de sólidos.

Através dos resultados obtidos verificamos que tanto o iogurte CV 1,1 como o iogurte CV 1,2 apresentaram qualidades organolépticas adequadas, bem como estabilidade e estrutura física mesmo após 30 dias de estocagem, sendo que os iogurtes CV 1,1 e CV 1,2 foram produzidos a partir de concentrados de ultrafiltração com 9,33 e 9,77%, respectivamente, de sólidos totais.

Os resultados obtidos neste experimento concordam com as afirmações de ANON (1980) e ABRAHAMSEN & HOLMEN (1980) de que a produção de iogurte a partir de leite desnatado concentrado por ultrafiltração, proporciona um aumento do conteúdo de proteínas e a retenção das proteínas do soro no produto final, o que permite uma maior absorção de água. Concordam com os resultados de NIELSEN (1976) que obteve um aumento da viscosidade e da estabi-

lidade física nos iogurtes produzidos a partir de concentrados de leite desnatado com 9,8% de sólidos totais e com as afirmações de ANON (1980), JEPSEN (1977,b) e NIELSEN (1976) de que é possível produzir iogurte através do uso de ultrafiltração para concentração do leite, com baixo conteúdo de sólidos, sem sinereze.

4.3.4. Influência do Conteúdo de Gordura:

Na Tabela 4.3.12. são apresentados os valores de pH, acidez titulável e de gordura, determinados nos iogurtes produzidos a partir dos concentrados de leite desnatado com fator de concentração de 1:1,2, conforme descrito na metodologia 3.2.3.2.

TABELA 4.3.12.: Valores resultantes das determinações de gordura, pH e acidez titulável, realizadas nos iogurtes produzidos a partir dos concentrados de leite desnatado de fator de concentração de 1:1,2.

Iogurte	Gordura (%)	pH	A. Titulável (% ac. láctico)
CIII 1,2/0	0,10	4,22	0,95
CIII 1,2/2	2,00	4,21	0,96
CIII 1,2/3	3,00	4,20	0,98
CIII 1,2/4	4,00	4,10	1,03
CIV 1,2/0	0,15	4,30	1,08
CIV 1,2/2	1,90	4,32	1,03
CIV 1,2/3	2,80	4,33	1,03
CIV 1,2/4	3,90	4,37	0,93
CV 1,2/0	0,10	4,42	1,05
CV 1,2/1	1,30	4,40	1,03
CV 1,2/2	2,30	4,32	1,06
CV 1,2/3	3,30	4,31	1,05

Na Tabela 4.3.12. são apresentadas as características físico-químicas dos iogurtes quando da realização da análise sensorial e os dados obtidos e apresentados nesta Tabela não permitem qualquer conclusão sobre um efeito marcante do conteúdo de gordura no pH e na acidez titulável dos iogurtes.

Na Tabela 4.3.13. são apresentados os valores médios de sabor, acidez e consistência resultantes dos valores atribuídos pelos provadores na análise sensorial realizada nos iogurtes produzidos a partir dos concentrados CIII 1,2, CIV 1,2 e CV 1,2 padronizados a diferentes conteúdos de gordura.

Os resultados obtidos na Análise de Variância resultante dos valores atribuídos pelos provadores na análise sensorial de sabor dos iogurtes produzidos a partir dos concentrados CIII 1,2; CIV 1,2 e CV 1,2 padronizados com creme de leite a diferentes conteúdos de gordura, indicam que a diferença entre os iogurtes é não significativa, nos 3 experimentos, em termos de sabor a nível de 1% de significância. Como pode ser visto na Tabela 4.3.13 os iogurtes produzidos a partir dos concentrados CIII 1,2; CIV 1,2 e CV 1,2 sem adição de gordura (CIII 1,2/0; CIV 1,2/0 e CV 1,2/0) apresentaram valores médios bem inferiores aos demais sendo esse comportamento mais acentuado no experimento III. E as amostras nas quais obteve-se valores médios mais elevados foram as de maior conteúdo de gordura (CIII 1,2/4, CIV 1,2/4 e CV 1,2/3) e isso pode ser atribuído ao fato da gordura mascarar o sabor ácido do iogurte e tornar a textura do mesmo mais macia e cremosa, conforme citado por BASIC & KURMANN (1978).

TABELA 4.3.13.: Valores médios resultantes dos valores atribuídos pelos provadores para sabor, acidez e consistência, na análise sensorial realizada nos iogurtes produzidos a partir dos concentrados CIII 1,2; CIV 1,2 e CV 1,2 padronizados a diferentes conteúdos de gordura.

