

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**USO DE CULTURAS ADJUNTAS E ULTRAFILTRAÇÃO PARA MELHORIA DE
SABOR E TEXTURA DE QUEIJO PRATO COM REDUZIDO TEOR DE
GORDURA**

Christiane Maciel Vasconcellos Barros
Engenheira Química
Mestre em Ciência de Alimentos

Dra. Walkíria Hanada Viotto
Orientadora

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos

CAMPINAS – SP

2005

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

Barros, Christiane Maciel Vasconcellos

B278u Uso de culturas adjuntas e ultrafiltração para melhoria de sabor e textura de queijo prato com reduzido teor de gordura / Christiane Maciel Vasconcellos Barros. – Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Walkíria Hanada Viotto

Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Queijo prato. 2. Reduzido teor de gordura. 3. Culturas adjuntas. 4. Ultrafiltração. I. Viotto, Walkiria Hanada. II.

Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Walkiria Hanada Viotto
(ORIENTADORA)

Profa. Dra. Eliana Paula Ribeiro
(MEMBRO)

Dra. Leila Maria Spadoti
(MEMBRO)

Profa. Dra. Maria Aparecida A. P. da Silva
(MEMBRO)

Profa. Dra. Marta M. Marquezan Augusto
(MEMBRO)

Profa. Dra. Mirna Lúcia Gigante
(MEMBRO)

Aos meus queridos pais, Paulo Henrique (que agora me olha lá de cima) e Maria José, pelo exemplo de vida, amor, dedicação e compreensão em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Walkiria Hanada Viotto pela orientação, confiança, incentivo, apoio e amizade.

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Eliana Paula Ribeiro, Dra. Leila Maria Spadoti, Profa. Dra. Maria Aparecida A. P. da Silva, Profa. Dra. Marta M. Marquezan Augusto e Profa. Dra. Mirna Lúcia Gigante pela avaliação do trabalho e sugestões apresentadas.

Ao Laticínio Malibu, no nome do seu gerente de produção Cacildo Alves Faria, pela doação do leite.

À Profa. Dra. Helena M. André Bolini pela imensa colaboração e boa vontade durante todo o desenvolvimento da parte sensorial do trabalho.

À Ana Lourdes pelos grandes ensinamentos, sugestões e colaboração na parte microbiológica do trabalho.

À Profa. Dra. Débora Tavares pela colaboração nas análises de microscopia eletrônica.

Ao Prof. Assis pelo empréstimo do trocador de calor.

Ao Alexandre pelo amor, carinho, compreensão e incentivo.

Às amigas Daniela e Clarissa pelo carinho, amizade e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

À Bete, grande amiga e técnica do laboratório de leite pela amizade, compreensão e auxílio durante todo trabalho.

Aos colegas de laboratório: Darlila, Denise, Gert, Guillaum, Luciano, Patrícia Zacarchenco, Priscila Viana, Raquel Rossi, Renata e Salles.

À Andréa e Silvia pela amizade, paciência e carinho.

À Elisangela Jerônimo pela imensa ajuda e colaboração nas análises sensoriais.

Às alunas de iniciação científica Ana Carolina, Carla, Dalila e Débora e às estagiárias Josi e Lara pela grande colaboração na planta piloto e no laboratório.

Aos técnicos e funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos Alessandra, Alice, Ana Koon, Ana Maria, Babya, Dirce, José Roberto, Marlene, Priscila e Tânia pelo empréstimo de equipamentos e materiais.

Ao Adauto, José Carlos e Nelson pela valiosa colaboração na planta piloto.

Ao painel sensorial pela paciência e boa vontade em participar das análises.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro.

À todas aquelas pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!!!!

ÍNDICE GERAL

LISTA DE TABELAS	xv
LISTA DE FIGURAS	xx
RESUMO GERAL	xxvii
GENERAL ABSTRACT	xxx
INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
1 QUEIJO PRATO	3
2 QUEIJOS COM REDUZIDO OU BAIXO TEOR DE GORDURA	3
3 FUNÇÃO DA GORDURA	4
4 INFLUÊNCIA DA MATURAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE SABOR E TEXTURA	5
5 TEXTURA DE QUEIJOS	9
6 TECNOLOGIAS PARA MELHORAR A TEXTURA E O SABOR DE QUEIJOS COM REDUZIDO TEOR DE GORDURA	12
6.1 Ultrafiltração na fabricação de queijos com reduzido teor de gordura	15
6.2 Uso de culturas adjuntas na fabricação de queijos com reduzido teor de gordura	18
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

CAPÍTULO 1. CARACTERIZAÇÃO DE QUEIJOS PRATO COM REDUZIDO TEOR DE GORDURA COMERCIALIZADOS NA CIDADE DE CAMPINAS – SP	30
RESUMO	31
ABSTRACT	32
1 INTRODUÇÃO	33
2 MATERIAL E MÉTODOS	34
2.1 Coleta e amostragem	34
2.2 Composição química do queijo	35
2.3 Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado	36
2.3.1 Avaliação do pH e da acidez titulável	36
2.3.2 Nitrogênio solúvel a pH 4,6 e em TCA 12%	36
2.3.3 Capacidade de derretimento	37
2.4 Propriedades reológicas dos queijos: compressão uniaxial e relaxação	37
2.4.1 Compressão Uniaxial	38
2.4.2 Relaxação	39
2.5 Microestrutura	40
2.6 Análise sensorial	41
2.7 Planejamento experimental e análise estatística dos resultados	42
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.1 Composição química dos queijos	43
3.2 Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado	44
3.2.1 Evolução do pH e acidez titulável	44
3.2.2 Evolução da proteólise	46

3.2.3 Capacidade de derretimento	49
3.3 Propriedades reológicas dos queijos: compressão uniaxial e relaxação	50
3.3.1 Compressão uniaxial	50
3.3.2 Relaxação	53
3.4 Microestrutura	58
3.5 Análise sensorial	60
4 CONCLUSÕES	62
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
 CAPÍTULO 2. PERFIL SENSORIAL DE QUEIJOS PRATO COM REDUZIDO TEOR DE GORDURA COMERCIALIZADOS NA CIDADE DE CAMPINAS – SP	66
RESUMO	67
ABSTRACT	68
1 INTRODUÇÃO	68
2 MATERIAL E MÉTODOS	69
2.1 Pré-seleção dos candidatos	70
2.2 Desenvolvimento da tecnologia descritiva	70
2.3 Seleção final dos provadores	71
2.4 Avaliação sensorial das amostras	72
2.5 Análise estatística dos resultados	72
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
4 CONCLUSÃO	77
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

CAPÍTULO 3. EFEITO DE CULTURAS ADJUNTAS COMERCIAIS NA COMPOSIÇÃO, PROTEÓLISE, PROPRIEDADES VISCOELÁSTICAS, EVOLUÇÃO DA MICROBIOTA, MICROESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE QUEIJO PRATO COM REDUZIDO TEOR DE GORDURA.	79
RESUMO	80
ABSTRACT	81
1 INTRODUÇÃO	83
2 MATERIAL E MÉTODOS	85
2.1 Fabricação do queijo	85
2.2 Preparo das amostras de queijo	88
2.3 Composição química dos queijos	88
2.4 Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado	89
2.4.1 Evolução do pH e acidez titulável	89
2.4.2 Evolução da proteólise	89
2.4.3 Capacidade de derretimento	90
2.4.4 Evolução da microbiota	91
2.5 Propriedades reológicas dos queijos: compressão uniaxial e relaxação	91
2.6 Microestrutura	92
2.7 Análise sensorial	93
2.7.1 Análise descritiva quantitativa (ADQ)	93
2.7.2 Teste de aceitação	94
2.8 Planejamento experimental e análise estatística dos resultados	94
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	96

3.1 Composição química dos queijos	96
3.2 Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado	95
3.2.1 Evolução do pH e acidez titulável	95
3.2.2 Evolução da proteólise	101
3.2.3 Capacidade de derretimento	106
3.2.4 Evolução da microbiota	108
3.3 Propriedades reológicas dos queijos: compressão uniaxial e relaxação	111
3.3.1 Compressão uniaxial	111
3.3.2 Relaxação	117
3.4 Microestrutura	122
3.5 Análise sensorial	124
3.5.1 Análise descritiva quantitativa (ADQ)	124
3.5.2 Teste de aceitação	128
4 CONCLUSÕES	130
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
 CAPÍTULO 4. INFLUÊNCIA DO USO DE RETENTADOS DE BAIXO FATOR DE CONCENTRAÇÃO NO RENDIMENTO DO QUEIJO PRATO COM REDUZIDO TEOR DE GORDURA	139
RESUMO	140
ABSTRACT	141
1 INTRODUÇÃO	141
2 MATERIAL E MÉTODOS	143
2.1 Ultrafiltração do leite	143
2.2 Fabricação dos queijos	144

2.3 Amostragem do queijo	146
2.4 Análises de composição química	148
2.4.1 Análises do leite, retentado, permeado, soro	148
2.4.2 Análises do queijo	148
2.5 Cálculos de recuperação de gordura e proteína	149
2.6 Cálculos de rendimento	149
2.7 Planejamento experimental e análise estatística dos resultados	150
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	151
3.1 Composição do leite	151
3.2 Ultrafiltração do leite	151
3.3 Composição dos retentados	152
3.4 Composição dos soros	154
3.5 Composição dos queijos	155
3.6 Recuperação de gordura e proteína	157
3.7 Rendimento do queijo	158
4 CONCLUSÃO	159
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160
 CAPÍTULO 5. INFLUÊNCIA DO USO DE RETENTADOS DE BAIXO FATOR DE CONCENTRAÇÃO NA QUALIDADE DO QUEIJO PRATO COM REDUZIDO TEOR DE GORDURA	162
RESUMO	163
ABSTRACT	164
1 INTRODUÇÃO	165
2 MATERIAL E MÉTODOS	166

2.1 Ultrafiltração do leite	166
2.2 Fabricação do queijo	168
2.3 Amostragem do queijo	171
2.4 Análises de composição química do queijo	171
2.5 Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado	172
2.5.1 Evolução do pH	172
2.5.2 Evolução da proteólise	172
2.5.3 Capacidade de derretimento	173
2.6 Propriedades reológicas dos queijos: compressão uniaxial e relaxação	174
2.7 Microestrutura	175
2.8 Análise sensorial	175
2.8.1 Análise descritiva quantitativa (ADQ)	176
2.8.2 Teste de aceitação	176
2.9 Planejamento experimental e análise estatística dos resultados	177
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	178
3.1 Composição dos queijos	178
3.2 Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado	179
3.2.1 Evolução do pH	180
3.2.2 Evolução da proteólise	181
3.2.3 Capacidade de derretimento	185
3.3 Propriedades reológicas dos queijos: compressão uniaxial e relaxação	187
3.3.1 Compressão uniaxial	187
3.3.2 Relaxação	192

3.4 Microestrutura	197
3.5 Análise sensorial	199
3.5.1 Análise descritiva quantitativa (ADQ)	199
3.5.2 Teste de aceitação	202
4 CONCLUSÕES	205
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	206
CONCLUSÃO GERAL	209

LISTA DE TABELAS

CAP 1

TABELA 1	Composição média (n=3) de três marcas de queijos Prato com reduzido teor de gordura.	43
TABELA 2	Quadrados médios e probabilidades para evolução do pH, da acidez titulável, da extensão da proteólise e da profundidade da proteólise dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	45
TABELA 3	Quadrados médios e probabilidades para evolução da capacidade de derretimento dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	50
TABELA 4	Quadrados médios e probabilidades para tensão de ruptura, deformação de ruptura, tensão máxima e módulo de elasticidade dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	52
TABELA 5	Quadrados médios e probabilidades para trabalho na ruptura dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	52
TABELA 6	Valores médios de tensão na ruptura (σ_{rup}), tensão máxima ($\sigma_{m\acute{a}x}$) e trabalho na ruptura (W_{rup}) para os queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	53
TABELA 7	Quadrados médios e probabilidades para os módulos de elasticidade E_0 , E_1 , E_2 e para as viscosidades η_1 e η_2 dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	55

TABELA 8	Valores módulos dos elasticidade E_0 , E_1 , E_2 e das viscosidades η_1 e η_2 dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	57
----------	---	----

TABELA 9	Médias de aceitação atribuídas pelos provadores para as amostras de queijos Prato comerciais de reduzido teor de gordura. (n= 40 provadores).	60
----------	---	----

CAP 2

TABELA 1	Definição dos termos descritivos e referências usadas como extremos de escala de intensidade na ADQ das amostras de queijo Prato comerciais com reduzido teor de gordura.	73
----------	---	----

TABELA 2	Média das notas atribuídas, pelos provadores treinados, por atributo para as amostras de três marcas comerciais de queijo Prato com reduzido teor de gordura.	74
----------	---	----

CAP 3

TABELA I	Composição média (n=3) dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta.	96
----------	--	----

TABELA II	Quadrados médios e probabilidades para evolução do pH, da acidez titulável, da extensão da proteólise e da profundidade da proteólise dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	99
-----------	--	----

TABELA III	Quadrados médios e probabilidades para evolução da capacidade de derretimento dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	106
------------	--	-----

TABELA IV	Quadrados médios e probabilidades para contagem de <i>Lactococcus</i> , <i>Lactobacillus</i> e proteolíticos nos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	109
TABELA V	Contagem de <i>Lactococcus</i> , <i>Lactobacillus</i> e proteolíticos durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	109
TABELA VI	Quadrados médios e probabilidades para tensão de ruptura, deformação de ruptura, tensão máxima e módulo de elasticidade dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	112
TABELA VII	Quadrados médios e probabilidades para os módulos de elasticidade E_0 , E_1 , E_2 e para as viscosidades η_1 e η_2 dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	118
TABELA VIII	Média atribuídas pelos provadores treinados para os atributos sensoriais das amostras de queijo com e sem cultura adjunta aos 65 dias de armazenamento refrigerado (n = 3 repetições).	124
TABELA IX	Média das notas atribuídas pelos provadores para as amostras de queijo prato com reduzido teor de gordura (n = 40 provadores).	128
CAP 4		
TABELA 1	Composição média (n=3) do leite utilizado na fabricação do queijo controle e na ultrafiltração.	151
TABELA 2	Composição média (n=3) do permeado obtido por ultrafiltração do leite até FC 2,5	152

TABELA 3	Composição média (n=3) do leite e dos retentados de baixo fator de concentração utilizados na fabricação dos queijos.	153
TABELA 4	Composição média (n=3) dos soros obtidos a partir de leite e de retentados de baixo fator de concentração.	154
TABELA 5	Composição média (n=3) dos queijos Prato fabricados com leite (FC 1,0) e retentados de baixo fator de concentração (FC 1,5 e FC 2,0).	156
TABELA 6	Recuperação média (n=3) de gordura e proteína nos soros e nos queijos fabricados com leite e retentados de baixo fator de concentração.	157
TABELA 7	Rendimento médio (n=3) dos queijos fabricados com leite e retentados de baixo fator de concentração.	158
CAP 5		
TABELA 1	Composição média (n=3) dos queijos fabricados com leite e retentados de baixo fator de concentração.	178
TABELA 2	Quadrados médios e probabilidades para evolução do pH, extensão da proteólise e da profundidade da proteólise dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	180
TABELA 3	Quadrados médios e probabilidades para evolução da capacidade de derretimento dos queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	185

TABELA 4	Quadrados médios e probabilidades para tensão de ruptura, deformação de ruptura, tensão máxima e módulo de elasticidade dos queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	188
TABELA 5	Quadrados médios e probabilidades para os módulos de elasticidade E_0 , E_1 , E_2 e para as viscosidades η_1 e η_2 dos queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	193
TABELA 6	Média das notas atribuídas pelos provadores treinados por atributo para as amostras. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.	199
TABELA 7	Média das notas atribuídas pelos provadores para as amostras de queijos Prato de reduzido teor de gordura fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração (n = 40 provadores).	203

LISTA DE FIGURAS

CAP 1

FIGURA 1	Evolução da extensão da proteólise nos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	47
FIGURA 2	Evolução da profundidade da proteólise nos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.	48
FIGURA 3	Queijo Prato comercial com reduzido teor de gordura; após 50 de armazenamento refrigerado. A) queijo marca A; B) queijo marca B; C) queijo marca C.	59
FIGURA 4	Histograma de freqüências das notas de aceitação dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura em relação ao atributo sabor.	61
FIGURA 5	Histograma de freqüências da avaliação sensorial dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura em relação à intenção de compra.	62

CAP 2

FIGURA 1	Perfil sensorial dos queijos Prato comerciais (A, B, C) com reduzido teor de gordura.	75
FIGURA 2	Análise de Componentes principais para atributos sensoriais de queijo Prato comercial com reduzido teor de gordura.	77

CAP 3

FIGURA 1	Fluxograma de processamento do queijo Prato com reduzido teor de gordura.	87
FIGURA 2	Evolução do pH dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	100

FIGURA 3	Evolução da acidez titulável dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	101
FIGURA 4	Evolução do índice de extensão dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	102
FIGURA 5	Evolução do índice de profundidade dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	104
FIGURA 6	Eletroforetograma dos queijos fabricados com e sem a adição de culturas adjuntas.	105
FIGURA 7	Evolução da capacidade de derretimento dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	107
FIGURA 8	Tensão de ruptura para os queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	114
FIGURA 9	Deformação na ruptura para os queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	115
FIGURA 10	Trabalho de ruptura para os queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	115
FIGURA 11	Módulo de elasticidade para os queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a	116

durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.