Iogurte	Valor Médio *		
	Sabor	Acidez	Consistência
CIII 1,2/0	5,92a	4,81a	5,60a
CIII 1,2/2	6,89a	4,62a	4,60a
CIII 1,2/3	6,88a	4,88a	4,84a
CIII 1,2/4	7,34a	4,38a	4,82a
CIV 1,2/0	6,85a	4,02a	5,30a
CIV 1,2/2	6,74a	4,25a	4,78a
CIV 1,2/3	6,83a	4,21a	5,00a
CIV 1,2/4	7,34a	4,56a	4,94a
CV 1,2/0	7,29a	4,25a	5,31a
CV 1,2/1	7,65a	4,32a	5,32a
CV 1,2/2	7,77a	4,40a	5,44a
CV 1,2/3	7,93a	4,76a	5,44a

* Valor médio resultante de 8 provadores com 4 repetições.

- Letras iguais na mesma coluna e no mesmo experimento indicam que não existe diferença significativa e letras diferentes indicam que existe diferença significativa a nível de 1% de probabilidade.

Os resultados obtidos na análise sensorial de acidez realizada nos iogurtes preparados a partir dos concentrados CIII 1,2, CIV 1,2 e CV 1,2 com diferentes conteúdos de gordura mostraram que a diferença entre as amostras em termos de acidez é não significativa a nível de 1% de significância. Os valores médios resultantes das notas atribuídas pelos provadores e ilustrados na Tabela 4.3.13 estão abaixo do valor ideal, referenciado como 5,5 e isso pode ser atribuído aos valores de pH dos iogurtes (Tabela 4.3.12.).

Os resultados obtidos na análise de variância, resultante dos valores atribuídos pelos provadores para consistência, nos iogurtes produzidos a partir dos concentrados CIII 1,2; CIV 1,2 e CV 1,2, padronizados com creme de leite a diferentes conteúdos de gordura, indicaram que a diferença entre os iogurtes, nos 3 experimentos, em termos de consistência é não significativa a nível de 1% de significância.

Os valores médios resultantes dos valores atribuídos pelos provadores para consistência nos iogurtes CIII 1,2/0; CIII 1,2/2; CIII 1,2/3; CIII 1,2/4; CIV 1,2/0; CIII 1,2/2; CIII 1,2/3 e CIII 1,2/4 e ilustrados na Tabela 4.3.13. apresentam uma maior variação que os resultantes nos iogurtes CV 1,2/0; CV 1,2/1; CV 1,2/2 e CV 1,2/3, os quais estão bem próximos do valor, referenciado como ideal, 5,50.

Com base nos resultados obtidos na Análise Sensorial quanto à sabor, acidez e consistência dos iogurtes produzidos a partir dos concentrados de fator de concentração 1:1,20, obtidos nos experimentos com leite desnatado III, IV e V, pode-se concluir que a adição de gordura aos concentrados não produziu mudança significativa nos mesmos. O que concorda com as afirmações de JEPSEN (1977,a), JEPSEN (1977,b) e NIELSEN (1976), em seus trabalhos sobre aplicação de ultrafiltração na fabricação de iogurte, de que é possível fabricar um iogurte de boa qualidade com baixo conteúdo de gordura, uma vez que a proteína, em certa extensão, pode substituir o papel da gordura no iogurte.

4.3.5. Teste a Nível de Consumidor:

Na Tabela 4.3.14. são apresentados os resultados obtidos na análise sensorial, a nível de consumidor, realizada conforme metodologia 3.2.7.2., nos iogurtes A e B obtidos conforme descrito na metodologia 3.2.3.3.

TABELA 4.3.14.: Resultados obtidos no Teste Sensorial, a nível de consumidor, quanto a Diferença e Preferência.

Discriminação	Nº de Respostas Obtidas
Existe Diferença	90
Não Existe Diferença	10
A é a Amostra Preferida	41
B é a Amostra Preferida	49

onde:

Número de Julgamentos = 100

A = CV 1,2 + Creme de Leite; 1,30% gordura; 10,62% sólidos totais; pH=4,41; A.T.= 0,96% de ácido láctico.

B = LV + Creme de Leite; 3,10% gordura; 11,59% sólidos totais; pH=4,43; A.T.= 0,94% de ácido láctico.

Através da análise dos resultados apresentados na Tabela 4.3.14 quanto a diferença, tem-se na tabela do X^2 usando escala

monocaudal (MORAES, 1983) a nível de 0,01% que existe diferença significativa entre as amostras. E quanto a preferência tem-se pela tabela do X^2 para escala bicaudal (MORAES, 1983) que a nível de 0,01%, são necessárias 66 respostas para uma das amostras para que exista preferência significativa. Na Tabela 4.3.14. vemos que nenhuma das duas amostras obteve esse número de respostas e portanto não existe preferência significativa entre as 2 amostras.