FIGURA 12	Tensão máxima para os queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	116
FIGURA 13	Módulo elástico de equilíbrio (E_0) dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	119
FIGURA 14	Módulo de elasticidade do elemento com menor tempo de relaxação (E_1) dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	120
FIGURA 15	Módulo de elasticidade do elemento com maior tempo de relaxação (E_2) dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	120
FIGURA 16	Viscosidade do elemento com menor tempo de relaxação (η_1) dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	121
FIGURA 17	Viscosidade do elemento com maior tempo de relaxação (η_2) dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	121
FIGURA 18	Queijo Prato com reduzido teor de gordura aos 50 dias de armazenamento refrigerado. A) QC; B) QLc; C) QLh.	123

FIGURA 19	Perfil sensorial dos queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados com e sem cultura adjunta.	126
FIGURA 20	Análise de Componentes principais para atributos sensoriais de queijo Prato com reduzido teor de gordura.	127
FIGURA 21	Histograma de freqüências da avaliação sensorial dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta em relação à intenção de compra.	130
CAP 4		
FIGURA 1	Fluxograma de processamento do queijo Prato com reduzido teor de gordura.	147
CAP 5		
FIGURA 1	Fluxograma de processamento do queijo Prato com reduzido teor de gordura.	170
FIGURA 2	Evolução do pH dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	181
FIGURA 3	Evolução do índice de extensão dos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	182
FIGURA 4	Eletroforetograma dos queijos fabricados a partir de leite e retentados.	183
FIGURA 5	Evolução do índice de profundidade dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	184

FIGURA 6	Evolução da capacidade de derretimento dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	187
FIGURA 7	Tensão de ruptura para os queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	189
FIGURA 8	Deformação na ruptura para os queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	190
FIGURA 9	Trabalho de ruptura para os queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	190
FIGURA 10	Módulo de elasticidade para os queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	191
FIGURA 11	Tensão máxima para os queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	191
FIGURA 12	Módulo elástico de equilíbrio (E_0) dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	194

FIGURA 13	Módulo de elasticidade do elemento com menor tempo de relaxação (E_1) dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C	195
FIGURA 14	Módulo de elasticidade do elemento com maior tempo de relaxação (E_2) dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	195
FIGURA 15	Viscosidade do elemento com menor tempo de relaxação (η_1) dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	196
FIGURA 16	Viscosidade do elemento com maior tempo de relaxação (η_2) dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.	196
FIGURA 17	Queijo prato com reduzido teor de gordura aos 60 dias de armazenamento refrigerado. A) QC; B) Q1,5; C) Q2,0	198
FIGURA 18	Perfil sensorial dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração.	200
FIGURA 19	Análise de Componentes principais para atributos sensoriais de queijo Prato com reduzido teor de gordura fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração.	202

FIGURA 20 Histograma de freqüências da avaliação sensorial dos queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração em relação à intenção de compra.

RESUMO GERAL

O objetivo desse trabalho foi estudar o perfil físico-químico, reológico e sensorial dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura e testar o uso de culturas adjuntas e de retentados de ultrafiltração de baixo fator de concentração para melhoria de sabor e textura dos queijos. O trabalho foi dividido em três etapas: 1) queijos comerciais; 2) queijos com cultura adjunta e 3) queijos fabricados a partir de retentados com diferentes fatores de concentração. Na primeira etapa foram avaliados três marcas comerciais de queijo Prato com reduzido teor de gordura encontradas no mercado de Campinas / SP. A composição físico-química dos queijos foi determinada. Os queijos foram analisados quanto ao pH, acidez titulável, nitrogênio solúvel (NS) em pH 4,6 e a 12 % de ácido tricloroacético (TCA), capacidade de derretimento, propriedades reológicas, microestrutura e avaliação sensorial, por análise descritiva quantitativa (ADQ) e teste de aceitação, durante os 60 dias de armazenamento refrigerado. Os queijos comerciais não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) em relação à composição química. Dentre as três marcas analisadas, os queijos da marca B foram os que apresentaram proteólise mais intensa, maior maciez, menor elasticidade e maior aceitação sensorial. Os queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura apresentaram perfis sensoriais diferentes em relação aos atributos cor amarela, gosto ácido, gosto salgado e sabor de queijo Prato integral. Na segunda etapa, queijos foram fabricados com a adição das culturas adjuntas *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus helveticus*, na quantidade de 10^5 UFC/mL de leite e comparados a um queijo controle (sem cultura adjunta). Os queijos foram

analisados quanto à composição química no 5º dia de fabricação e quanto ao pH, acidez titulável, nitrogênio solúvel (NS) em pH 4,6 e em 12 % de ácido tricloroacético (TCA), evolução da microbiota, capacidade de derretimento, propriedades reológicas aos 5, 25, 45, 65 dias de armazenamento refrigerado. A eletroforese foi avaliada no 5º e 65º dias de armazenamento. A microestrutura e a análise sensorial foram realizadas aos 65 dias de fabricação. Os queijos fabricados com adição de *Lactobacillus helveticus* apresentaram maior índice de profundidade de proteólise ao final de 65 dias de maturação. A eletroforese mostrou que a degradação da α_{s1} -caseína com a formação da α_{s1} -I-caseína foi ligeiramente maior para o queijo adicionado de *Lactobacillus helveticus*. A capacidade de derretimento aumentou significativamente ao longo do tempo ($p=0,0001$). Os queijos com *Lactobacillus helveticus* apresentaram notas significativamente ($p<0,05$) mais altas para os atributos sabor, textura e impressão global. Cerca de 80 % dos provadores certamente ou provavelmente comprariam esse queijo, o que indica uma boa aceitação sensorial. Na terceira etapa, os fatores de concentração (FC) estudados foram: FC 1,0, FC 1,5 e FC 2,0. As composições do leite, soro, queijo, cálculo de recuperação de gordura e proteína e o rendimento de fabricação foram determinadas. Nos dias 5, 25, 45, 65 dias de armazenamento refrigerado foram avaliados o pH, nitrogênio solúvel (NS) em pH 4,6 e a 12 % de ácido tricloroacético (TCA), propriedades reológicas. A eletroforese foi avaliada nos dias 5, 25 e 65 de armazenamento refrigerado. A microestrutura foi avaliada após 60 dias e a análise sensorial após 65 dias de armazenamento. Variações no FC do leite não afetaram a composição química dos queijos ($p<0,05$). Os queijos fabricados a partir de leite ultrafiltrado a FC 1,5 e

2,0 apresentaram tendência de maior recuperação de gordura e proteína no queijo e de maior rendimento ajustado. No decorrer do tempo de armazenamento, todos os queijos apresentaram um aumento nos índices de extensão e profundidade de proteólise. O pH e a capacidade de derretimento dos queijos aumentaram até o 25º dia de maturação, permanecendo constante após esse período. Houve diminuição do teor de α_{s1} -caseína com o tempo de maturação dos queijos. Todos os queijos apresentaram uma pequena degradação da β -caseína aos 65 dias de estocagem. Os queijos fabricados a partir de retentados com FC1,5 e FC2,0 tiveram boa aceitação. Os queijos controle (QC) e os fabricados com retentado FC 2,0 (Q2,0) foram os que apresentaram maior intensidade de sabor de queijo Prato integral e maior intenção de compra. A ultrafiltração do leite a baixos fatores de concentração e o uso de culturas adjuntas mostraram um bom potencial no sentido de melhorar os defeitos de sabor e textura do queijo Prato com reduzido teor de gordura.

Palavras-chave: queijo Prato, reduzido teor de gordura, culturas adjuntas, ultrafiltração, proteólise, reologia, rendimento, avaliação sensorial.

GENERAL ABSTRACT

The objective of this work was to determine the physico-chemical, sensorial and reological profile of commercial reduced fat Prato cheese and evaluate the use of adjunct cultures and low factor concentration ultrafiltration retentates for improvement of cheese flavor and texture. The work was carried out in three steps: 1) commercial cheeses; 2) cheeses with adjunct culture and 3) cheeses made with low factor concentration ultrafiltration retentates. In the first step, three commercial brands of reduced fat Prato cheese, found at Campinas/SP, were evaluated. The cheese chemical composition was determined. The cheeses were analyzed as for pH, titratable acidity, soluble nitrogen (SN) in pH 4.6 and in 12% of trichloroacetic acid (TCA), melting capacity, reological properties, microstructure and sensorial profile – Descriptive Quantitative analysis (QDA) and sensory acceptability – during the 60 days of storage. There was no statistical difference ($p>0,05$) in cheese composition. The proteolysis extension, proteolysis depth and sensory acceptability were significantly higher ($p<0,05$) at the end of ripening for cheese B. The results showed differences on sensory profile for the three samples in relation to yellow color, acid taste, sourness, salty taste and typical flavour of full fat Prato cheese. In the second step, the cheeses were made with the addition of *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus helveticus* as adjunct cultures, using 10^5 CFU/mL milk, and compared to control cheese (without adjunct culture). Cheese composition was determined after 5 days of manufacture and pH, titratable acidity, soluble nitrogen (SN) in pH 4,6 and in 12% of trichloroacetic acid (TCA), viable cell counts, melting capacity, reological properties after 5, 25, 45 and 65 days of

storage. Electrophoresis was evaluated in 5th and 65th days of storage. The microstructure and the sensorial analysis were evaluated at 65 d after refrigerated store. The cheeses made with addition of *Lactobacillus helveticus* had higher proteolysis depth at the end of the ripening. Electrophoresis showed that the degradation of the α s1-casein to α s_{1-I}-casein was higher for the cheese with *Lactobacillus helveticus*. The melting capacity increased significantly ($p=0,0001$) with increasing storage time. The cheeses with *Lactobacillus helveticus* presented significantly ($p<0,05$) higher scores for flavor, texture and global impression. About 80 % of the panellists certainly or probably would buy this cheese which indicates a good sensorial acceptability. In the third step, the concentration factors (CF) studied were: CF 1.0, CF 1.5 and CF 2.0. Milk, retentate, permeate, whey, cheese, fat and protein recoveries and yield were determined. At 5, 25, 45, 65 days of refrigerated storage pH, titratable acidity, soluble nitrogen (SN) in pH 4.6 and in 12% of trichloroacetic acid (TCA), melting capacity, reological properties were evaluated. Electrophoresis was carried out at 5, 25 and 65 d of refrigerate storage. Microstructure and sensorial profile – Descriptive Quantitative analysis (QDA) and sensory acceptability were evaluated during the ripening. There was no statistical difference ($p>0,05$) in cheeses composition. The cheeses made with retentate CF 1.5 and 2.0 presented a tendency for higher fat and protein recoveries and higher yield. The levels of extent and depth proteolysis and melting capacity increased until 25 d of storage. The electrophoresis showed that all the cheeses presented a small degradation of the β -casein at the 65 d of storage. The cheeses made with retentates CF1.5 and CF2.0 had good acceptability. The control cheese (CC) and cheese made with CF2.0 (C2.0) showed higher intensity of full fat Prato cheese

taste and higher buying intention. The milk ultrafiltration and the use of adjunct cultures had great potential to improve the flavor and texture of the reduced fat Prato cheese.

Key-words: Prato cheese, reduced fat, adjunct cultures, ultrafiltration, proteolysis, rheology, yield, sensory evaluation.

INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas, o aumento da consciência do consumidor em relação à saúde tem gerado um rápido crescimento de novos produtos com reduzido valor calórico. A ingestão de gordura tem sido associada com os aumentos do risco de obesidade, certos tipos de câncer, arteriosclerose, doenças do coração e pressão alta, o que tem aumentado a demanda de queijos com reduzido teor de gordura. O objetivo dos fabricantes de queijos de baixo ou reduzido teor de gordura é produzir um produto que seja similar em sabor, firmeza e textura com o queijo tradicional. Normalmente, os queijos com reduzido teor de gordura são menos aceitos pelos consumidores devido aos defeitos de sabor e textura. Os defeitos de textura mais comuns são o aumento da firmeza, dureza e elasticidade, enquanto que os problemas de sabor compreendem a baixa intensidade de sabor e aroma, adstringência e amargor.

Várias propostas têm sido apresentadas para melhorar a qualidade sensorial dos queijos com reduzido teor de gordura. As modificações na tecnologia de fabricação (como o uso da ultrafiltração), o uso de culturas adjuntas e o uso de substitutos de gordura são as principais estratégias utilizadas para melhorar as características sensoriais e a textura dos queijos com reduzido teor de gordura.

O queijo Prato é o único queijo nacional que sofre maturação, apresentando características de textura macia e sabor suave, resultado das reações bioquímicas que ocorrem durante a maturação. O queijo é bastante apreciado pelos consumidores, sendo o segundo mais consumido no país, como queijo de mesa ou como ingrediente culinário. O queijo Prato com reduzido teor de gordura vem sendo comercializado no país, aparentemente em pequena escala. A literatura

apresenta poucas informações sobre as características de sabor e textura do queijo Prato com reduzido teor de gordura e suas características funcionais como derretimento. O objetivo desse trabalho foi o de estudar o perfil físico-químico, reológico e sensorial dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura e testar o efeito do uso culturas adjuntas e de retentados de ultrafiltração de baixo teor fator de concentração na melhoria de sabor e textura. Cálculos de rendimento de fabricação e avaliações de proteólise, reologia, perfil sensorial, capacidade de derretimento e microestrutura foram realizados para acompanhamento das mudanças ocorridas com as inovações introduzidas no processamento e durante o tempo de maturação.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Queijo prato

O queijo Prato se caracteriza pelo seu sabor suave e a sua consistência macia e por se tratar de um queijo de massa semi-cozida e lavada (COSTA JÚNIOR & PINHEIRO, 1998). A lavagem da massa é usada para o aquecimento até a temperatura de semi-cozimento e consiste em substituir cerca de 30-40% de soro pela mesma quantidade de água quente ($T = 70-80\text{ }^{\circ}\text{C}$). Com a lavagem da massa, ocorre uma pequena diluição na acidez, que pode ser desejável em casos de excesso de acidificação (OLIVEIRA, 1986).

A composição média esperada de um queijo prato curado é de 42-44% de umidade, 26-29% gordura, pH de 5,2-5,4 e um teor de sal de 1,6-1,9%. O seu rendimento situa-se ao redor de 9,5 litros de leite/Kg de queijo (FURTADO & LOURENÇO NETO, 1994). O tempo de maturação do queijo Prato varia de 30 a 60 dias. (OLIVEIRA, 1986).

2. Queijos com reduzido ou baixo teor de gordura

Os queijos modificados são aqueles em que um ou mais ingredientes são total ou parcialmente substituídos em relação ao queijo convencional correspondente. Os queijos dietéticos são aqueles especialmente formulados ou produzidos de forma que sua composição atenda necessidades dietoterápicas específicas de pessoas com exigências físicas, metabólicas, fisiológicas e/ou patológicas particulares.

Um queijo pode ser classificado como de baixo teor de gordura somente se o conteúdo de gordura presente for consideravelmente reduzido. Se o conteúdo

de gordura for 2/3 ou menos do conteúdo de um queijo convencional, ele é comumente chamado de queijo com teor de gordura reduzido. Os termos permitidos na rotulagem são “light”, “less”, “reduced”, “minus” e “lower”. (ABIA, 1996).

Os queijos modificados em sua composição lipídica devem atender aos atributos de “baixo” ou “reduzido” quando comparados aos queijos convencionais correspondentes. De acordo com a Portaria nº 29 – 13/01/98 da Secretária de Vigilância Sanitária, um queijo para ser considerado “light” deverá sofrer redução de no mínimo 25% do teor de gordura e uma diferença mínima de 3g de gorduras totais em 100g de sólidos. Já um queijo para ser considerado “diet” (com restrição de gorduras) deverá apresentar o teor máximo de 0,15 g de gordura por 100g ou 100 mL do produto final a ser considerado.

3. Função da gordura

A gordura é um dos principais componentes do leite e se apresenta na forma de pequenos glóbulos, de tamanho entre 0,1 e 15,0 µm (WASTRA & JENNESS, 1984). A gordura exerce uma função importante na determinação da textura, sabor e aroma dos queijos.

A estrutura da matriz do queijo é composta de uma rede de proteína com ligações cruzadas de fosfato de cálcio na qual os glóbulos de gordura estão aprisionados fisicamente. A matriz é elástica quando a caseína está intacta, mas diminui com a proteólise ocorrida durante a maturação do queijo. Os glóbulos de gordura aprisionados servem para limitar a deformação da matriz do queijo e sua

distribuição determina a uniformidade e o grau de ligações cruzadas da matriz de caseína (JAMESON, 1990). Quando o teor de gordura é reduzido, as interações proteína-proteína aumentam e o resultado é um queijo com textura dura e elástica (MISTRY, 2001).

Os estudos apontam que a produção de queijos com reduzido teor de gordura por métodos tradicionais possuem defeitos sensoriais, como aroma fraco, sabores indesejáveis e textura, a qual se apresenta muito firme e elástica (na maioria das vezes descrita como “borrachenta”) ou com manchas produzidas pela cristalização do lactato de cálcio (EMMONS *et al.*, 1980; ARDÖ, 1997; BRYANT & USTUNOL, 1995; RODRÍGUEZ, 1998).