Portanto é possível produzir um iogurte de boa qualidade com um menor conteúdo de sólidos totais (10,62%) e de gordura (1,13%) através da utilização de ultrafiltração na fabricação de iogurte. Concordando com as afirmações de ANON(1980), JEPSEN (1977, a) e NIELSEN (1976).

5. CONCLUSSES:

- Os concentrados de leite integral e de leite desnatado obtidos por ultrafiltração apresentaram valores mais altos de pH de coagulação no mesmo tempo de coagulação que os leites controles.

- A viscosidade aparente dos iogurtes produzidos a partir de concentrados de leite integral e de leite desnatado aumentou com o aumento do fator de concentração.

- Através da utilização de ultrafiltração no processo de fabricação de iogurte foi possível obter iogurtes com alta viscosidade aparente e de maior firmeza, utilizando-se baixos níveis de concentração.

- Foi possível obter iogurtes com características organolépticas adequadas a partir de concentrados de leite integral com 3,37-3,69% de proteína total, correspondentes aos fatores de concentração de 1:1,2 a 1:1,3.

- A redução do conteúdo de lactose do leite resultou em uma diminuição na taxa de produção de ácido láctico pelas bactérias *S. thermophilus* e *L. bulgaricus* durante o processo de fermentação.

- Os iogurtes produzidos a partir de leites com conteúdos de lactose ajustados a 0,52-0,67% apresentaram um nível de acidez praticamente constante durante estocagem a 5°C.

- Iogurtes produzidos a partir de leites com conteúdo de lactose ajustado na faixa de 2,0-2,5% apresentaram um comportamento similar ao dos iogurtes controles.

- É possível obter iogurtes com características adequadas e sem separação de soro após 30 dias de estocagem a 5°C, produzidos a partir de leite desnatado concentrado por ultrafiltração a 3,45-4,15% de proteína total, correspondentes aos fatores de concentração de 1:1,1 e 1:1,2.

- É possível produzir iogurtes de boa qualidade com um menor conteúdo de sólidos totais (10,62%) e de gordura (1,3%) a partir da utilização de ultrafiltração para concentração do leite.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1- ABRAHAMSEN, R.K.; HOLMEN, T.B. - "Yoghurt from hyperfiltrated, ultrafiltrated, evaporated milk and from milk with added milk powder"- Milchwissenschaft, 35 (7): 399-402, 1980.
- 2- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - "Standard methods for the examination of dairy products"- American Public Health Assoc., 13ªed., Washington, 1972.
- 3- ANON.- "Processamento de leite desnatado por ultrafiltração e hiperfiltração"- Revista do I.L.C.T. 35 (212): 41-46, 1980.
- 4- A.O.A.C.- "Official methods of analysis of the Association of the examination of dairy products"- A.O.A.C., 14ªed, Arlington-USA, 1984.
- 5- ATHERTON, H.V.; NEWLANDER, J.A. - "Chemistry and testing of dairy products"- Avi Publishing Company, 2ªed., Westport-USA, 396 p., 1981.
- 6- BATTISTOTTI, B. - "Controlli di qualità nella produzione di yoghurt"- Scienza e Tecnica Lattiero Casearia, 34 (5):351-362, 1983.

- 7- BEATON, N. C. - "Ultrafiltration and reverse osmosis in the dairy industry-an introduction to sanitary considerations"-Journal of Food Protection, 42 (7): 584-590, 1979.
- 8- BJERRE, P.; NIELSEN, P.S.- "Application of ultra-filtration in the manufacture of cultured milk products"- Proceedings of XIX International Dairy Congress 1 E: 738, 1974.
- 9- BRANDAO, S.C.C.- "Tecnologia da Fabricação de Iogurte"- Rev. Inst. Latic. Cândido Tostes, 42(250): 3-8, 1987.
- 10- BRULE, G.; MAUBOIS, J.L.; FAUQUANT, J.- "étude de la teneur en éléments minéraux des produits obtenus lors de l' ultrafiltration du lait sur membrane"- Le Lait, (539-540): 600-615, 1974.
- 11- BUNDGAARD, A.G.; OLSEN, G. J.; MADSEN, R.F.- "Ultrafiltration and hyperfiltration of skim milk for production of various dairy products"- Dairy Industries, 37 (10): 539-546, 1972.
- 12- CARINI, S.- "Fattori che influenzano le proprietà dello yogurt"- Scienza e Tecnica Lattiero Casearia 34 (5): 363-373, 1983.
- 13- CASIRAGHI, E.M.; PERI, C.; PIAZZA, L. - " Effect of calcium equilibria on the rate of syneresis and on the firmness

of curds obtained from milk UF retentates. Milchwissenschaft 42 (4): 232- 235, 1987.

- 14- CHAMBERS, J.V.- "Culture and Processing techniques important to the manufacture of good quality yogurt"- Cultured Dairy Products Journal 14 (2): 28-29,31-33, 1979.
- 15- CHAPMAN, H.R.; BINES, V.E.; GLOVER, F.A.; SKUDDER, P.J.- "Use of milk concentrated by ultrafiltration for making hard cheese, soft cheese and yoghurt"- J. of the Soc. of Dairy Technology 27 (3): 151-155, 1974.
- 16- CHIANG, B.H.; CHERYAN, M.- "Ultrafiltration of skimmilk in hollow fibers"- Journal of Food Science 51 (2): 340-344, 1986.
- 17- COTON, S.G.- "Ultrafiltration-Fractionation applications"- Journal of the Society of Dairy Technology 27 (3): 121-127, 1974.
- 18- COVACEVICH, H.R.; KOSIKOWSKI., F.V.- "Buffer, lactic fermentation and rennet coagulations properties of skim milk retentates produced by ultrafiltration"- Journal of Dairy Science 62 (-): 204-207, 1979.
- 19- COVACEVICH, H.R.; KOSIKOWSKI, F.V. - "Skim milk concentration for cheesemaking by alternative ultrafiltration procedures"- Journal of Food Science 42 (5): 1359-1361, 1379,

1977.

- 20- DAVIES, F.L.; SHANKAR, P. A.; BROOKER, B.E.; HOBBS, D.G.- "A heat induced change in the ultrastructure of milk and its effect on gel formation in yoghurt"- Journal of Dairy Research 45 (1): 53-58, 1978.
- 21- DUAME, H. E.- "Making marketable yogurts"- Dairy Field 162 (12): 92-96, 1979.
- 22- EMALDI, G. C.; POMPEI, C.; CARBONE, E.; PERI, C.-"Composizione e conservabilità di yogurt preparati con latte concentrato per ultrafiltrazione"- Scienza e Tecnica Lattiero Casearia 25 (2): 33-42, 1974.
- 23- EMMONS, D.B.; PRICE, W.V.; SWANSON, A.W.- "Factors affecting the pH of skimmilk coagulation by lactic culture"- Journal of Dairy Science 62 (-): 589-597, 1959.
- 24- FIL- IDF - "Membrane Process"- Bulletin International Dairy Federation, (134), 11 p., 1981.
- 25- FISCHBACH-GREENE, L.; POTTER, N.N.- "Effects of ultrafiltration on retention of minerals and other components of milk"- Journal of Food Science 51 (2): 345-347, 1986.
- 26- GAROUTTE, C.A.; AMUNDSON, C.H.; HILL, C.G.;- "Ultrafiltration

of whole milk with hollow fiber membranes- Journal of Food Engineering 5 (-): 191-202, 1982.

27- GLOVER, F.A.; SKUDDER, P.J.; EVANS, E.W. - "Reviews of the progress of dairy science: reverse osmosis and ultrafiltration in dairying"- Journal of Dairy Research 45 (-): 291-318, 1978.

28- GLOVER, F.A.- "Concentration of milk by ultrafiltration and reverse osmosis"- Journal of Dairy Research 38 (-): 373-379, 1971.

29- GOUDÉDRANCHE, H.; MAUBOIS, J.L.; DUCRET, P.; MAHAUT, M.- "Utilization of the new mineral UF membranes for making semi-hard cheeses"- Desalination 35 (-): 243- 258, 1980.

30- HORTON, B.S.- "Ultrafiltration of whey and milk for protein recovery"- Proc. of IV International Congress Food Sci. and Technol. IV, 322-331, 1974.

31- JEPSEN, S. (a) - "Membrane filtration in the manufacture of cultured milk products"- American Dairy Review 39 (1): 29-33, 1977.

32- JEPSEN, S. (b)- "Membrane filtration in the manufacture of cultured milk products: yogurt, ymer, camembert cheese"- Cultured Dairy Products Journal 12 (3): 14-17, 1977.