A gordura do leite contribui com o sabor do queijo através da dissolução dos compostos de sabor que podem ser produzidos pela hidrólise da gordura ou proteína, ou por outras vias. A gordura é também útil por mascarar sabores indesejáveis como, por exemplo, o amargo (ÄRDO, 1997).

4. Influência da maturação no desenvolvimento de sabor e textura

A maturação do queijo é essencialmente um processo enzimático envolvendo a quebra da massa pela proteólise, glicólise, lipólise e outras reações catalisadas por enzimas, resultando em um queijo com sabor e textura típicos. A proteólise ocorre na maioria dos queijos e é considerado o evento bioquímico mais importante durante a maturação da maior parte dos queijos (FOX *et al.*, 1995; LANE *et al.*, 1997; SOUZA *et al.*, 2001).

A proteólise em queijos é afetada por inúmeros fatores, incluindo atividade residual do coagulante, proteases naturais do leite (como plasmina), proteinases e

peptidases liberadas pelos microrganismos do fermento láctico, enzimas de microrganismos presentes no queijo, como contaminantes e/ou sobreviventes à pasteurização (ISEPON & OLIVEIRA, 1995; LANE *et al.*, 1997).

O coalho é responsável pela proteólise primária da caseína que resulta em mudanças na textura e formação dos compostos solúveis. O amolecimento inicial da estrutura dos queijos está relacionado com a hidrólise da α_{s1} -caseína, pela ação do coagulante liberando α_{s1-I} -caseína (CREAMER & OLSON, 1982; FOX, 1998).

As bactérias lácticas do fermento, responsáveis pela proteólise secundária, possuem um sistema proteinase/peptidase capaz de hidrolisar oligopeptídeos a peptídeos pequenos e aminoácidos que contribuem diretamente para o sabor. Os aminoácidos podem também servir como substratos para a formação de compostos de sabor adicionais. Outra importante consequência da proteólise é a liberação de compostos de sabor que podem estar aprisionados no coágulo (FOX *et al.*, 1995).

Os compostos que contribuem para o sabor do queijo são adicionados ou produzidos durante a fabricação (ex. NaCl e ácido láctico) mas são principalmente formados como consequência de várias mudanças bioquímicas ocorridas durante a maturação. O sabor do queijo é um importante atributo organoléptico e um correto balanço dos componentes sápidos é vital para a qualidade do queijo (MISTRY, 2001).

A proteólise contribui para o sabor do queijo através da produção de peptídeos e aminoácidos livres. Grandes peptídeos não contribuem diretamente

para o sabor do queijo, mas são importantes para o desenvolvimento de uma textura adequada; contudo, grandes peptídeos podem ser hidrolisados pelas proteinases em pequenos peptídeos que podem ser sápidos (SOUZA *et al.*, 2001).

Um queijo de reduzido teor de gordura maturado, normalmente possui um sabor que é atípico de sua variedade. No queijo Cheddar de reduzido teor de gordura a falta de sabor foi associado aos baixos níveis de ácidos graxos como o butanóico e o hexánoico e com as metil-cetonas. A diferença na taxa de liberação de compostos de sabor do queijo durante a mastigação também é um fator importante na percepção do sabor. Por exemplo, 2-butanona e 2-heptanona são liberados em quantidades maiores em queijos com reduzido teor de gordura. Portanto a percepção total do sabor é diferente (MISTRY, 2001).

A intensidade da proteólise dos queijos pode ser medida através de índices chamados de “extensão” e “profundidade”. O índice de extensão da proteólise se caracteriza pela quantidade de substâncias nitrogenadas solúveis (NS) acumuladas durante o processo e expressas como porcentagem do nitrogênio total (NT).

$$\text{Índice de Extensão} = \frac{NS \times 100}{NT}$$

NT

A determinação analítica é baseada na precipitação isoelétrica de caseína em pH 4,6 em uma amostra diluída do queijo, e na quantificação das substâncias solúveis através do método de Kjeldahl. O coalho é responsável pela produção de

grande parte do nitrogênio solúvel em pH 4,6 e somente por uma pequena parcela do nitrogênio solúvel em TCA 12% (FOX, 1989). Portanto, a extensão da proteólise deve-se, principalmente, à ação do coalho sobre as caseínas do leite (DESMAZEAUD & GRIPON, 1977).

A profundidade da proteólise abrange as substâncias nitrogenadas de baixo peso molecular, acumuladas durante o processo. Ela pode ser quantificada através do teor de nitrogênio não protéico (NNP), solúvel em ácido tricloroacético, ou pela determinação direta dos aminoácidos produzidos e expressos como percentual da proteína total (NT).

$$\text{Índice de Profundidade} = \frac{NNP \times 100}{NT}$$

NT

Entende-se por NNP aquelas substâncias nitrogenadas de baixo peso molecular que não precipitam na presença de ácido tricloroacético a 12% e que, conseqüentemente, são quantificadas nos respectivos filtrados (WOLFSCHOON-POMBO, 1989).

As proteinases e peptidases do fermento láctico atuam sobre os peptídeos liberados, principalmente pelo coalho, produzindo aminoácidos e compostos de baixo peso molecular. Logo, o índice de profundidade de proteólise relaciona-se à atividade proteolítica do fermento durante a estocagem refrigerada do queijo (O'KEEFFE *et al.*, 1978).

ENGELS & VISSER (1994), analisaram frações solúveis em água dos queijos Cheddar, Edam, Gouda, Gruyere e Parmesão e demonstraram que os

componentes de baixo peso molecular (<500 Da) (pequenos peptídeos, aminoácidos, ácidos graxos livres) foram responsáveis pelo sabor básico dos queijos.

O sabor amargo no queijo é, na maior parte das vezes, devido aos peptídeos hidrofóbicos desenvolvido nos primeiros estágios da maturação, e pode ser considerado um defeito. Os compostos hidrofóbicos (amargos) produzidos pela proteólise são percebidos em menor intensidade nos queijos tradicionais do que em queijos com reduzido teor de gordura, pelo fato de estarem adsorvidos pela gordura (OLSON & JOHNSON, 1990; MISTRY, 2001).

Todas as proteases, incluindo as do coalho e as de origem bacterianas, são capazes de produzir peptídeos amargos a partir da caseína (FURTADO, 1984). Certas seqüências das caseínas são hidrofóbicas e quando quebradas pelas proteinases podem levar ao sabor amargo. Peptídeos amargos das α_s1 caseínas são predominantes nas regiões dos resíduos 14-34, 91-101 e 143-151, enquanto que peptídeos amargos da β -caseína estão na região dos resíduos 46-90 (SOUZA *et al.*, 2001).

5. Textura de queijos

Segundo PRENTICE *et al.* (1993), a textura pode ser definida como um conjunto das propriedades reológicas e a forma como essas propriedades são percebidas pelos sentidos.

Como a maioria dos alimentos sólidos e semi-sólidos, o queijo exhibe características tanto de sólido elástico como de fluido Newtoniano, sendo então

denominado viscoelástico. As propriedades reológicas incluem características intrínsecas (elasticidade, viscosidade e viscoelasticidade) que estão relacionadas com a composição, estrutura e força das interações entre os elementos estruturais do queijo. A micro e macroestrutura dos queijos são os principais determinantes das propriedades reológicas e de textura (KONSTANCE & HOLSINGER, 1992; FOX *et al.*, 1998).

A força aplicada por unidade de área aplicada a um corpo é denominada de tensão. Dependendo da direção de atuação da força (perpendicular ou paralela à superfície do material), a tensão é chamada, respectivamente, como tensão normal (σ) ou tensão de cisalhamento (τ). A deformação resultante é definida como deformação normal (ϵ) e corresponde ao módulo de elasticidade ou módulo de Young (E), que pode ser expresso como:

$$E = \sigma / \epsilon$$

Quando a força atua paralelamente à superfície, a deformação resultante é denominada de deformação de cisalhamento (γ), que corresponde ao módulo de rigidez (G) sendo expresso como:

$$G = \tau / \gamma$$

Se o material é perfeitamente elástico, a magnitude da deformação é proporcional à magnitude da força aplicada, ou seja, o módulo elástico (E ou G) é constante (RAO, 1992). A curva tensão-deformação é sempre linear. Um material elástico ideal deforma-se quando aplicado uma força e depois retorna a posição inicial quando a força é removida.

Para líquidos ideais, a tensão de cisalhamento (τ) é proporcional à taxa de deformação (dy/dt), sendo a constante de proporcionalidade conhecida como coeficiente de viscosidade (η) e definida por:

$$\eta = \tau / (dy/dt)$$

O corpo de Maxwell é o modelo reológico mais simples, composto por um elemento elástico e um elemento viscoso em série, explicando o comportamento viscoelástico do queijo.

Uma das formas de medir o comportamento viscoelástico de alimentos é o teste de relaxação. O teste baseia-se na aplicação de uma deformação instantânea de um corpo e na manutenção dessa deformação durante todo o período do teste. A forma como o corpo reage à tensão aplicada é monitorada em função do tempo (RAO, 1992).

As curvas de relaxação podem ser usadas para determinar o módulo de elasticidade em função do tempo. Uma curva de relaxação comum para muitos materiais viscoelásticos é aquela em que ocorre uma queda exponencial da tensão com o tempo, até um valor constante, diferente de zero. Nesse caso, um corpo de Maxwell não é capaz de descrever o comportamento reológico, sendo necessário incluir um elemento elástico para representar a tensão residual. Geralmente, as curvas de relaxação são representadas por modelos compostos com dois ou mais corpos de Maxwell em paralelo, com ou sem um elemento elástico, também em paralelo, que corresponde à tensão residual. O modelo de Maxwell generalizado pode, então, ser representado pela equação abaixo:

$$E(t) = E_1 \cdot e^{-t/\tau^1} + E_2 \cdot e^{-t/\tau^2} + \dots + E_n \cdot e^{-t/\tau^n} + E_{n+1}$$

Normalmente, apenas dois corpos de Maxwell em paralelo com um elemento elástico residual são suficientes para representar o comportamento mecânico (RAO, 1992).

Os teste de compressão uniaxial também permitem avaliar as propriedades reológicas dos queijos. Durante este teste, uma amostra é submetida a uma deformação unidirecional, e a força correspondente é medida em função do tempo. A deformação aplicada é suficientemente grande para provocar a fratura do material. Medidas como o módulo de elasticidade (E), a deformação na ruptura (ϵ_{rup}), a tensão na ruptura (σ_{rup}) e a tensão máxima ($\sigma_{m\acute{a}x}$) podem ser obtidas e essas propriedades correlacionam-se com parâmetros sensoriais, como elasticidade (E), dureza (σ_{rup}) e firmeza ($\sigma_{m\acute{a}x}$), entre outros (FOX *et al.*, 1998).

6. Tecnologias para melhorar a textura e o sabor de queijos com reduzido teor de gordura

Os procedimentos desenvolvidos para evitar os defeitos de sabor e textura nos queijos com reduzido teor de gordura envolvem alternativas que podem incluir modificações nos procedimentos de fabricação ou utilização de novas tecnologias, adição de culturas adjuntas ou culturas atenuadas e uso de estabilizantes e substitutos de gordura (DRAKE & SWANSON, 1995; MISTRY, 2001).

As modificações tecnológicas são a forma mais simples e econômica de melhorar o sabor e textura dos queijos com reduzido teor de gordura (DRAKE & SWANSON, 1995). Elas normalmente envolvem a substituição de gordura por água ou soro no preenchimento da rede tridimensional de caseína e o resultado

final é um queijo com maior teor de umidade e menor acidez (ARDÖ, 1997; JOHNSON *et al.*, 1998). Queijos com reduzido teor de gordura também apresentam um menor rendimento, pois a gordura constitui 50% ou mais da matéria seca.

Modificações como a diminuição do tempo e da temperatura de cozimento e lavagem da massa com água fria aumentam a retenção de umidade na massa do queijo (DRAKE & SWANSON, 1995). O desenvolvimento de acidez também é um parâmetro crítico nos queijos com reduzido teor de gordura. Com o aumento da umidade e a diminuição da temperatura de cozimento, as bactérias lácticas se propagam em grandes números no queijo e produzem um excesso de ácido e sabores amargos. O uso de pequenas quantidades ou de cepas especiais de culturas lácticas, diminuição do tempo de maturação e lavagem da massa são procedimentos adotados para controlar a produção de ácido nos queijos com reduzido teor de gordura (DRAKE & SWANSON, 1995; RODRÍGUEZ, 1998).

A homogeneização do leite ou do creme antes da fabricação do queijo é recomendada para melhorar a retenção de água e a textura dos queijos com reduzido teor de gordura. Nos queijos com reduzido teor de gordura a característica predominante da estrutura é o alto conteúdo de proteína que é responsável pelos defeitos de textura (ANDERSON *et al.*, 1993). A homogeneização do leite aumenta a área superficial dos glóbulos de gordura melhorando o corpo e a textura dos queijos com reduzido teor de gordura (METZER & MISTRY, 1994).

A ultrafiltração do leite tem sido uma inovação tecnológica bastante usada para melhorar a textura dos queijos com reduzido teor de gordura (DRAKE & SWANSON, 1995; RODRÍGUEZ, 1998; MISTRY, 2001).

As culturas adjuntas são adicionadas intencionalmente no leite para a fabricação do queijo com a intenção de melhorara o sabor e/ou a textura do produto final (STEELE, 1995).

Vários tipos de substitutos de gordura estão sendo desenvolvidos com a intenção de imitar ou substituir o papel desenvolvido pela gordura do leite. Os substitutos de gordura são classificados como substitutos de gordura ou miméticos. Os substitutos de gordura são triglicerídeos de cadeia média semelhantes fisicamente e quimicamente com os triglicerídeos (AKOH, 1998). Os miméticos são compostos a base de proteínas ou carboidratos, polares, solúveis em água e usados para substituir parcialmente as características sensoriais e funcionais da gordura. Os miméticos melhoram as características sensoriais e funcionais dos queijos com reduzido teor de gordura por absorverem água, melhorando assim a textura e o rendimento. (DRAKE *et al.*, 1996; MISTRY, 2001). MC MAHON *et al.* (1996), utilizaram o Simplese® (substituto a base de proteínas do leite/ovo) e o Dairy-Lo® (substituto a base de proteínas desnaturadas do soro) para a produção de mussarela com reduzido teor de gordura e verificou que o uso dos substitutos aumentou o conteúdo de umidade dos queijos resultando em uma textura mais macia.

As modificações de tecnologia e o uso de substituto de gordura melhoram apenas as características de textura dos queijos com reduzido teor de gordura.

Para resolver o defeito de sabor deve-se fazer uso de culturas adjuntas (MISTRY, 2001).

6.1. Ultrafiltração na fabricação de queijos com reduzido teor de gordura

A técnica da ultrafiltração consiste em um processo de filtração tangencial sob pressão utilizando membranas semipermeáveis, que pode ser usado na separação e concentração de substâncias com peso molecular entre 10^3 e 10^6 daltons (RENNER & ABD EL-SALAM, 1991). Na ultrafiltração do leite, nitrogênio não protéico e componentes solúveis como lactose, sais e algumas vitaminas passam pela membrana, enquanto gordura, proteína e sais insolúveis são retidos pela membrana (EL GAZZAR *et al.*, 1991).

A primeira patente de queijo por ultrafiltração chamada de MMV ou pré-queijo líquido é de autoria dos cientistas franceses Maubois, Mocquot e Vassal. O leite é ultrafiltrado até a concentração de proteína e gordura correspondente à do queijo escolhido e é coagulado diretamente na embalagem. A aplicação da ultrafiltração na fabricação de queijos inclui desde a padronização do teor de proteína do leite até a obtenção do pré-queijo líquido, passando pelo uso de retentados de concentração intermediária (KOSIKOWSKI & MISTRY, 1997).

A concentração de proteínas aumenta a capacidade tamponante do retentado. Como resultado, uma maior quantidade de ácido láctico é necessária para a fermentação do retentado, o que pode ser uma desvantagem quando a fermentação é realizada posteriormente a ultrafiltração (EL GAZZAR, 1991). O poder tamponante dos retentados pode ser reduzido através da utilização de tratamentos como pré-acidificação, fermentação láctica na unidade de

ultrafiltração, ultrafiltração de leite coagulado, diafiltração e remoção de cálcio através de cloreto de cálcio (KOSIKOWSKI & MISTRY, 1997).

A coagulação e a formação do gel em retentados ocorre mais rapidamente e necessita de uma concentração bem menor de coalho que a necessária para coagular o leite (CREAMER *et al.*, 1987). Os géis preparados a partir de retentados tornam-se progressivamente mais frágeis com o aumento do fator de concentração devido à inclusão das proteínas do soro (GREEN *et al.*, 1981). A natureza mais frágil do coágulo obtido a partir de retentado pode ser atribuída a uma diferença na estrutura da rede protéica, já que as proteínas do soro não participam da coagulação (CASIRAGHI *et al.*, 1987).

Durante a maturação dos queijos fabricados por ultrafiltração, as proteínas do soro não desnaturadas são mais resistentes à ação proteolítica de enzimas do coalho e da cultura láctica, o que previne a formação de peptídeos pequenos e hidrofóbicos responsáveis pelo desenvolvimento de sabor amargo (FURTADO & PARTRIDGE, 1988).

KONING *et al.* (1981) produziram um queijo semi-duro a partir de retentado e verificaram que os queijos apresentaram uma textura mais macia que a tradicional e não apresentaram um sabor desagradável devido ao fato das proteínas do soro não serem degradadas pelo coalho. Como a contribuição das proteínas do soro para o sabor e aroma do queijo é quase inexistente, o queijo irá apresentar um sabor menos pronunciado que o queijo tradicional, devido a uma menor proporção de produtos oriundos da degradação da proteína e formadores de sabor.