- 33- KALAB, M.; EMMONS, D.B.- "Milk gel structure-V. Microstructure of yoghurt as related to the heating of milk"- Milchwissenschaft 31 (7): 402-408, 1976.
- 34- KOSIKOWSKI, F. - "New cheeses-making procedures utilizing ultrafiltration"- Food Technology 40 (6): 71-77, 156, 1986.
- 35- KOSIKOWSKI, F. V.; MISTRY, V.V.; MASTERS, A.R. - "Age of ultrafiltered fresh farm milk and effect on quality"- J. Dairy Science 69 (11): 2797 - 2802, 1986.
- 36- KOSIKOWSKI, F. V. - "Low lactose yogurts and milk beverages by ultrafiltration"- Journal Dairy Science 62 (1): 41-46, 1979.
- 37- KOSIKOWSKI, F. - "Cheese and fermented milk foods"- F.V. Kosikowski and Associates, 2nded, New York - USA, 711 p., 1978.
- 38- LANG, F.; LANG, A. - "Ultrafiltration in the dairy industry" The Milk Industry 78 (9): 16-17, 1976.
- 39- LONERGAN, D.A.- "Ultrafiltration and diafiltration's effect on casein micelles"- Transactions of the ASAE 26 (-): 1879-1883, 1983.

- 40- MAHAUT, M.; MAUBOIS, J.L.- " Transformation du lait en fromage- grace a l'emploi de l'ultrafiltration sur membrane- Apostilla INRA, Rennes; 34 p.; 1985.
- 41- NATALON, M. E.; SANDINE, W.E.- "Lactobacillus bulgaricus, Streptococcus thermophilus and yogurt: a review"- Cultured Dairy Products Journal 21 (4): 6-12, 1986.
- 42- MAUBOIS, J.L.; BRULE, G.- "Utilization des techniques a membrane pour la separation, la purification et la fragmentation des proteines laitiers. Le Lait 22 (-): 484-510, 1982.
- 43- MAUBOIS, J.L.; MOCQUOT, G. - "Application of membrane ultrafiltration to preparation of various types of cheese"- Journal of Dairy Science 58 (7): 1001-1007, 1974.
- 44- MAUBOIS, J.L.; MOCQUOT, G.- "Préparation de fromage à partir de "pré-fromage liquide" obtenu par ultrafiltration du lait"- Le Lait 51 (508): 495-533, 1971.
- 45- MAUBOIS, J.L.; MOCQUOT, G.; VASSAL, L. - "Procédé de traitement du lait et de sous-produits laitiers"- Patent Française: 2.052.121, Paris 1969.
- 46- MISTRY, V.V., KOSIKOWSKI, F.V.- "Growth of lactic acid bacteria in highly concentrated ultrafiltered skim milk re

- tentates"- Journal of Dairy Science 68 (10): 2536-2543, 1985.
- 47- MITCHELL, L.R.; SANDINE, W.E.- "Associative growth and differential enumeration of *Streptococcus thermophilus* and *Lactovacillus bulgaricus*: a review."- Journal of Food Protection 47 (3): 245-248, 1984.
- 48- MODLER, H. W.- "Exploring latest ultrafiltration hardware"- Dairy Field 165 (8): 45,46,48; 1982.
- 49- MOGENSEN, G. - "Production and properties of yoghurt and ymer made from ultrafiltrated milk"- Desalination 35 (-): 213-222, 1980.
- 50- MORAES, M.A.C.- "Métodos para avaliação sensorial dos alimentos"- 4ªed, Apostila FEA-UUNNICAMP, Campinas-SP; 62p.; 1983.
- 51- NIELSEN, P.S.- "Ultrafiltration der magermilch und molke"- Deutsche Milchwirtschaft 27 (7): 188-195, 1976.
- 52- NIELSEN, V.H.- "Factors which control the body and texture of commercial yoghurts"- American Dairy Review 37 (11): 36-38, 1975.

- 53- OLANO, A.; RAMOS, M. - "Diferentes tipos de yogur. Tecnología y valor nutritivo"- *Revista Española de Lechería* __ (126): 239-255, 1982.
- 54- PIERRE, A.; BRULE, G.; FAUQUANT, J.; PIOT, M.- "Influence des traitements thermiques sur les propriétés physicochimiques des retentats obtenus par ultrafiltration de lait de vache et de lait de chèvre. I. Denaturation des protéines solubles.- *Le lait* __ (569/570): 646-662, 1977.
- 55- RASIC, J. Lj.; KURMANN, J.A.- "Yoghurt- Scientific grounds technology, manufacture & preparation"- Technical Dairy Publishing House, Copenhagen-Denmark; 427 p.; 1978.
- 56- RENNER, E.; EISELT-LOMB, U. (a)- "Untersuchungen zur eiweißanreicherung von yoghurt. 1. Einfluß auf das Säuerungsverhalten." *Milchwissenschaft* 40 (7): 388-390, 1985.
- 57- RENNER, E.; EISELT-LOMB, U. (b)- "Untersuchungen zur eiweißanreicherung von yoghurt. 2. Einfluß auf die Produktzusammensetzung."-*Milchwissenschaft* 40 (8): 462-463, 1985.
- 58- RENNER, E.; EISELT-LOMB, U. (c)- "Untersuchungen zur eiweißanreicherung von yoghurt. 3. Einfluß auf die Produktqualität." *Milchwissenschaft* 40 (9): 526-529, 1985.