A concentração do leite por ultrafiltração está sendo usada como a primeira etapa de fabricação de vários tipos de queijos e tem mostrado uma melhoria na textura de queijos com reduzido teor de gordura (GREEN *et. al.*, 1984; MCGREGOR & WHITE, 1990).

Uma das alternativas para aumentar o rendimento dos queijos produzidos a partir de leite desnatado é a pré-concentração a teores de sólidos totais mais elevados. Entre as várias técnicas que podem ser adotadas para a pré-concentração do leite, a ultrafiltração é a que vem despertando maior interesse (BENITO, 1980). Esse processo apresenta ainda a vantagem de melhorar a textura e o sabor em relação ao queijo fabricado pelo método convencional, devido ao decréscimo do teor de lactose, que controla a taxa de acidificação, e à incorporação das proteínas do soro, que, além de aumentar o rendimento, aumentam a capacidade de retenção de água do queijo, tornando-o mais macio (MCGREGOR & WHITE, 1990). O uso de retentado de fator de concentração 1,3, na fabricação de queijos mussarela e cottage resultou em um aumento de 3,0% no rendimento de fabricação (HICKEY & VERSTAEED, 1993).

RODRIGEZ *et al.* (1999) apresentaram resultados satisfatórios para queijos semi-duros com reduzido teor de gordura fabricados à partir de leite ultrafiltrado. O aroma e sabor desses queijos foram considerados aceitáveis e a textura foi mais macia em comparação com queijos fabricados pela tecnologia tradicional, devido à incorporação das proteínas do soro.

Queijos produzidos por ultrafiltração com leite desnatado possuem alto teor de umidade e alto teor de proteína total quando comparados com queijos fabricados por tecnologia tradicional. O alto teor de proteína total indica que

algumas proteínas do soro foram retidas durante a fabricação do queijo. Este alto conteúdo de proteína contribui para o aumento da umidade através do aumento da capacidade de retenção de água (MCGREGOR & WHITE, 1990). As vantagens da incorporação das proteínas do soro no queijo são aumento do valor nutricional, aumento do rendimento e melhoria nas características sensoriais dos queijos com reduzido teor de gordura (HINRICHS, 2001).

6.2. Uso de culturas adjuntas na fabricação de queijos com reduzido teor de gordura

Culturas adjuntas podem ser definidas como cepas selecionadas, de microrganismos relacionados com queijos, que são adicionadas ao leite destinado à fabricação de queijos, para melhorar ou acelerar o desenvolvimento de sabor (EL SODA *et al.*, 2000). A cultura adjunta é normalmente adicionada em conjunto com o fermento láctico acidificante (DRAKE *et al.*, 1996).

Pesquisas na área de culturas adjuntas têm seguido dois caminhos: culturas adjuntas não viáveis (atenuadas) e culturas adjuntas viáveis (não atenuadas). As culturas adjuntas viáveis têm sido usadas em queijos comerciais há vários anos. Contudo, a necessidade de melhorar o sabor em queijos com reduzido teor de gordura tem gerado um interesse adicional na sua utilização. As culturas adjuntas não viáveis (atenuadas) podem ser descritas como um pacote de enzimas microbianas intracelulares que pode ser adicionada ao leite sem interferir na fabricação do queijo. Dentre os vários métodos (físicos, enzimáticos, químicos e modificações genéticas) utilizados para a atenuação de culturas adjuntas, os físicos (tratamento térmico, congelamento, e secagem) são os mais usados. Essas

técnicas também resultam em vários níveis de viabilidade de células, modificações na capacidade de produção de ácido e atividade celular de proteinases e esterases. As propriedades autolíticas das células também são alteradas como resultado dos tratamentos físicos. O processo autolítico é o de maior importância durante a maturação do queijo. As maiores das enzimas bacterianas importantes para a maturação dos queijos são intracelulares; logo essas enzimas não podem ser liberadas a não ser que ocorra autólise. Essa liberação pode mais tarde permitir um contato íntimo com substratos desejáveis e melhorar o sabor e a textura desenvolvida durante a maturação (EL SODA *et al.*, 2000).

As culturas adjuntas podem melhorar ou acelerar o desenvolvimento do sabor dos queijos com reduzido teor de gordura através do aumento da proteólise, especificamente atividade aminopeptidase, a qual reduz o sabor amargo e aumenta a concentração de peptídeos de sabor desejável e precursores voláteis de sabor (DRAKE & SWANSON, 1995).

EL SODA *et al.* (1999) determinaram a taxa de autólise de uma linhagem de *Lactobacillus helveticus* e duas linhagens de *Lactobacillus casei* depois de serem tratados por: 1) tratamento térmico a 60, 65 e 70 °C por 15 s; 2) congelamento a -20 °C por 48 hs seguido de descongelamento a 38 °C; e 3) secagem com uma temperatura de saída de 82 °C. Os resultados indicaram que as células que foram congeladas mostraram as maiores taxas de autólise quando comparadas às células não tratadas. O tratamento térmico afetou significativamente a autólise. A taxa de autólise diminuiu quando a temperatura do tratamento térmico aumentou. A diminuição na autólise depois do tratamento térmico pode ser parcialmente atribuída a desnaturação térmica do sistema autolítico das culturas estudadas. A

secagem usando uma temperatura de saída de 82 °C resultou em uma taxa de autólise bem menor que a dos outros tratamentos.

As culturas adjuntas mais utilizadas são os *Lactobacillus* ssp. Os primeiros lactobacilos selecionados foram o *Lactobacillus casei* (mesófilo) e o *Lactobacillus delbruekii* subsp. *bulgaricus* (termófilo). BROOME *et al.* (1990) estudaram o uso de *Lactobacillus casei* como cultura adjunta em queijos Cheddar e verificou um aumento nos níveis de proteólise (principalmente aminoácidos livres) e uma melhoria no desenvolvimento do sabor. O *Lactobacillus helveticus* tem sido usado como cultura adjunta na produção de queijos semiduros de reduzido teor de gordura, resultando em queijos com um aumento de proteólise, diminuição do sabor amargo e intenso sabor (DRAKE & SWANSON, 1995). ARDO *et al.* (1989) estudaram a qualidade dos queijos Gouda com reduzido teor de gordura contendo *Lactobacillus helveticus* CNRZ 303 como cultura adjunta e concluíram que o uso dessa cultura melhorou o sabor, diminuiu o amargor e acelerou a proteólise desses queijos. JOHNSON & ETZEL (1995) incorporaram *Lactobacillus helveticus* atenuado CNRZ 32 em queijo Cheddar com 33% de redução de gordura e demonstraram que o uso dessa cultura adjunta aumenta a intensidade do sabor.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKOH, C. C. Fat Replacers. **Food Technology**, v.52, n.3, p.47-53, 1998.

ANDERSON, D. L.; MISTRY, V. V.; BRANDSMA, R. L. BALDWIN, K. A. Reduced fat cheddar cheese from condensed milk. 1. Manufacture, composition and ripening. **J. Dairy Sci.**, v. 76, p. 2832-2844, 1993.

ARDO, Y.; LARSSON, P. O.; LINDMARK-MANSSON, H.; HEDENBERG, A. Studies of peptidolysis during early maturation and its influence on low fat cheese quality. **Milchwissenschaft**. v.44, p. 485-489, 1989.

ARDÖ, Y. In: LAW, B. A. (ed.) **Microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk**. 2 ed. London: Blackie Academic & Professional, 1997. 365

BENITO, J. J. Tradução de Pasilac, A.S. Dinamarca, representada pela indústria mecânica Inoxil Ltda. Skimmilk processing by ultrafiltration and hiperfiltration. **Revista do Inst. Lat. Cândido Tostes**, nov-dez., p. 41-47, 1980.

BRYANT A.; USTUNOL, Z. Consumer acceptance of cheddar chesse as influenced by fat reduction. **Cultured Dairy Products J.**, v. 30, n. 4, p. 26-28, 1995.

- BROOME, M. C.; KRAUSE, D. A.; HICKEY, M. W. The use of non-starter lactobacilli in cheddar cheese manufacture. **Austr. J. Dairy Technol.**, v. 45, p. 67-73, 1990.
- 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 retentates. **Milchwissenschaft.**, v. 42, n.4, p. 232-235, 1987.
- COSTA JÚNIOR, L. C. G.; PINHEIRO, A. J. R. Influência da relação caseína/gordura nas características físico-químicas do queijo Prato. **Rev. Inst. Latic. Cândido Tostes**, set/dez, v. 305, n. 53, p. 29-49, 1998.
- CREAMER, L. K.; OLSON, N. F. Rheological evaluation of maturing cheddar cheese. **J. Food Sci.**, v. 47, p. 631-646, 1982.
- CREAMER, L. K.; IYER, M.; LELIEVRE, J. Effect of various levels of rennet addition on the characteristics of cheddar cheese made from ultrafiltered milk. **New Zealand J. Dairy Sci. Technol.**, v. 22, n. 3, p. 205-214, 1987.
- DESMAZEAUD, M. J.; GRIPON, J. C. General mechanism of protein breakdown during cheese ripening. **Milchwissenschaft**, v. 32, n. 12, p. 731-734, 1977.
- DRAKE, M. A.; SWANSON, B.G. Reduced and Low-fat Cheese Technology: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 6, p. 366-369, 1995.

DRAKE, M. A.; BOYLSTON, T. D.; SWANSON, B. G. Fat mimetics in low-fat cheddar cheese. **J. Food Sci.**, v. 61, n. 6, 1996.

DRAKE, M. A.; BOYLSTON, T. D.; SWANSON, B. G. Chemical and sensory effects of *Lactobacillus adjunct* in cheddar cheese. **Food Research Int.**, v. 29, n. 3-4, p. 381-387, 1996.

EL GAZZAR, F. E. & MARTH, E. H. Ultrafiltration and reverse osmose in dairy technology: a review. **J. Food Protection**, v. 54, n. 10, october, p. 801-809, 1991.

EL SODA, M.; MADKOR, S. A.; TONG, P. S. Evaluation of comercia adjuncts for use in cheese ripening: 3. Properties of heat-shocked adjuncts in buffer and cheese slurry systems. **Milchwissenschaft.**, v.54, n. 5, p. 262-264, 1999.

EL SODA, M.; MADKOR, S. A.; TONG, P. S. Adjunct cultures: recents developments and potencial significance to the cheese industry. **J. Dairy Sci.**, v. 83, p. 609-619, 2000.

EMMONS, D. B.; KALÁB, M.; LARMOND, E.; LOWRIE, R. J. Milk gel structure. X. Texture and microestructure in cheddar cheese made from whole milk and from homogenized low fat milk. **J. Texture Stud.**, v. 11, n. 15-34, 1980.

ENGELS, W. J. M.; VISSER, S. Isolation and comparative characterization of components that contribute to the flavor of different cheese types. **Netherlands Milk and Dairy Journal**, v. 48, p. 127-140, 1994.

FOX, P.F. Proteolysis During Cheese Manufacture and Ripening. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.1379-1400, 1989.

FOX , P. F.; SINGH, T. K.; MCSWEENEY, P. L. H. Biogenesis of flavor compounds in cheese. In: MALIN, E. L.; TUNICK, M. H. (Eds.). **Chemistry of structure/function relationships in cheese** . London: Plenum Press. p. 59-98, 1995.

FOX, P.F.; GUINEE, T.P.; COGAN, T.M.; MCSWEENEY, P.L.H. **Fundamentals of cheese science**. 1998. 587p.

FURTADO, M. M. Formação de sabor amargo em queijos. **Revista do Inst. Latic. Cândido Tostes**, v. 39, n. 234, p. 13-19, 1984.

FURTADO, M. M.; PARTRIDGE, J. A. Characterization of Nitrogen Fractions During Ripening of a Soft Cheese Made from Ultrafiltration Retentates. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2877-2884, 1988.

FURTADO, M. M.; LOURENÇO NETO, J. P. M. L. **Tecnologia de Queijos.**

Manual Técnico para a Produção Industrial de Queijos. São Paulo:

Dipemar, 1994. Cap. 15: Minas Frescal, p. 73-75., 1994

GREEN, M. L.; GLOVER, F. A.; SCURLOCK, E. M. W.; MARSHALL, R. J.;

HATFIELD, R. S. Effect of use of milk concentrated by ultrafiltration on the manufacture and ripening of cheddar cheese. **J. Dairy Research**, v. 48, p. 333-341, 1981.

GREEN, M. L.; ANDERSON, J. S. M.; GRIFFIN, M. C. A.; GLOVER, F. A.

Chemical Characterization of Milk Concentrated by Ultrafiltration. **Journal of Dairy Research**, v.51, n. 2, p. 267-278, 1984.

HICKEY, M. W.; VERSTAEER, C. Mozzarella cheese with ultrafiltration retentate.

Austr. J. Dairy Technol., v. 48, p. 44-48, 1993.

HINRICHS, J. Incorporation of whey proteins in cheese. **Int. Dairy J.**, v. 11, p. 495-

503, 2001.

ISEPON, J. S.; OLIVEIRA, J. A. Variação do índice de proteólise na aceitabilidade

do queijo tipo Minas frescal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 15, n. 1, p. 1-5, 1995.

JAMESON, G. W. Cheese with less fat. **Aust. J. dairy Technol.**, november, p. 93-98, 1990.

JOHNSON, J.; ETZEL, M. Properties of *Lactobacillus helveticus* CNRZ-32 attenuated by spray drying, freeze-drying or freezing. **J. Dairy Sci.**, v. 78, p. 761-768, 1995.

JOHNSON, M. E.; STEELE, J. L. BROADBENT, J.; WEIMER, B. Manufacture of gouda and flavor development in reduced fat cheddar cheese. **Australian J. Dairy Technol.**, v. 53, p. 67-69, 1998.

KONING, P.J.; BOER, R.; BOTH, P.; NOOY, P.F.C. Comparison of Proteolysis in a Low-fat Semi-hard Type of Cheese Manufactured by Standard and by Ultrafiltration Techniques. **Netherlands Milk Dairy Journal**, v. 35, n.1, p. 35-46, 1981.

KONSTANCE, R. P.; HOLSINGER, V. H. Developments of rheological test methods for cheese. **Food Technol.**, v. 1. p. 105-109, 1992.

KOSIKOWSKI, F. V.; MISTRY, V.V. **Cheese and fermented milk foods**. 3 ed. Westport: AVI, 1997. 728p.

LANE, C. N.; FOX, P. F.; JOHNSTON, D. E.; MCSWEENEY, P. H. L. Contribution of coagulant to proteolysis and textural changes in cheddar cheese during ripening. **Int. Dairy J.**,v. 7, p. 453-464, 1997.

MCGREGOR, J.U.; WHITE, C.H. Effect of Enzyme Treatment and Ultrafiltration on the Quality of Lowfat Cheddar Cheese. **Journal of Dairy Science**,v. 73, n.3, p.571-578, 1990.

MCMAHON, D. J.; ALLEYNE, M. C.; FIFE, R. L.; OBERG, C. J. Use of fat replacers in low fat mozzarella cheese. **J. Dairy Sci.**, v. 79, p. 1911-1921, 1996.

METZER, L. E.; MISTRY, V. V. A new approach using homogenization of cream in the manufacture of reduced fat cheddar cheese. 1. Manufacture, composition and Yield. **J. Dairy Sci.**, v. 77, p. 3506-3515, 1994.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar, Portaria nº. 27, de 13 de janeiro de 1998.

MISTRY, V.V. Low fat cheese technology. **Int. Dairy J.**, v 11, p.413-422, 2001.

O'KEEFFE, a. M.; FOX, P. F.; DALY, C. Proteolysis in cheddar cheese: role of coagulant and starter bacteria. **J. Dairy Research**, v. 45, p. 465-477, 1978.

OLIVEIRA, J. S. **Queijo**. 2^a ed. Campinas: Ícone, 1986. 146p.

OLSON, N. F.; JOHNSON, M. E. Light cheese products: characteristics and economics. **Food Technology**, v. 44, n. 10, p. 93-96, 1990.

PRENTICE, J. H.; LANGLEY, K. R.; MARSHALL, R. J. Cheese reology. In: FOX, P. F. (Ed.) **Cheese: Chemistry, physics and microbiology**. London: Chapman & Hall, 1993. Vol. 1, cap.8, p.303-340.

RAO, V. N. M. **Classification, description and measurement of viscoelastic properties of solid foods**. London, New York: Elsevier Applied Science, 1992. Cap. 1, p. 3-47.

RENNER, E. & ABD EL-SALAM, M. H. **Application of ultrafiltration in the dairy industry**. Elsevier Applied Science. London & New York. .p. 284-288, 1991.

RODRÍGUEZ, J. Recent advances in the development of low-fat cheeses. **Trends in Food Science and Technology**, v.9, p. 249-254, 1998.

RODRÍGUEZ, J.; REQUENA, T.; FONTECHA, J.; GOUDÉDRANCHE, H.; JUÁREZ, M. Effect of different membrane separation technologies (ultrafiltration

and microfiltration) on the texture and microstructure of semihard low fat cheeses. **J. Agric. Food Chem.**, v. 47, p. 558-565, 1999.

SOUZA, M. J.; ARDÖ, Y.; MCSWEENEY, P. L. H. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. **Int. Dairy J.**, v. 11, p. 327-345, 2001.

STEELE, J. L. Contribution of lactic acid bacteria to cheese ripening. In: MALIN, E. L.; TUNICK, M. H. (Eds.). **Chemistry of structure/function relationships in cheese**. London: Plenum Press. p. 209-220, 1995.

WASTRA, P.; JENNESS, R. **Dairy chemistry and physics**. New York: John Wiley, 1984. 423 p.

WOLFSCHOON, A. F.; FURTADO, M. M. Utilização do Pro-Milk MK II na determinação de Proteínas no Queijo Minas Frescal. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.35, n.212, p.3-6, 1980.

**CAPÍTULO 1 - CARACTERIZAÇÃO DE QUEIJOS PRATO
COM REDUZIDO TEOR DE GORDURA
COMERCIALIZADOS NA CIDADE DE CAMPINAS – SP.**

Artigo redigido segundo as normas da Revista Alimentos e Nutrição

Caracterização de queijos Prato com reduzido teor de gordura comercializados na cidade de Campinas – SP¹

Christiane Maciel Vasconcellos BARROS², Ademir J. PETENATE³, Walkiria H. VIOTTO^{2*}

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar três marcas diferentes de queijos Prato com reduzido teor de gordura encontrados no mercado de Campinas - SP, quanto a sua composição, proteólise, capacidade de derretimento, propriedades reológicas, microestrutura e aceitação sensorial. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) na composição dos queijos. A extensão e a profundidade de proteólise foram significativamente ($p<0,05$) maiores ao final de 60 dias de armazenamento refrigerado para o queijo da marca B. Os queijos das marcas A e C se apresentaram menos macios e mais elásticos ao final de 60 dias de armazenamento refrigerado. Nos testes de aceitação sensorial, o queijo da marca B obteve notas significativamente ($p<0,05$) mais altas para os atributos sabor e impressão global, sendo que 70% dos consumidores certamente ou provavelmente comprariam este queijo.

Palavras-chave: queijo Prato, reduzido teor de gordura, proteólise, reologia, sensorial.

²Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. CEP: 13083-970-Campinas-SP, Brasil. walkiria@fea.unicamp.br

³Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica. UNICAMP.

¹ Parte da tese de doutorado em Tecnologia de Alimentos da primeira autora.

* A quem a correspondência deve ser enviada.

ABSTRACT

Composition, proteolysis, melting, reological properties, microstructure and sensory acceptability of three commercial reduced fat Prato cheese, found in the market of Campinas – SP, were evaluated. There was no statistical difference ($p > 0,05$) in cheese composition. The proteolysis extension and depth were significantly higher ($p < 0,05$) at 60 days of refrigerated store for cheese B. The cheeses A and C were firmer and more elastic at 60 days of refrigerated store. Sensory acceptability tests indicated significant differences ($p < 0,05$) among the cheeses for flavor and global impression. Cheese B was better graded than the other cheeses and buying intention grades showed that 70% consumers would certainly or probably buy this cheese.

Key words: Prato cheese, reduced fat, proteolysis, rheology, sensory acceptability.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o queijo Prato é o segundo queijo mais consumido no Brasil e se caracteriza pelo seu sabor suave, consistência macia e por se tratar de um queijo de massa semi-cozida e lavada. Observa-se uma tendência cada vez maior, no seu consumo de forma indireta, ou seja, como ingrediente culinário, em sanduíches.⁵

Esse tipo de queijo, assim como a maioria dos queijos produzidos no país, é fabricada a partir de leite integral. Nas últimas décadas, porém, a crescente preocupação do consumidor em relação à saúde tem causado aumento no consumo de alimentos de baixo teor de gordura^{1, 14}, o que tem levado a indústria láctea a produzir queijo Prato com reduzido teor de gordura.

É desejável que um queijo Prato com reduzido teor de gordura seja similar em sabor, firmeza e textura ao queijo integral. A textura dos queijos é afetada por mudanças na composição, microestrutura, do estado físico-químico dos componentes do queijo, da força das interações entre os elementos estruturais que o compõe e de sua macroestrutura⁸.

De um modo geral, queijos com reduzido teor de gordura são menos aceitos pelos consumidores por apresentarem textura mais dura, ausência de aroma característico e problemas de sabor amargo e baixa intensidade de sabor^{6, 7, 11}.

Diante disso, várias alternativas têm sido usadas para melhorar a qualidade sensorial desses queijos, incluindo: a) modificações na tecnologia de fabricação; b) uso de culturas adjuntas; e c) o uso de miméticos.

Como não há na literatura nenhum trabalho sobre as características físico-químicas e sensoriais do queijo Prato com reduzido teor de gordura, o objetivo desse trabalho foi caracterizar os queijos Prato com reduzido teor de gordura encontrados no mercado de Campinas - SP, quanto a sua composição, proteólise, propriedades reológicas, microestrutura e aceitação sensorial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta e amostragem

Amostras comerciais de três marcas diferentes de queijos Prato com reduzido teor de gordura foram coletadas em supermercados da cidade de Campinas, estado de São Paulo. Duas marcas eram provenientes de laticínios do estado de São Paulo e a terceira de Minas Gerais. As marcas foram selecionadas de maneira que apresentassem datas de fabricação semelhantes (entre 30 – 40 dias).

Oito peças (~500g / do mesmo lote), de cada marca de queijo, foram adquiridas e numeradas de um a oito para serem sorteadas em cada dia de análise.

Para todas as análises, foram retiradas e desprezadas fatias de aproximadamente 0,5 cm das laterais e das partes superior e inferior. A parte central foi preparada em função de cada tipo de análise. Para a composição química, pH e acidez titulável a parte central da peça foi cortada em cubos e triturada em multiprocessador, até obtenção de partículas de 2-3 mm. O material assim obtido foi homogeneizado manualmente, acondicionado em frascos de vidro

e mantidos sob refrigeração (12 °C) até o momento das análises. Para a capacidade de derretimento, análises reológicas, microestrutura e análise sensorial foram adotados preparos diferenciados das amostras, mostrados nos itens 2.3.3, 2.4, 2.5 e 2.6, respectivamente.

As três marcas selecionadas apresentavam concentrado protéico de soro (CPS) em sua formulação e uma delas apresentava, também, a adição de cultura adjunta.

2.2. Composição Química

Os queijos, ao serem adquiridos, foram submetidos, a análises de: pH, pelo método potenciométrico; acidez titulável ²; gordura pelo método de Gerber ¹⁴; umidade pelo método gravimétrico, em estufa de circulação forçada, a 100°C/24 horas ²; sal pelo método de Volhard ¹⁸; cálcio por digestão úmida do queijo, seguida de titulação com EDTA, na presença de murexida ²¹; nitrogênio total, pelo método de Kjeldahl ²; nitrogênio não protéico, através da determinação de nitrogênio total na fração solúvel em ácido tricloroacético (TCA) 12% ²; e nitrogênio não caseíco, através da determinação de nitrogênio total na fração solúvel a pH 4,6 ³. Os valores de nitrogênio foram multiplicados pelo fator 6,38 para obtenção dos valores equivalentes de proteína. Todas as análises foram realizadas em triplicatas exceto pH e acidez titulável (duplicata).

2.3. Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado

2.3.1. Avaliação do pH e da acidez titulável

Após 30 e 60 dias de armazenamento refrigerado a 12°C, o pH e a acidez titulável do queijo foram avaliados.

O pH foi determinado pelo método potenciométrico e a acidez titulável foi realizada conforme A.O.A.C.². As duas análises foram realizadas em duplicata.

2.3.2. Nitrogênio solúvel a pH 4,6 e em TCA 12%

A proteólise dos queijos foi monitorada após 30 e 60 dias de armazenamento refrigerado (12°C) através da determinação dos teores de nitrogênio solúvel em tampão acetato a pH 4,6 e em ácido tricloroacético 12%. As análises foram realizadas em triplicata, de acordo com Bynum & Barbano³, seguido por macro Kjeldahl².

Os índices de extensão e profundidade de proteólise foram determinados de acordo com as equações (1) e (2), respectivamente:

$$\text{Extensão da proteólise} = \frac{(\% \text{nitrogênio solúvel a pH 4,6}) \times 100}{\% \text{nitrogênio total}} \quad (1)$$

$$\text{Profundidade da proteólise} = \frac{(\% \text{nitrogênio solúvel em TCA 12\%}) \times 100}{\% \text{nitrogênio total}} \quad (2)$$

2.3.3. Capacidade de derretimento

Após 30 e 60 dias de armazenamento refrigerado a 12°C, os queijos foram avaliados quanto à capacidade de derretimento. Um cilindro da parte central da peça foi retirado com o auxílio de uma sonda de aço inox de 36 mm de diâmetro interno. O cilindro foi fracionado transversalmente com um fatiador de ovo modificado para obter cilindros de 6 mm de altura. O teste foi realizado em seis replicatas segundo o método modificado de Schreiber descrito YUN *et al.*²¹.

Cada um dos cilindros foi colocado em placa de Petri e deixado à temperatura ambiente por 1 hora. Após esse período as placas foram levadas a uma estufa com circulação e renovação de ar a 107°C por 7 minutos. Em seguida foram retiradas, deixadas à temperatura ambiente por 30 minutos e determinado o diâmetro do queijo derretido em quatro direções diferentes separadas por um ângulo de 45°.

2.4. Propriedades reológicas dos queijos: compressão uniaxial e relaxação

O comportamento reológico dos queijos foi avaliado após 30 e 60 dias de armazenamento refrigerado, através de testes de compressão uniaxial e de relaxação. As análises foram realizadas em um texturômetro TA-XT2I, da Texas Instrumentos, ajustado com uma célula de carga de 50 kg. Para o preparo das amostras foram retirados 6 cilindros de 24mm de altura por 20 mm de diâmetro de cada queijo, não sendo utilizados o centro e as bordas. Os cilindros foram então embalados individualmente em filme PVC, acondicionados em sacos plásticos resistentes à penetração de líquidos e mantidos em banho de água gelada a 10°C

por pelo menos 1h e 30 min antes do início dos testes. As amostras foram comprimidas por uma placa de alumínio de 35 mm de diâmetro.

2.4.1. Compressão Uniaxial

No teste de compressão uniaxial, as amostras dos queijos foram comprimidas até 85% de sua altura com uma velocidade de compressão de 1mm/s. Todas as determinações foram realizadas em seis replicatas.

A partir dos dados obtidos, foi calculada a deformação de Hencky (ϵ_H) através da equação (3):

$$\epsilon_H = -\ln[(H(t))/H_0], \quad (3)$$

onde H_0 é a altura da amostra antes da deformação, t é o tempo contado a partir do contato da placa superior e a amostra e $H(t)$ é a altura da amostra no tempo t .

A tensão (σ) foi calculada, assumindo-se deformação cilíndrica e volume constante:

$$\sigma = [F(t)/A_0] \times [H(t)/H_0] \quad (4)$$

onde $F(t)$ e $H(t)$ são, respectivamente a força aplicada e a altura da amostra no tempo t e A_0 é a área inicial da seção transversal da amostra.

As propriedades mecânicas dos queijos Prato com reduzido teor de gordura foram obtidas a partir da curva tensão-deformação (σ - ϵ_H).

A tensão de ruptura (σ_{rup}) foi determinada como a tensão no primeiro ponto de máximo da curva σ - ϵ_H e a deformação de ruptura (ϵ_{rup}) como a deformação correspondente. O módulo de elasticidade (E) foi calculado através do coeficiente linear da parte inicial da curva (comportamento linear). A tensão máxima ($\sigma_{m\acute{a}x}$) foi

determinada como a tensão no ponto em que a amostra foi comprimida a 85% sua altura inicial. O trabalho de ruptura (W_{rup}) foi determinado como a área sob a curva σ - ε_H até o ponto de ruptura. A curva foi ajustada para um polinômio de grau 10, com ordenada na origem, facilitando-se assim os cálculos:

$$\sum_{i=1}^{10} a_i \cdot \varepsilon^i \quad (5)$$

O trabalho de ruptura (W_{rup}) foi então calculado de acordo com a equação (6):

$$W_{rup} = \int_0^{\varepsilon} \sigma_{rup} \cdot d\varepsilon \quad (6)$$

2.4.2. Relaxação

O teste de relaxação foi realizado medindo-se a queda da força durante 10 minutos após a deformação da amostra. A velocidade de compressão foi igual a 1mm/s, e a deformação foi igual a 10% da altura inicial da amostra. Todas as determinações foram realizadas em seis replicatas. As curvas de relaxação foram expressas adimensionalmente usando a relação $F(t) / F_0$ versus tempo, onde $F(t)$ é a força instantânea durante o tempo de relaxação e F_0 é a força inicial imediatamente após a parada do probe.

As curvas obtidas foram ajustadas a um modelo viscoelástico com dois elementos de Maxwell e um elemento elástico em paralelo, conforme a equação abaixo:

$$F^* = F(t)/F_0 = S_0 + S_1 \cdot \exp(-t/\zeta_1) + S_2 \cdot \exp(-t/\zeta_2) \quad (7)$$

onde S_0 , S_1 , S_2 são constantes dependentes das propriedades viscoelásticas do material e ζ_1 e ζ_2 são os tempos de relaxação.

A equação acima também pode ser escrita em termos do módulo de elasticidade:

$$E(t)=E_0+ E_1.\exp(-t/\zeta_1) + E_2.\exp(-t/\zeta_2) \quad (8)$$

onde E_1 , E_2 são os módulos de elasticidade dos elementos 1 e 2 do modelo e E_0 é o módulo de elasticidade de equilíbrio, ou módulo de elasticidade a um tempo infinito.

Os valores de E_0 , E_1 , E_2 foram obtidos através dos coeficientes S_0 , S_1 , S_2 conforme a equação abaixo:

$$E_i=S_i.F_0/\epsilon.A_0 \quad i = 0,1,2 \quad (9)$$

onde A_0 é a área de compressão e $\epsilon = 1 - (H/H_0)$ é a deformação.

O valor da viscosidade do elemento i (η_i) foi obtido pela equação:

$$\eta_i=E_i.\zeta_i \quad (10)$$

2.5. Microestrutura

Os queijos foram submetidos à microscopia eletrônica de varredura (MEV) aos 50 dias de armazenamento refrigerado. As amostras foram preparadas de acordo com a metodologia modificada de TAMIME *et al.*²⁰.

As amostras foram recortadas com lâminas de aço inox novas no tamanho 2,5 x 2,5 x 5 mm, fixadas com glutaraldeído 2% em tampão fosfato de sódio 0,1M pH 7,13 por 1 noite a temperatura ambiente, lavadas c/ tampão fosfato 0,1M (2 x 15 min) e então pós fixadas com tetróxido de ósmio 1% em tampão fosfato 0,1M por 8 hs. Após esse tempo, as amostras foram lavadas novamente com tampão fosfato 0,1M (2 x 15 min) e desidratadas gradualmente usando etanol nas concentrações de 70% (2 x 15 min), 90% (2 x 15 min), 95% (2 x 10 min), 100% (3

x 10 min) e acetona 100% (2 x 30 min). As amostras foram secas em secador de ponto crítico CPD 030 da Balzers, fraturadas a temperatura ambiente, montadas em *stubbs* de alumínio com cola de prata e metalizadas com ouro usando metalizador SCD 050 também da Balzers e levadas para observação ao microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM-5800LV a 10 kV.

2.6. Análise Sensorial

Os queijos Prato com reduzido teor de gordura foram submetidos a um teste sensorial de aceitação aos 60 dias de armazenamento refrigerado. Foram recrutados 40 provadores não treinados dentre alunos e funcionários da FEA. Os provadores foram selecionados em função de consumirem queijo na versão integral e/ou na versão *light*, disponibilidade e interesse em participar do teste. Os testes foram realizados em cabines individuais do Laboratório de Análise Sensorial do DTA, FEA-Unicamp, sob luz branca. As amostras codificadas com números de três dígitos foram apresentadas de forma monádica em pratos descartáveis brancos, cotadas em pedaços de aproximadamente 3 x 2 x 0,5 cm. A temperatura de apresentação foi a de 12 °C. Água e biscoito água e sal foram servidos para o consumo entre a avaliação das amostras. A ordem de apresentação das amostras foi aleatória.

Os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global foram analisados com a utilização de escala estruturada de nove pontos, onde 1 = desgostei muito e 9 = gostei muito. Para a intenção de compra foi utilizado escala estruturada de cinco pontos, onde 1 = certamente não compraria e 5 = certamente compraria.

2.7. Planejamento experimental e análise estatística dos resultados

O delineamento experimental foi do tipo aleatorizado em blocos. Em cada bloco foram avaliados três marcas comerciais de queijo Prato com reduzido teor de gordura, sendo que cada bloco foi executado em triplicata, resultando em nove experimentos. Os resultados da composição química foram analisados através de Análise de Variância (ANOVA), utilizando-se o teste de Duncan para verificar diferenças entre as amostras.

Para a avaliação do pH, acidez titulável, proteólise, capacidade de derretimento e propriedades viscoelásticas foi adotado um delineamento do tipo split-plot, sendo que a sub-parcela foi obtida pela incorporação do fator tempo de armazenamento refrigerado (t). As análises foram realizadas nos dias 30 e 60 de armazenamento refrigerado. O teste de F-ANOVA foi usado para avaliar as diferenças entre as marcas de queijo, entre tempos e a interação tempo *versus* marcas. Foi utilizado o teste de Duncan de comparações múltiplas para agrupar marcas e/ou tempos com médias cujas diferenças não foram estatisticamente significativas.