- 59- RICHTER, R.L.- "Exploring ultrafiltration frontiers"- Dairy Field 166 (4): 62-64, 1983.
- 60- ROBINSON, R. K.; TAMIME, A. Y.- "Yoghurt- a review of the product and its manufacture"- Journal of the Society of Dairy Technology 28 (3): 149-163, 1975.
- 61- ROSSI, J.; COSTAMAGNA, L.; INGI, M.-"Boissons fermentées de différents types microbiens (L. acidophilus, L. bifidus, L. bulgaricus et Str. thermophilus) produits avec du lait à faible contenu glucidique"- Le Lait 18 (573-574): 155-172, 1978.
- 62- SALJI, J. P.; FAWAL, A.K.; ISMAIL, A.A.; KASHHADI, A.- "Effects of processing and compositional parameters on quality of plain liquid yoghurt"-Milchwissenschaft 40 (12): 734-736, 1985.
- 63- SALJI, J.P.; ISMAIL, A.A.- "Effect of initial acidity of plain yoghurt on acidity changes during refrigerated storage"- Journal of Food Science 48 (1): 258-259, 1983.
- 64- SHANKAR, P.A.; DAVIES, F. L.- "Associative bacterial growth in yoghurt starters, initial observations on stimulatory factors"- Journal of the Society of Dairy Technology 30 (1): 31-32, 1977.

- 65- SWEETSUR, A.W.M.; MUIR, D.D.- "Effect of concentration on the heat stability of skim milk"- Journal of Dairy Research 47 ():327-335, 1980.
- 66- TAMIME, A.Y.; ROBINSON, R.K. - "Yoghurt science and technology"; Pergamon Press Ltd.- Oxford, England; 430 p., 1985.
- 67- TAMIME, A. Y.; DEETH, H.C.- "Yoghurt technology and biochemistry"- Journal of Food Protection 43 (12): 939-977, 1980.
- 68- TAMIME, A. Y.; GREIG, R.I.W.- "Some aspects of yoghurt technology"- Dairy Industries International 44 (9): 8-27, 1979.
- 69- THOMPSON, S.J.; de MAN, J.M.- "Concentration and Fractionation of milk by ultrafiltration"- J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment. 8 (2): 113-116, 1975.
- 70- TRATNIK, L.; BAKOVIC, D.- "Yoghurt from milk concentrated by ultrafiltration"- Mljekarstvo 29 (7): 151-155, (1979) in F.S.I.A. 13 (1), 1981.
- 71- TOPPINO, P.M.; NANI, R.; CABRINI, A.- "Preparazione di yogurt a basso tenore di acidità. Caratteristiche di conservabilità nel tempo a 25°C ed a 4°C"- L'Industria del Latte 13 (2): 3-9, 1977.

72- VEINOGLU, B.; ANIFANTAKIS, E., STIAKAKIS, I.- XX International Dairy Congress E, 831 (1978); in E.S.T.A. 10 (10); 1978.

73- WEBB, B.H.; JOHNSON, A.H.; ALFORD, J.A. - "Fundamentals of dairy chemistry"- The Avi Publishing Company, Inc.; Westport-USA; 2nded; 929 p.; 1978.

74- YAN, S.H.; HILL, J.R.; AMUNDSON, C.H.- "Ultrafiltration of whole milk"- Journal of Dairy Science 62 (1):23-40, 1979.

7. APÊNDICE:

Regressões polinômiais obtidas com o programa ENERGRAPHS para as Figuras: 4.1.1.; 4.1.2.; 4.1.3.; 4.1.4.; 4.3.1.; 4.3.2.; 4.3.3.; 4.3.4.; 4.3.9.; 4.3.9.; 4.3.10.; 4.3.11.; 4.3.12.; 4.3.17.; 4.3.18.; 4.3.19.; 4.3.20.; 4.3.21. e 4.3.22.