Os resultados obtidos na análise sensorial foram analisados através de Análise de Variância (ANOVA) e do teste de Tukey.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição química dos Queijos

A Tabela 1 apresenta a composição química média das três marcas de queijos Prato com reduzido teor de gordura coletadas no mercado de Campinas – SP.

Tabela 1. Composição média (n=3) de três marcas de queijos Prato com reduzido teor de gordura.

Componente	Marca A	Marca B	Marca C
Umidade (%)	50,73 ± 2,63 ^a	45,98 ± 1,50 ^a	50,29 ± 2,57 ^a
Gordura (%)	18,75 ± 2,41 ^a	20,60 ± 1,51 ^a	18,58 ± 1,88 ^a
Gordura em base seca (%) ¹	37,96 ± 3,12 ^a	38,14 ± 3,25 ^a	37,34 ± 2,49 ^a
Proteína Total (%)	24,52 ± 1,66 ^a	26,80 ± 2,32 ^a	24,63 ± 1,74 ^a
Caseína (%)	21,97 ± 1,73 ^a	21,22 ± 1,32 ^a	22,18 ± 2,29 ^a
Sal (%)	1,61 ± 0,58 ^a	1,66 ± 0,59 ^a	1,21 ± 0,34 ^a
S/U ²	2,34 ± 0,10 ^a	2,59 ± 0,11 ^a	2,34 ± 0,13 ^a
Cálcio	0,69 ± 0,12 ^a	0,79 ± 0,17 ^a	0,60 ± 0,17 ^a
C:G ³	1,18 ± 0,07 ^a	1,04 ± 0,14 ^a	1,20 ± 0,14 ^a
Acidez (%ácido láctico)	0,57 ± 0,17 ^a	0,59 ± 0,15 ^a	0,59 ± 0,42 ^a
pH	5,38 ± 0,21 ^a	5,52 ± 0,12 ^a	5,42 ± 0,31 ^a

¹Gordura em base seca, ² Relação sal/umidade, ³ Relação caseína/gordura

Em uma mesma linha, médias acompanhadas de letras em comum, não diferem entre si pelo teste de Duncan (p>0,05)

Não houve diferença significativa em relação à composição química das marcas analisadas ao nível de 5% de significância.

Considerando que o teor de gordura de um queijo Prato integral é em média 28% ¹⁰, a redução observada nos queijos A, B e C foi, respectivamente, de 33%, 26,4% e 34% de gordura. Logo, todas as marcas apresentaram a redução mínima no teor de gordura (25%) exigida pela legislação brasileira para produtos com reduzido teor de gordura ¹⁵.

Todos os queijos apresentaram teor de umidade superior ao do queijo Prato integral (~ 43%). Esse aumento está relacionado com a diminuição do teor de gordura dos queijos, que promove uma alteração no balanço dos componentes.

3.2. Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado

3.2.1. Evolução do pH e acidez titulável

Observa-se na Tabela 2, que os queijos apresentaram diferenças não significativas para os valores de pH e acidez titulável, em relação às marcas ($p=0,492$ e $p=0,892$) e durante o tempo de armazenamento refrigerado ($p=0,649$ e $p=0,112$).

Tabela 2. Quadrados médios e probabilidades para evolução do pH, da acidez titulável, da extensão da proteólise e da profundidade da proteólise dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

Fatores	pH			Acidez titulável		Nitrogênio solúvel			
	GL	QM	P	QM	P	pH 4,6		TCA 12 %	
						QM	P	QM	P
Marcas (M)	2	0,0954	0,492	0,2300	0,892	95,5584	0,0045*	53,8883	0,0321*
Erro(a)	4	0,1121		0,1951		3,4498		5,8781	
Tempo (t)	1	0,0054	0,649	0,0378	0,112	49,2440	0,0032*	36,2542	0,0005*
Interação (M*t)	2	0,0031	0,897	0,0072	0,551	0,1457	0,9598	5,2173	0,0314*
Erro(b)	6	0,2333		0,0109		3,5267		0,8010	

GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

3.2.2. Evolução da Proteólise

A Tabela 2 mostra a análise estatística dos índices de extensão e profundidade da proteólise dos queijos Prato com reduzido teor de gordura ao longo do tempo de armazenamento.

3.2.2.1. Extensão da proteólise

A extensão é um fator indicativo da proteólise primária e ocorre principalmente pela ação proteolítica do coalho ou coagulante residual no queijo, sobre a α_{s1} -caseína e, em menor escala sobre a β -caseína dando origem peptídeos de alto e médio peso molecular ^{4,9}.

O tipo de marca influenciou significativamente ($p=0,0045$) a extensão da proteólise, sendo que a marca B foi a que apresentou maior índice. Provavelmente, nessa marca pode ter sido adicionado uma quantidade maior de coalho do que nas outras duas, tendo em vista que o coalho é o principal responsável pela proteólise primária.

Para todas as marcas, houve um aumento significativo nos índices de extensão da proteólise com o tempo ($p=0,0032$), como mostra a Figura 1.

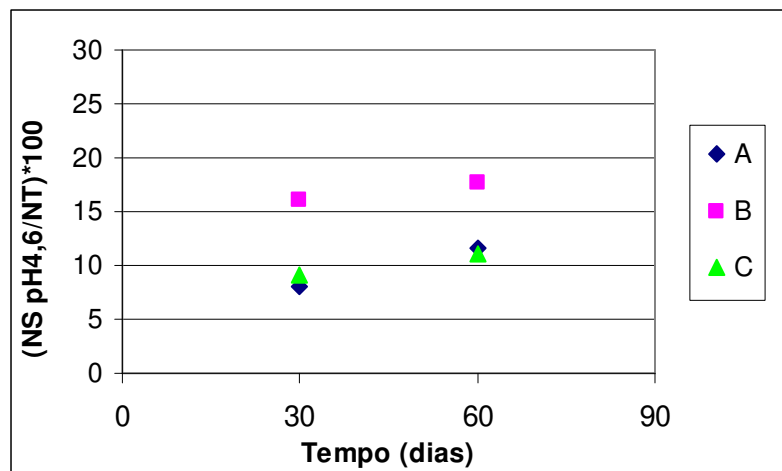


Figura 1. Evolução da extensão da proteólise nos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

3.2.2.2. Profundidade da proteólise

O índice de profundidade está relacionado à presença de enzimas proteolíticas oriundas de microrganismos, que hidrolisam os peptídeos resultantes da ação do coalho e da plasmina sobre as caseínas ⁹.

Houve diferença significativa nos índices de profundidade da proteólise ($p=0,0321$) entre as três marcas comerciais de queijos analisados.

Para marcas A e B, ocorreu um aumento significativo nos índices de profundidade (%NS (TCA 12%)/NT) com o tempo de armazenamento ($p=0,000$), sendo que marca B foi a que apresentou os maiores índices. A Tabela 2 mostra que a interação entre a marca e o tempo também foi significativa ($p = 0,0314$).

A Figura 2 mostra que o queijo B se comportou de maneira diferente dos outros queijos ao longo do tempo. Essa diferença provavelmente está relacionada à adição de

uma cultura adjunta (constituída de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus helveticus*) juntamente com o fermento mesófilo ao leite de fabricação do queijo da marca B (Dados fornecidos pelo fabricante). As culturas adjuntas são adicionadas intencionalmente ao leite destinado à fabricação de queijos, para melhorar ou acelerar o desenvolvimento de sabor dos queijos com reduzido teor de gordura através do aumento da proteólise, especificamente atividade aminopeptidase, a qual reduz o sabor amargo e aumenta a concentração de peptídeos de sabor desejável e precursores voláteis de sabor ^{6, 8}.

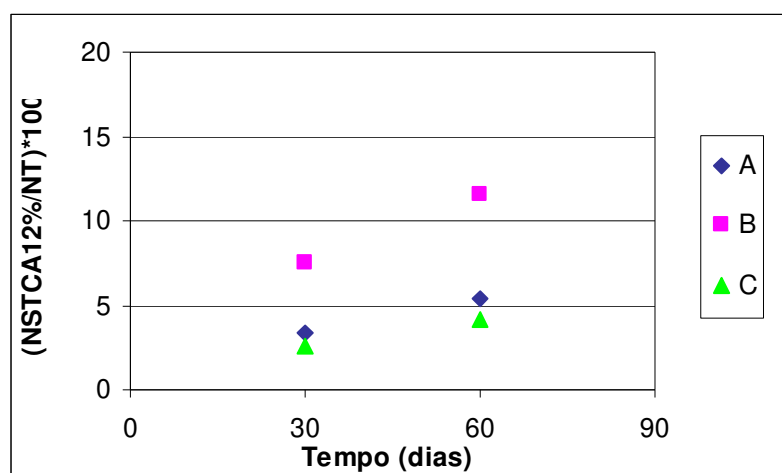


Figura 2. Evolução da profundidade da proteólise nos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

3.2.3. CAPACIDADE DE DERRETIMENTO

A capacidade de derretimento é uma característica importante para queijos, como o caso do Prato que são utilizados como ingrediente culinário.

A marca do queijo não afetou significativamente ($p=1,6733$) a capacidade de derretimento dos queijos (Tabela 3).

Houve um aumento da capacidade de derretimento ($p=0,0037$) ao longo do tempo para as três marcas de queijo. Esse aumento está diretamente ligado ao aumento do índice de extensão da proteólise durante o armazenamento. A proteólise primária, cujo principal responsável é o coalho ou coagulante residual está relacionada com o aumento da capacidade de derretimento do queijo, devido ao enfraquecimento da matriz protéica que faz com que o queijo perca a capacidade de manter sua estrutura durante o aquecimento ¹².

A capacidade de derretimento dos queijos foi mais baixa em relação à de um queijo Prato integral ¹⁹. Com a remoção da gordura, aumenta o teor de proteína e assim a matriz protéica se torna mais rígida e mais compacta, com menor tendência a derreter e fluir ¹⁷.

Tabela 3. Quadrados médios e probabilidades para evolução da capacidade de derretimento dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C

Capacidade de derretimento			
Fatores	GL	QM	P
Marcas (M)	2	15,2023	1,6733
Erro(a)	4	9,0854	
Tempo (t)	1	173,9113	0,0037*
Interação (M*t)	2	0,0642	0,9923
Erro(b)	6	8,2714	

GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

3.3. Propriedades reológicas dos queijos: compressão uniaxial e relaxação

3.3.1. Compressão Uniaxial

Observa-se nas Tabelas 4 e 5, que tanto a marca do queijo quanto o tempo de armazenamento não influenciaram significativamente ($p > 0,05$) as propriedades reológicas avaliadas no teste de compressão uniaxial.

Apesar de não apresentarem diferenças significativas em relação à tensão na ruptura (σ_{rup}), tensão máxima ($\sigma_{m\acute{a}x}$) e trabalho de ruptura (W_{rup}), a Tabela 6 mostra que os queijos apresentaram uma tendência à diminuição dos valores dessas propriedades no decorrer do tempo de armazenamento. A tensão na ruptura é a tensão necessária

para romper a matriz protéica, a tensão máxima é definida como a tensão necessária para comprimir a amostra até 85% de sua altura, e o trabalho de ruptura é definido como a energia necessária para causar a ruptura do material. Essas propriedades estão diretamente relacionadas à firmeza e a dureza do queijo. Logo há uma indicação que os queijos poderiam estar menos firmes e mais macios ao final do tempo de armazenamento refrigerado. Essa diminuição da firmeza e da maciez é decorrente com o aumento da proteólise no durante o tempo armazenamento refrigerado.

Tabela 4. Quadrados médios e probabilidades para tensão de ruptura, deformação de ruptura, tensão máxima e módulo de elasticidade dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

Fatores	GL	Tensão de ruptura		Deformação de ruptura		Tensão máxima		Módulo de elasticidade	
		QM	P	QM	P	QM	P	QM	P
Marcas (M)	2	$5,70 \times 10^8$	0,6690	0,0854	0,5555	$9,90 \times 10^7$	0,7434	$5,56 \times 10^7$	0,8206
Erro(a)	4	$1,28 \times 10^9$		0,1250		$3,10 \times 10^8$		$2,68 \times 10^8$	
Tempo (t)	1	$9,64 \times 10^8$	0,1725	0,3833	0,1559	$4,84 \times 10^8$	0,0906	$5,56 \times 10^3$	0,9992
Interação (M*t)	2	$1,21 \times 10^8$	0,7505	0,0294	0,6696	$1,09 \times 10^7$	0,8776	$4,76 \times 10^8$	0,4385
Erro(b)	6	$4,02 \times 10^8$		0,0685		$8,15 \times 10^7$		$5,02 \times 10^8$	

GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

Tabela 5. Quadrados médios e probabilidades para trabalho na ruptura dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

Fatores	GL	Trabalho na ruptura	
		QM	P
Marcas (M)	2	$7,93 \times 10^7$	0,5301
Erro(a)	2	$8,94 \times 10^7$	
Tempo (t)	1	$9,57 \times 10^8$	0,1022
Interação (M*t)	2	$3,90 \times 10^7$	0,8137
Erro(b)	3	$1,76 \times 10^8$	

GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

Tabela 6. Valores médios de tensão na ruptura (σ_{rup}), tensão máxima ($\sigma_{m\acute{a}x}$) e trabalho na ruptura (W_{rup}) para os queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

	σ_{rup} (Pa)		$\sigma_{m\acute{a}x}$ (Pa)		W_{rup} (J/m ³)	
	Dia 30	Dia 60	Dia 30	Dia 60	Dia 30	Dia 60
Marca A	67458,68 ^a	6313,524 ^a	47557,50 ^a	38402,58 ^a	42717,48 ^a	31282,24 ^a
Marca B	94307,34 ^a	73563,17 ^a	55051,36 ^a	46547,86 ^a	49707,43 ^a	32804,11 ^a
Marca C	79159,26 ^a	60308,80 ^a	51708,49 ^a	38250,50 ^a	49320,24 ^a	32303,26 ^a

Para cada parâmetro, em uma mesma linha, médias acompanhadas de letras em comum, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$)

3.3.2. Relaxação

O modelo generalizado de Maxwell foi capaz de descrever satisfatoriamente o comportamento viscoelástico dos queijos, já que as curvas experimentais obtidas apresentaram boa correlação ($R^2>0,99$). As curvas experimentais foram ajustadas utilizando-se o programa *Statistica*[®]. Para o cálculo dos módulos de elasticidade E_0 , E_1 , E_2 e as viscosidades η_1 e η_2 foram utilizados os parâmetros S_0 , S_1 , S_2 , ζ_1 e ζ_2 , respectivamente conforme descrito no item 2.4.2.

A Tabela 7 mostra que a marca influenciou significativamente ($p<0,05$) quase todos os parâmetros viscoelásticos dos queijos.

O teste de Duncan de comparação múltiplas revelou que as marcas B e C diferiram significativamente ($p<0,05$) da marca A. Os valores dos módulos de elasticidade e viscosidade da marca A foram superiores aos valores para as marcas B e C. A elasticidade é definida como a tendência do material de recuperar

sua forma original quando uma tensão aplicada é removida. Isso significa que quanto maior a tendência à recuperação maior será a elasticidade. Já a viscosidade é uma medida da resistência do corpo à deformação, quando este é submetido a uma tensão e, reflete na maciez do queijo. Quanto maior a resistência à deformação, menor será a maciez do queijo ⁸. Pode-se dizer, então, que a marca A apresentou-se menos macia e mais elástica que as marcas B e C.

Tabela 7. Quadrados médios e probabilidades para os módulos de elasticidade E_0 , E_1 , E_2 e para as viscosidades η_1 e η_2 dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

Fatores	GL	E_0		E_1		E_2		η_1		η_2	
		QM	P	QM	P	QM	P	QM	P	QM	P
Marcas (M)	2	$1,71 \times 10^8$	0,0471*	$3,47 \times 10^8$	0,0088*	$3,00 \times 10^8$	0,0159*	$8,83 \times 10^{10}$	0,0030*	$2,89 \times 10^{13}$	0,0055*
Erro(a)	4	$2,22 \times 10^7$		$1,80 \times 10^7$		$2,17 \times 10^7$		$2,57 \times 10^9$		$1,15 \times 10^{12}$	
Tempo (t)	1	$1,31 \times 10^8$	0,0001*	$4,74 \times 10^9$	0,0000*	$2,34 \times 10^9$	0,0000*	$4,47 \times 10^{12}$	0,0000*	$7,70 \times 10^{13}$	0,0000*
Interação (M*t)	2	$1,63 \times 10^7$	0,0090*	$4,44 \times 10^8$	0,0048*	$3,00 \times 10^8$	0,0022*	$1,97 \times 10^{10}$	0,0069*	$2,95 \times 10^{12}$	0,0340*
Erro(b)	6	$1,43 \times 10^6$		$3,01 \times 10^7$		$1,50 \times 10^7$		$1,54 \times 10^9$		$4,72 \times 10^{11}$	

GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

A Tabela 8 mostra que durante o tempo de armazenamento a variação dos parâmetros também foi significativa ($p < 0,05$). Os módulos de elasticidade e a viscosidade de todos os elementos do modelo diminuíram durante o armazenamento refrigerado para essas duas marcas. A redução do módulo de elasticidade indica uma diminuição na tendência do material a recuperar sua forma original, quando uma tensão aplicada é removida. Essa diminuição está relacionada com a proteólise primária que provoca uma redução na firmeza e na elasticidade dos queijos tornando-os mais macios, menos firmes e menos elásticos. Durante a proteólise secundária, enzimas provenientes da cultura láctica, cultura adjunta ou de bactérias contaminantes são responsáveis pela continuação do processo ⁹. A diminuição da viscosidade em função do tempo mostrou que as marcas B e C apresentaram uma textura mais macia e menos firme no final do tempo de armazenamento refrigerado. Os resultados obtidos concordam com os resultados obtidos para os índices de extensão e profundidade (Tabela 2) durante o armazenamento refrigerado.

A interação entre a marca e o tempo também foi significativa para todos os parâmetros do modelo, indicando que as marcas se comportaram de maneira diferente ao longo do tempo.

Tabela 8. Valores módulos dos elasticidade E_o , E_1 , E_2 e das viscosidades η_1 e η_2 dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

	E_o		E_1		E_2		η_1		η_2	
	Dia 30	Dia 60	Dia 30	Dia 60	Dia 30	Dia 60	Dia 30	Dia 60	Dia 30	Dia 60
Marca A	26254,24 ^a	22902,22 ^b	87541,13 ^a	69711,15 ^b	71050,36 ^a	55879,31 ^b	964389,75 ^a	729279,63 ^b	13580756,42 ^a	10268863,8 ^b
Marca B	18496,10 ^a	92850,97 ^b	95535,63 ^a	44108,87 ^b	73257,31 ^a	34125,41 ^b	901302,75 ^a	457204,46 ^b	10665615,95 ^a	4908300,56 ^b
Marca C	20960,41 ^a	17312,44 ^b	77679,05 ^a	47423,82 ^b	56785,40 ^a	39298,77 ^b	756261,93 ^a	479589,56 ^b	10259382,25 ^a	6917495,00 ^b

Para cada parâmetro, em uma mesma linha, médias acompanhadas de letras em comum, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p>0,05$)

3.4. Microestrutura

As microestruturas dos queijos Prato comerciais de reduzido teor de gordura são mostrados na Figura 3, em aumento de 1500 vezes.

Nos três queijos observa-se uma estrutura semelhante a uma esponja, com uma rede tridimensional continua e densa denominada matriz protéica que apresenta volumes esvaziados de diferentes diâmetros. Com a diminuição do teor de gordura os queijos tendem a apresentar uma matriz protéica mais densa que os queijos integrais ¹⁷. Os glóbulos de gordura, representados por volumes com diâmetro menor, encontram-se uniformemente distribuídos na matriz.

A marca A apresentou volumes de glóbulos de gordura com diâmetro maior do que as outras duas marcas. Como não houve diferença significativa entre o teor de gordura das marcas, esse aumento, provavelmente, foi resultado de alguma alteração sofrida durante o processamento que pode ter causado injúrias na membrana lipoprotéica dos glóbulos, rompendo a mesma provocando a coalescência dos glóbulos de gordura.

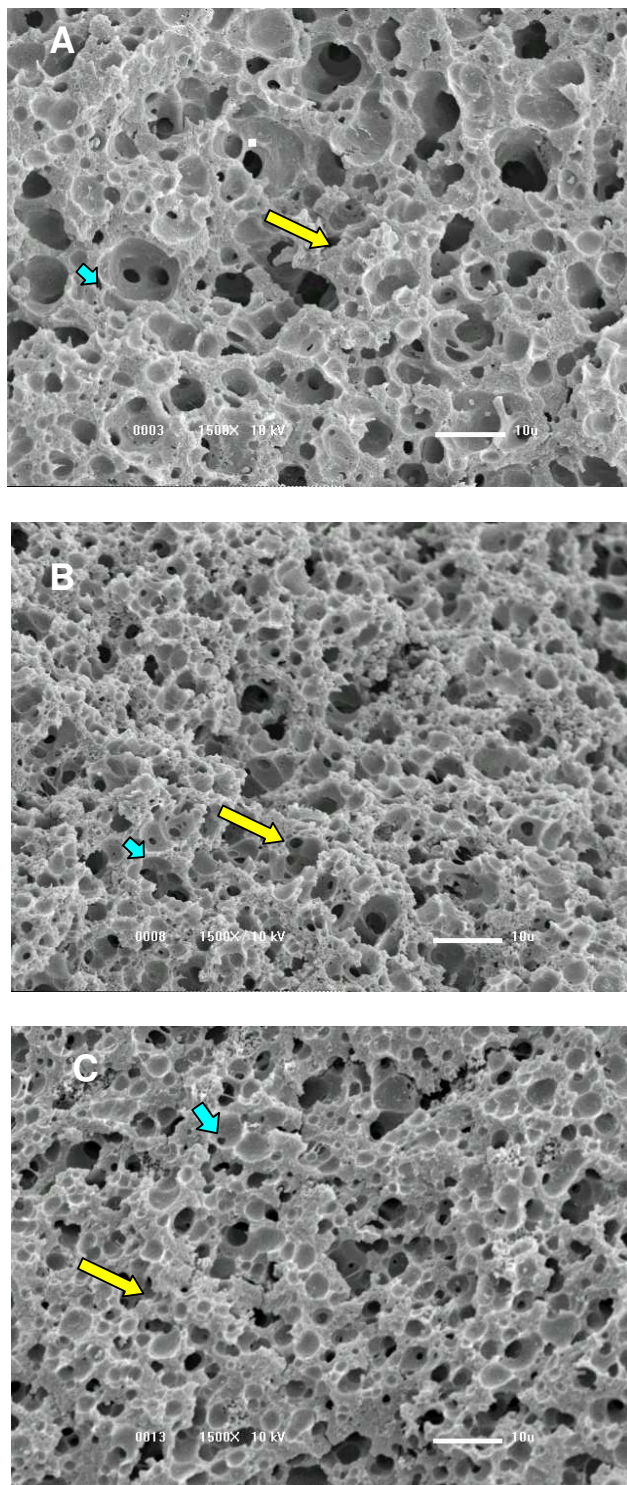


Figura 3. Queijo Prato comercial com reduzido teor de gordura; após 50 de armazenamento refrigerado. A) queijo marca A; B) queijo marca B; C) queijo marca C. Setas amarelas: matriz protéica; Setas azuis: espaços ocupados pela gordura.

3.5. Análise Sensorial

As médias de aceitação dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura avaliados após 60 dias de armazenamento refrigerado encontram-se expressas na Tabela 9, para os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global. Em geral, as amostras apresentaram boa aceitação, com médias variando entre 6 (gostei ligeiramente) e 7 (gostei moderadamente) para sabor e impressão global. Os atributos de aparência, aroma e textura foram muito bem avaliados pelos provadores, obtendo médias entre 7 (gostei variando de gostei ligeiramente e gostei muito).

TABELA 9. Médias de aceitação atribuídas pelos provadores para as amostras de queijos Prato comerciais de reduzido teor de gordura. (n= 40 provadores)

ATRIBUTOS	A	B	C
Aparência ¹	7,35 ^a	7,48 ^a	7,63 ^a
Aroma	7,38 ^a	7,48 ^a	7,35 ^a
Sabor	6,38 ^b	7,23 ^a	6,30 ^b
Textura	7,23 ^a	7,58 ^a	7,30 ^a
Impressão global	6,90 ^a	7,28 ^a	6,98 ^a
Intenção de compra ²	3,70 ^b	4,13 ^a	3,65 ^b

Em uma mesma linha, médias acompanhadas de letras em comum, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

¹ 1 = desgostei muito, 9 = gostei muito

² 1 = certamente não compraria, 5 = certamente compraria

Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) na aceitação dos queijos para os atributos aparência, aroma, textura e impressão global.

Apesar do reduzido teor de gordura dos queijos comerciais, as médias para o atributo textura foram altas. Tal fato pode ser explicado pela adição de concentrado protéico de soro (CPS) usado como mimetizador de gordura, o que aumenta a capacidade de retenção de água. Nesse caso, a água substituiu em certo grau o papel da gordura, atuando como lubrificante entre os agregados de caseína fazendo com que o queijo apresentasse uma textura mais macia, que provavelmente agradou aos provadores.

O queijo B apresentou médias de aceitação para os atributos sabor (Figura 4) e intenção de compra significativamente ($p < 0,05$) superiores às demais amostras. O melhor sabor possivelmente se deve a ação da cultura adjunta adicionada à este queijo, a qual, no decorrer do tempo de armazenamento refrigerado aumentou os índices de proteólise secundária através do aumento da atividade proteolítica.

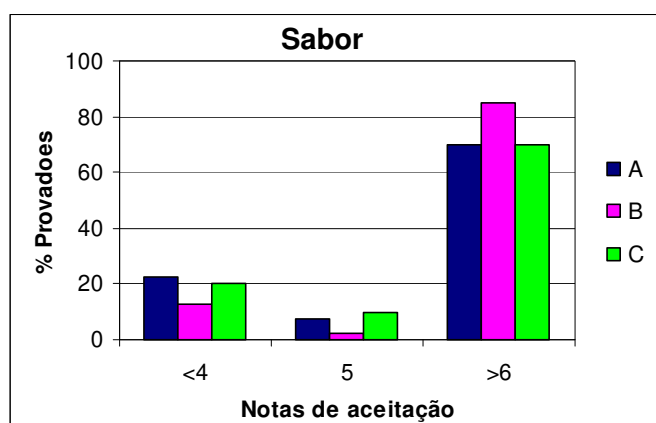


Figura 4. Histograma de frequências das notas de aceitação dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura em relação ao atributo sabor.

A Figura 5 mostra o histograma de freqüências para o atributo intenção de compra. A percepção de um melhor sabor na marca B foi decisiva na intenção de compra do queijo pelos consumidores. Cerca de 70% dos provadores certamente ou provavelmente comprariam o queijo Prato com reduzido teor de gordura da marca B, indicando uma melhor aceitação em relação às marcas A e C.

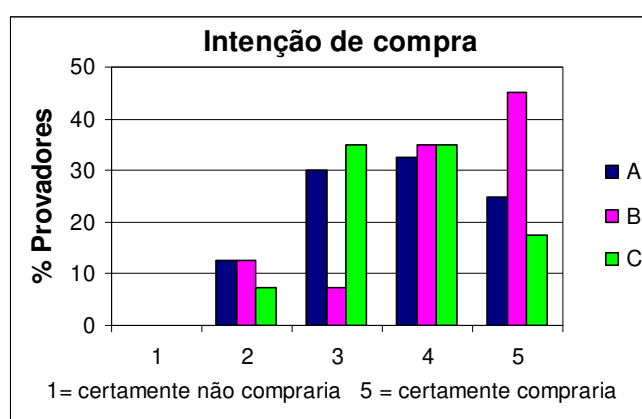


Figura 5. Histograma de freqüências da avaliação sensorial dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura em relação à intenção de compra.

4. CONCLUSÕES

Dentre as três marcas analisadas, os queijos da marca B apresentaram os maiores índices de profundidade de proteólise, maior maciez e menor elasticidade e uma melhor aceitação sensorial. A adição de uma cultura adjunta nessa marca, provavelmente, contribuiu para a proteólise secundária mais pronunciada e conseqüentemente para melhoria nas propriedades reológicas e sensoriais dos queijos, já que 70% dos consumidores afirmaram que certamente ou provavelmente comprariam esse produto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKOH, C. C. Fat Replacers. **Food Technology**, v.52, n.3, p.47-53, 1998.
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington, 1995. 109 p.
3. BYNUM, D. G.; BARBANO, D. M. Whole milk reverse osmosis retentates for cheddar cheese manufacturing: chemical changes during ageing. **Journal of Dairy Science**, v. 68, n. 1, p. 1-10, Jan., 1985.
4. CHOISY, C.; DESMAZEAUD, M.; GRIPON, J. C.; LAMBERET, G.; LENOIR, J.; TOURNEUR, C. Les phénomènes microbiologiques et enzymatiques et la biochimie de l'affinage. In: ECK, A. ed. **Le fromage**, Paris Technique et Documentation , 1987, p. 62-100.
5. COSTA JÚNIOR, L. C. G.; PINHEIRO, A. J. R. Influência da relação caseína/gordura nas características físico-químicas do queijo Prato. **Rev. ILCT**, set/dez, v. 305, n. 53, p. 29-49, 1998.
6. DRAKE, M. A.; BOYLSTON, T. D.; SWANSON, B. G. Chemical and sensory effects of *Lactobacillus adjunct* in cheddar cheese. **Food Research Int.**, v. 29, n. 3-4, p. 381-387, 1996.
7. DRAKE, M. A.; BOYLSTON, T. D.; SWANSON, B. G. Fat mimetics in low-fat cheddar cheese. **J. Food Sci.**, v. 61, n. 6, 1996.
8. FOX, P.F.; GUINEE, T.P.; COGAN, T.M.; MCSWEENEY, P.L.H. **Fundamentals of cheese science**. 1998, 587p.

9. FOX, P.F. Proteolysis During Cheese Manufacture and Ripening. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.1379-1400, 1989.
10. FURTADO, M. M.; LOURENÇO NETO, J. P. M. L. **Tecnologia de Queijos. Manual Técnico para a Produção Industrial de Queijos**. São Paulo: Dipemar, 1994. Cap. 15: Minas Frescal, p. 73-75., 1994
11. JONHSON, M. E.; CHEN, C. M. Technology of manufacturing reduced-fat cheddar cheese. In: MALIN, E. L.; TUNICK, M. H. **Chemistry of structure – Function relationships in cheese**. New York, London: Plenum Press, 1995. Cap. 21, p. 331-338.
12. KINDSTEDT, P. S. Effect of manufacturing factors, composition and proteolysis on the functional characteristics of Mozzarella cheese. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n.2, p. 167-187, 1993.
13. KONDYLI, E.; KATSIARI, M. C.; MASOURAS, T.; VOUTSINAS, L. P. Free fatty acids and volatile compounds of low-fat Feta-type cheese made with a commercial adjunct culture. **Food Chemistry**, v. , p. 2002.
14. KOSIKOWSKI, F. V.; MISTRY, V.V. Cheese and fermented milk foods. 3ed. Westport: AVI, 1997. 728p.
15. MINISTÉRIO DA SAÚDE – SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar, Portaria nº. 27, de 13 de janeiro de 1998.
16. MISTRY, V. V.; ANDERSON, D. L. Composition and microstruture of comercial full-fat and low-fat cheeses. **Food Structure**, v.12, n.2, p. 259-266, 1993.

17. MISTRY, V.V. Low fat cheese technology. **Int. Dairy J.**, v 11, p.413-422, 2001.
18. RICHARDSON, G.H. **Standard Methods for Examination of Dairy Products**. American Publ. Health Assoc, Washington, 1985.
19. SPADOTI, L. M. Avaliação de propriedades do queijo tipo Prato obtido por modificações no processo tradicional de fabricação. 229p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
20. TAMIME, A. Y.; KÁLAB, M.; DAVIES, G.; YOUNIS, M. F. Microstructure and firmness of processed cheese manufactured from cheddar cheese and skim milk powder cheese base. **Food Structure**, v. 9, p. 23-37, 1990.
21. TARAS, M. J. Standard methods for the examination of water and waste water. **American Public Health Association**, 1971.
22. YUN, J. J.; KIELY, L. J. , KINDSTEDT, P. S.; BARBANO, D. M. Mozzarella Cheese: impact of milling pH on functional properties. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3639-3647, 1993.

CAPÍTULO 2 – PERFIL SENSORIAL DE QUEIJOS PRATO COM REDUZIDO TEOR DE GORDURA COMERCIALIZADOS NA CIDADE DE CAMPINAS – SP.

Artigo redigido segundo as normas da Food Quality and Preference

Perfil sensorial de queijos Prato com reduzido teor de gordura comercializados na cidade de Campinas – SP

Christiane M. V. BARROS ^a, Helena M. A. BOLINI ^b, Walkiria H. VIOTTO ^{a*}

^a Departamento de Tecnologia de Alimentos, FEA, UNICAMP, SP, Brasil.

^b Departamento de Alimentos e Nutrição, FEA, UNICAMP, SP, Brasil.

* Autor responsável: walkiria@fea.unicamp.br

Resumo

Dez provadores selecionados e treinados desenvolveram terminologia descritiva e perfil sensorial de três marcas de queijo Prato, com reduzido teor de gordura, comercializados na cidade de Campinas - SP, utilizando o método de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ). Oito termos descritores foram gerados pela equipe. Os dados foram analisados por Análise de variância (ANOVA), teste de Tukey e Análise de Componentes principais. Os resultados indicaram diferenças no perfil sensorial das três amostras. Os descritores mais importantes na discriminação das amostras foram intensidade da cor amarela, gosto ácido, gosto amargo, gosto salgado e sabor característico de queijo Prato integral.

Palavras-chave: queijo Prato com reduzido teor de gordura, análise sensorial, análise descritiva quantitativa.

Abstract

Ten individuals, selected as panellists, developed the descriptive terminology and sensory profile for three brands of low fat Prato cheese commercialised in Campinas, SP, Brazil, using the Quantitative Descriptive Analysis (QDA) method. The sensory panel generated eight descriptors and the data collected was analysed by ANOVA, Tukey's test and the Principal Component Analysis (PCA). The results showed differences between the sensory profiles of the three samples. The most important descriptors were higher intensity of yellow colour, sourness, salty taste and typical flavour of full fat Prato cheese.