1. FIGURA 4.1.1.:

$$\text{Linha E.D.A.: } Y = 6,431 + 0,2707 X - 3,807 X^2 + 1,700 X^3$$

$$\text{Linha E.D.B.: } Y = 6,513 - 0,013792 X - 3,52 X^2 + 2,026 X^3$$

$$\text{Linha E.D.C.: } Y = 6,589 - 0,3428 X - 2,660 X^2 + 1,469 X^3$$

2. FIGURA 4.1.2.:

$$\text{Linha E.D.A.: } Y = 0,1602 + 0,01598 X + 1,029 X^2 - 0,4934 X^3$$

$$\text{Linha E.D.B.: } Y = 0,1329 + 0,00324 X + 0,6912 X^2 - 0,2448 X^3$$

$$\text{Linha E.D.C.: } Y = 0,09035 - 0,06882 X + 1,013 X^2 - 0,5206 X^3$$

3. FIGURA 4.1.3.:

$$\text{Linha E.E.A.: } Y = 6,364 + 0,8907 X - 4,988 X^2 + 2,347 X^3$$

$$\text{Linha E.E.B.: } Y = 6,428 + 0,8941 X - 4,795 X^2 + 2,244 X^3$$

$$\text{Linha E.E.C.: } Y = 6,514 + 0,6118 X - 3,839 X^2 + 1,698 X^3$$

$$\text{Linha E.E.D.: } Y = 6,606 + 0,6214 X - 4,780 X^2 + 3,001 X^3$$

4. FIGURA 4.1.4.:

$$\text{Linha E.E.A.: } Y = 0,1482 - 0,093 X + 0,5426 X^2 + 0,04076 X^3$$

$$\text{Linha E.E.B.: } Y = 0,1102 + 0,1095 X - 0,0005769 X^2 + 0,3166 X^3$$

$$\text{Linha E.E.C.: } Y = 0,9671 - 0,04221 X + 0,3137 X^2 + 0,09782 X^3$$

$$\text{Linha E.E.D.: } Y = 0,06965 + 0,1383 X - 0,2512 X^2 + 0,4332 X^3$$

5. FIGURA 4.3.1.:

$$\text{Linha LI: } Y = 6,355 - 0,7759 X - 2,542 X^2 + 1,491 X^3$$

$$\text{Linha CI 1,1: } Y = 6,386 - 0,3982 X - 2,337 X^2 + 1,358 X^3$$

$$\text{Linha CI 1,2: } Y = 6,427 - 0,5659 X - 1,537 X^2 + 0,7195 X^3$$

$$\text{Linha CI 1,3: } Y = 6,445 - 0,5338 X - 0,7604 X^2 - 0,03044 X^3$$

6. FIGURA 4.3.2.:

$$\text{Linha LI: } Y = 0,1652 - 0,07604 X + 0,5452 X^2 + 0,03875 X^3$$

$$\text{Linha CI 1,1: } Y = 0,1768 - 0,1230 X + 0,7021 X^2 - 0,07325 X^3$$

$$\text{Linha CI 1,2: } Y = 0,1886 - 0,1990 X + 0,9204 X^2 - 0,2155 X^3$$

$$\text{Linha CI 1,3: } Y = 0,1978 - 0,1885 X + 0,9138 X^2 - 0,2112 X^3$$

7. FIGURA 4.3.3.:

$$\text{Linha LII: } Y = 6,301 - 0,9873 X - 0,3635 X^2 - 0,1604 X^3$$

$$\text{Linha CII 1,1: } Y = 6,324 - 1,082 X + 0,1929 X^2 - 0,6250 X^3$$

$$\text{Linha CII 1,2: } Y = 6,338 - 0,9986 X - 0,02547 X^2 - 0,4309 X^3$$

$$\text{Linha CII 1,3: } Y = 6,344 - 0,7749 X - 0,5919 X^2 - 0,04272 X^3$$

8. FIGURA 4.3.4.:

$$\text{Linha LII: } Y = 0,1633 + 0,3298 X - 0,5444 X^2 + 0,6206 X^3$$

$$\text{Linha CII 1,1: } Y = 0,1730 + 0,2589 X - 0,3179 X^2 + 0,6206 X^3$$

$$\text{Linha CII 1,2: } Y = 0,1853 + 0,1741 X - 0,1083 X^2 + 0,3534 X^3$$

$$\text{Linha CII 1,3: } Y = 0,1961 + 0,1562 X - 0,5818 X^2 + 0,3232 X^3$$

9. FIGURA 4.3.9.:

$$\text{Linha LI: } Y = 6,338 - 0,2009 X - 5,723 X^2 + 3,943 X^3$$

$$\text{Linha ID I.A.: } Y = 6,542 - 0,8643 X - 3,305 X^2 + 2,319 X^3$$

$$\text{Linha ID I.B.: } Y = 6,637 - 1,126 X - 2,606 X^2 + 2,068 X^3$$

$$\text{Linha ID I.C.: } Y = 6,797 - 1,030 X - 2,076 X^2 + 1,672 X^3$$

10. FIGURA 4.3.10.:

$$\text{Linha LI: } Y = 0,1716 - 0,8249 X + 1,540 X^2 - 0,9137 X^3$$

$$\text{Linha LD I.A.: } Y = 0,1271 - 0,1152 X + 1,127 X^2 - 0,5516 X^3$$

$$\text{Linha LD I.B.: } Y = 0,09283 + 0,001543 X + 0,4396 X^2 + 0,03016 X^3$$

$$\text{Linha LD I.C.: } Y = 0,06980 + 0,08242 X + 0,03508 X^2 + 0,1853 X^3$$

11. FIGURA 4.3.11.:

$$\text{Linha LII: } Y = 6,404 - 0,5681 X - 3,7223 X^2 + 2,375 X^3$$

$$\text{Linha LD II.A: } Y = 6,561 - 0,6598 X - 2,601 X^2 + 1,517 X^3$$

$$\text{Linha LD II.B: } Y = 6,675 - 0,7868 X - 2,255 X^2 + 1,443 X^3$$

$$\text{Linha LD II.C: } Y = 6,718 - 0,5815 X - 2,546 X^2 + 1,815 X^3$$

12. FIGURA 4,3,12.:

$$\text{Linha LII: } Y = 0,1786 - 0,2291 X + 1,396 X^2 - 0,6938 X^3$$

$$\text{Linha LD II.A: } Y = 0,1292 + 0,1030 X + 0,1868 X^2 + 0,1336 X^3$$

$$\text{Linha LD II.B: } Y = 0,1006 + 0,03787 X + 0,2873 X^2 - 0,03292 X^3$$

$$\text{Linha LD II.C: } Y = 0,07697 + 0,1554 X - 0,1732 X^2 + 0,2845 X^3$$

13. FIGURA 4.3.17.:

$$\text{Linha LIII : } Y = 6,471 - 1,059 X - 1,681 X^2 + 0,9912 X^3$$

$$\text{Linha CIII 1,1: } Y = 6,461 - 0,7350 X - 2,165 X^2 + 1,375 X^3$$

$$\text{Linha CIII 1,2: } Y = 6,472 - 0,6255 X - 1,929 X^2 + 1,068 X^3$$

$$\text{Linha CIII 1,3: } Y = 6,478 - 0,4507 X - 2,063 X^2 + 1,056 X^3$$

14. FIGURA 4.3.18.:

$$\text{Linha LIII: } Y = 0,1366 + 0,2740 X - 0,2650 X^2 + 0,4870 X^3$$

$$\text{Linha CIII 1,1: } Y = 0,1659 + 0,1581 - 0,01756 X^2 + 0,3405 X^3$$

$$\text{Linha CIII 1,2: } Y = 0,1806 - 0,03346 X + 0,7494 X^2 - 0,2068 X^3$$

$$\text{Linha CIII 1,3: } Y = 0,1923 - 0,08154 X + 0,9034 X^2 - 0,2068 X^3$$

15. FIGURA 4.3.19.:

$$\text{Linha LIV : } Y = 6,412 - 0,7112 X - 2,459 X^2 + 1,573 X^3$$

$$\text{Linha CIV 1,1: } Y = 6,439 - 0,9980 X - 1,667 X^2 + 1,112 X^3$$

$$\text{Linha CIV 1,2: } Y = 6,454 - 0,9947 X - 1,101 X^2 + 0,5473 X^3$$

16. FIGURA 4.3.20:

$$\text{Linha LIV : } Y = 0,1516 + 0,1496 X + 0,1493 X^2 + 0,1724 X^3$$

$$\text{Linha CIV 1,1: } Y = 0,1812 - 0,04075 X + 0,7543 X^2 - 0,2456 X^3$$

$$\text{Linha CIV 1,2: } Y = 0,1909 - 0,03295 X + 0,7598 X^2 - 0,2457 X^3$$

17. FIGURA 4.3.21.:

$$\text{Linha LV: } Y = 6,401 + 0,0214 X - 3,317 X^2 + 1,646 X^3$$

$$\text{Linha CV 1,1: } Y = 6,440 - 0,2023 X - 3,317 X^2 + 0,5599 X^3$$

$$\text{Linha CV 1,2: } Y = 6,449 - 0,2238 X - 1,672 X^2 + 0,4832 X^3$$

$$\text{Linha CV 1,3: } Y = 6,461 - 0,2719 X - 1,289 X^2 + 0,1724 X^3$$

18. FIGURA 4.3.22.:

$$\text{Linha LV : } Y = 0,1897 - 0,1581 X + 0,9253 X^2 - 0,3103 X^3$$

$$\text{Linha CV 1,1: } Y = 0,1974 - 0,09117 X + 0,7644 X^2 - 0,2026 X^3$$

$$\text{Linha CV 1,2: } Y = 0,2066 - 0,04882 X + 0,6576 X^2 - 1,207 X^3$$

$$\text{Linha CV 1,3: } Y = 0,2184 - 0,06564 X + 0,7705 X^2 - 0,1983 X^3$$