Keywords: low-fat Prato cheese, sensory evaluation, Quantitative Descriptive Analysis

1. INTRODUÇÃO

O queijo Prato, um queijo de massa semi-cozida e lavada, se caracteriza pelo sabor suave e consistência macia. Essas características sensoriais o tornaram um queijo bastante apreciado, sendo o segundo queijo mais consumido no Brasil.

Em razão da associação da gordura com a obesidade e doenças cardiovasculares, tem havido um aumento da demanda por queijos com reduzido teor de gordura, entre eles, o Prato. O crescimento só não é maior, em razão dos

defeitos sensoriais atribuídos aos queijos Prato com reduzido teor de gordura como aroma fraco, sabores indesejáveis e textura muito firme e elástica. A indústria láctea brasileira tem usado mimetizadores de gordura à base de proteínas de soro para melhorar as características de textura do queijo.

O sabor e a textura são atributos fundamentais e determinantes na qualidade e aceitação do queijo Prato pelos consumidores. No entanto, são encontrados poucos estudos publicados sobre avaliação sensorial desse queijo envolvendo a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), desenvolvida por Stone, Sidel, Oliver, Woolsey & Sinon (1974). A ADQ permite uma completa descrição e quantificação de todas as propriedades sensoriais de um produto e representa um dos métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial na atualidade (Meilgaard, Civille & Carr, 1999).

Como não há informações na literatura científica sobre as definições do perfil sensorial de queijo Prato com reduzido teor de gordura, o objetivo desse trabalho foi determinar o perfil sensorial dos queijos Prato, com reduzido teor de gordura, comercializados na cidade de Campinas – SP, utilizando-se a ADQ.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas amostras de três diferentes marcas de queijos Prato, com reduzido teor de gordura, adquiridas em supermercados da cidade de Campinas – SP. As amostras foram servidas em pratos descartáveis brancos, cortadas em pedaços de aproximadamente 3 x 2 x 0,5 cm. A temperatura de apresentação foi a

de 12 °C. Os testes foram conduzidos no Laboratório de Análise Sensorial do DTA, FEA-UNICAMP.

2.1. Pré-seleção dos candidatos

Foram pré-selecionados vinte indivíduos, alunos de pós-graduação, graduação e funcionários da UNICAMP, consumidores de queijos, porém sem experiência em análise descritiva de queijos. Foram aplicados uma série de testes triangulares para avaliar o poder discriminativo desses indivíduos em detectar diferenças entre amostras de queijo Prato, com reduzido teor de gordura, apresentando diferenças sensoriais moderadas. Os provadores selecionados para fazerem parte da equipe foram os que obtiveram mais de 70% de acertos nos testes triangulares (Meilgaard, Civille & Carr, 1999).

2.2. Desenvolvimento da tecnologia descritiva

Os provadores previamente selecionados desenvolveram uma lista de termos sensoriais descritivos das amostras, utilizando o Método de Rede descrito por Kelly e citado por Moskowitz (1983). As amostras de queijos Prato com reduzido teor de gordura foram servidas aos pares, de forma que cada amostra fosse comparada com as outras duas amostras. Os provadores foram solicitados a avaliarem as amostras e descreverem suas similaridades e diferenças, quanto à aparência, aroma, sabor e textura.

Após todas as amostras terem sido avaliadas aos pares, uma lista única de termos foi elaborada pela equipe sensorial, contendo os termos mais usados para descrever similaridades e diferenças entre as amostras. Durante esta fase do

trabalho, a equipe sugeriu amostras de referência para cada extremo da escala, em relação a cada descritor gerado incluindo referências de intensidade, as quais foram posteriormente utilizados para treinamento dos provadores.

Uma ficha descritiva foi consensualmente gerada pelos provadores, associando-se a cada descritor, uma escala não estruturada de 9 cm, ancorada nos extremos esquerdo e direito, em termos como nenhum/fraco e forte respectivamente.

O treinamento da equipe descritiva foi realizado com as próprias amostras a serem avaliadas. Durante as sessões de avaliação, os provadores tinham à sua disposição a tabela com as definições dos termos descritivos e eram orientados a avaliar as amostras de referência para os atributos julgados. Posteriormente, os provadores recebiam as amostras de queijos codificadas com números de 3 dígitos e em cabines individuais avaliavam as amostras utilizando a ficha descritiva consensualmente gerada. Finalmente os resultados de cada provador eram discutidos com a equipe com o objetivo de uniformizar as avaliações, entre os provadores e gerar melhores referências.

2.3. Seleção final dos provadores

Após o período de treinamento, procedeu-se uma seleção final dos provadores, onde cada provador avaliou as três amostras em três repetições. As amostras foram servidas de forma monádica. Os resultados individuais de cada provador, para cada atributo, foram estatisticamente avaliados através de Análise de Variância (ANOVA), tendo como causas de variação: as amostras e as repetições. Os níveis de significância (p) dos valores de F_{amostra} e $F_{\text{repetição}}$ foram

computados para cada provador e para cada atributo. Dez provadores foram selecionados, considerando-se o seu poder discriminativo ($pF_{\text{amostra}} \leq 0,50$), a repetibilidade dos resultados ($pF_{\text{repetição}} \geq 0,05$) e o consenso com a equipe sensorial (Stone, Sidel, Oliver, Woolsey & Sinon, 1974; Powers, 1984).

2.4. Avaliação sensorial das amostras

Para a definição do perfil sensorial de cada amostra de queijo Prato com reduzido teor de gordura, os dez provadores selecionados avaliaram cada uma das três amostras, em três repetições. As intensidades dos atributos sensoriais foram avaliadas em escalas não estruturadas de 9 cm, com os termos de intensidade (fraco/forte ou nenhum/muito) ancorados em seus extremos.

2.5. Análise estatística dos resultados

O programa estatístico SAS[®] (2003) foi utilizado na análise dos resultados através da Análise de Variância (ANOVA) de duas fontes de variação: provadores e repetição, teste de comparação de médias de Tukey (ao nível de significância de 5%) e Análise de Componentes Principais (ACP).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Oito termos descritores foram desenvolvidos pelos provadores para descrever as similaridades e diferenças entre as amostras de queijo Prato comercial analisadas, com reduzido teor de gordura. Na Tabela 1 são apresentadas definições para cada termo descritivo desenvolvido pela equipe

sensorial, bem como as referências que ancoraram os extremos das escalas durante o treinamento dos provadores.

Tabela 1

Definição dos termos descritivos e referências usadas como extremos de escala de intensidade na ADQ das amostras de queijo Prato comerciais com reduzido teor de gordura.

<i>Atributo</i>	<i>Abreviação</i>	<i>Definição</i>	<i>Referências</i>
Cor amarela	cor	Sensação produzida pela estimulação da retina pelos raios luminosos de comprimentos de onda da cor amarela.	Fraca - queijo fundido Polenguiño®. Forte - queijo processado UHT Polenghi® Sandwich-In sabor cheddar.
Aroma ácido	arom	Aroma característico de ácido láctico	Nenhum – água destilada. Forte – iogurte natural marca Danone.
Gosto ácido	acid	Gosto característico de solução de ácido láctico	Nenhum – água destilada. Forte – iogurte natural marca Danone.
Gosto amargo	amarg	Gosto característico de uma solução de cafeína	Nenhum – água destilada. Forte – solução aquosa de cafeína a 1g/L.
Gosto salgado	salg	Sabor característico de solução de cloreto de sódio	Fraco – solução a 0,8g de cloreto de sódio/ L água. Forte – solução aquosa a 10g/L.
Sabor de queijo Prato integral	qp	Sabor característico do queijo Prato integral.	Fraco – queijo Prato marca Quatá com 15 dias de fabricação aproximadamente. Forte – queijo Prato marca Quatá maturado (35 a 40 dias de fabricação).
Maciez	mac	Propriedade de textura em relação à força necessária para obter uma deformação, penetração e/ou cisalhamento.	Pouco – castanha de caju marca Iracema. Muito – queijo fundido Polenguiño®.
Borrachento	borr	propriedade de textura em relação ao tempo necessário (ou ao número de mordidas necessárias) para mastigar um produto sólido a fim de o tornar pronto para ser ingerido.	Pouco – queijo fundido Polenguiño®. Muito – goma de mascar Babaloo.

As médias das notas atribuídas pelos provadores treinados por atributo para cada marca de queijo Prato comercial com reduzido teor de gordura são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2

Média das notas atribuídas, pelos provadores treinados, por atributo para as amostras de três marcas comerciais de queijo Prato com reduzido teor de gordura.

ATRIBUTOS	MARCA A	MARCA B	MARCA C
Cor amarela	5,51 ^a	6,07 ^a	2,37 ^b
Aroma ácido	3,23 ^a	3,14 ^a	2,89 ^a
Gosto ácido	2,58 ^{a,b}	3,29 ^a	1,98 ^b
Gosto amargo	2,32 ^a	2,19 ^a	1,18 ^b
Gosto salgado	3,43 ^b	4,08 ^a	2,67 ^c
Sabor de queijo Prato integral	3,50 ^b	6,01 ^a	2,51 ^c
Maciez	3,43 ^a	3,31 ^a	3,37 ^a
Borrachento	2,98 ^a	3,08 ^a	3,30 ^a

Em uma mesma linha, médias acompanhadas de letras em comum, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

0 = nenhum/fraco 9 = forte

Os perfis sensoriais de cada um dos três queijos são mostrados graficamente na Fig.1, onde o valor médio atribuído pelos provadores a cada descritor é marcado na coordenada polar correspondente. O centro da figura representa o ponto zero da escala utilizada na avaliação, com a intensidade

aumentando do centro para a periferia. O perfil sensorial foi traçado pela conexão dos pontos.

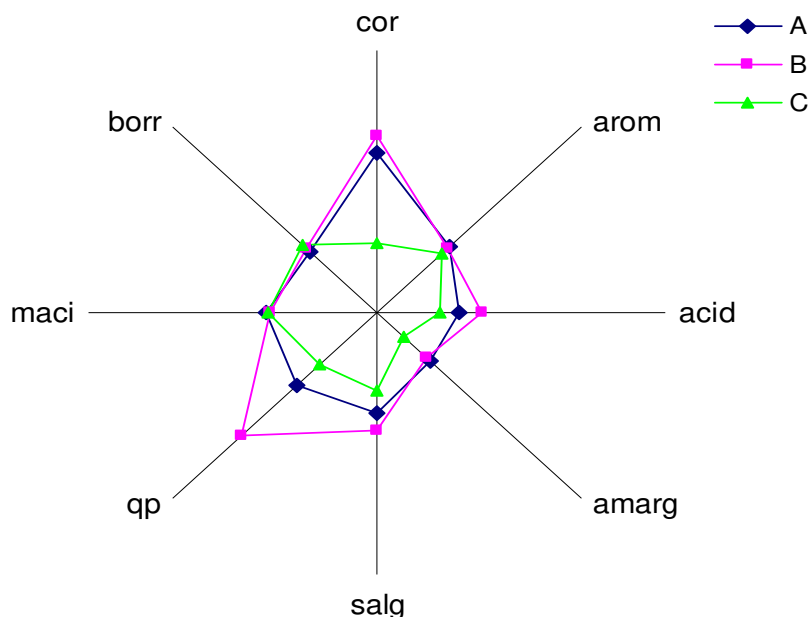


Fig. 1. Perfil sensorial dos queijos Prato comerciais (A, B, C) com reduzido teor de gordura.

As marcas avaliadas diferiram significativamente ($p < 0,05$) em relação aos atributos cor amarela, gosto ácido, gosto salgado e sabor de queijo Prato integral (Tabela 2). Os provadores verificaram que as marcas apresentaram baixa intensidade de gosto amargo, textura pouco borrachenta e que a B foi a que apresentou um sabor mais característico de queijo Prato integral. Essas características são importantes para uma melhor aceitação dos queijos com

reduzido teor de gordura, pois normalmente esses queijos são menos aceitos por apresentarem defeitos de sabor e textura.

Os resultados da ADQ dos queijos Prato com reduzido teor de gordura foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP).

No gráfico da ACP (Fig. 2), cada amostra comercial de queijo Prato com reduzido teor de gordura é representada por um triângulo, onde cada vértice corresponde ao valor médio atribuído pela equipe em cada repetição. As amostras similares ocupam regiões próximas no gráfico e são caracterizadas pelos vetores (atributos) próximos a elas. Os componentes principais 1 e 2 explicaram 74,3 % da variação ocorrida entre as amostras. Nesse tipo de gráfico, quanto maior a decomposição do vetor nos eixos dos componentes, maior a sua importância para caracterizar as diferenças entre as amostras. A contribuição da maioria dos descritores analisados foi importante para explicar os 50% da variabilidade entre as amostras no primeiro componente principal que discriminou as amostras em função de intensidade de cor amarela, gosto ácido, gosto salgado e sabor de queijo Prato integral.

A marca B caracterizou-se principalmente pela cor amarela, pelo gosto ácido e salgado e pelo sabor de queijo Prato tradicional enquanto que a marca C caracterizou-se principalmente por apresentar menor intensidade de todos atributos julgados.

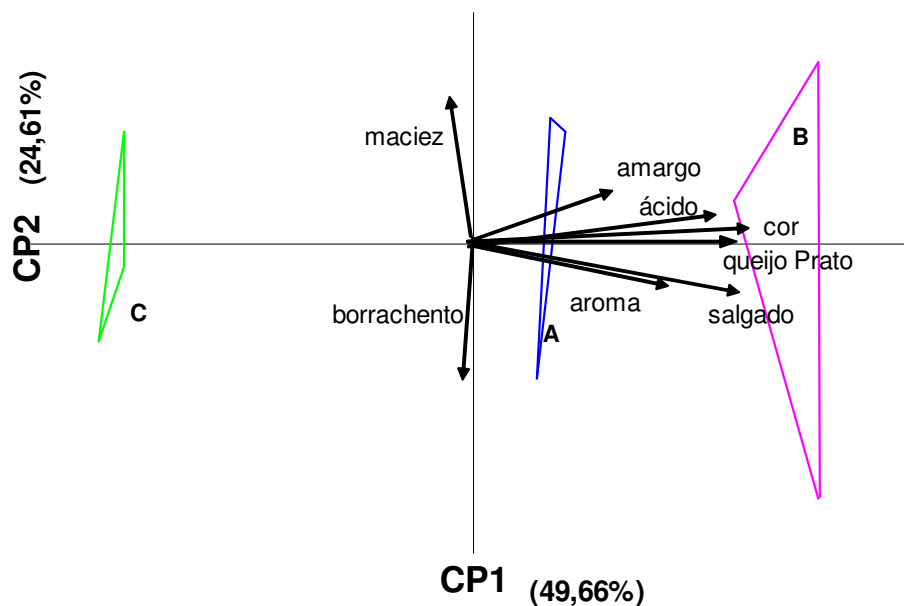


Fig. 2. Análise de Componentes principais para atributos sensoriais de queijo Prato comercial com reduzido teor de gordura.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos foi possível concluir que:

- As três marcas de queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura apresentaram um perfil sensorial semelhante em relação aos atributos: aroma ácido, maciez e textura.
- Os atributos intensidade de cor amarela, gosto ácido, gosto amargo, gosto salgado e sabor de queijo Prato integral foram os responsáveis pelas diferenças no perfil sensorial entre as marcas.
- A marca B foi a que apresentou características sensoriais mais próximas as do queijo Prato tradicional.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Meilgaard, M.; Civille, C. V. and Carr, B. T. (1999), **Sensory evaluation techniques**, 3rd ed., CRC Press, Florida. 416 pp.

Moskowitz, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods – Marketing and R & D Approaches**. Westport: Food & Nutrition press, 1983. 605p.

Powers, J. J. Current practices and application of descriptive methods. In: PIGOOT, J. R. **Sensory analysis of foods**. Elsevier, p. 179-242, 1984.

SAS, 2003. **Statistical Analysis System**, versão 6.08. The SAS Institute, Cary, N.C.

Stone, H.; Siedel, J. L.; Oliver, S.; Woolsey, A.; Simon, R. C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technol**, v. 28, n. 11, p. 24-34, 1974.

**CAPÍTULO 3 – EFEITO DE CULTURAS ADJUNTAS
COMERCIAIS NA COMPOSIÇÃO, PROTEÓLISE,
PROPRIEDADES VISCOELÁSTICAS, EVOLUÇÃO DA
MICROBIOTA, MICROESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS
SENSORIAIS DE QUEIJO PRATO COM REDUZIDO TEOR
DE GORDURA.**

Artigo redigido segundo as normas da Revista *Le Lait*

Efeito de culturas adjuntas comerciais na composição, proteólise, propriedades viscoelásticas, evolução da microbiota, microestrutura e características sensoriais de queijo Prato com reduzido teor de gordura.

BARROS, C. M. V¹; VIOTTO, W. H. ^{1*}

¹Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. CEP: 13083-970-Campinas-SP, Brasil. *walkiria@fea.unicamp.br

RESUMO

O efeito do uso de *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta, na composição, proteólise, propriedades reológicas, evolução da microbiota, microestrutura e características sensoriais de queijo Prato com reduzido teor de gordura foi avaliado. Os queijos foram fabricados a partir de leite desnatado e padronizado a 0,5% de gordura. Três tratamentos foram testados em triplicata: o queijo controle (QC) foi fabricado apenas com cultura mesófila tradicional (acidificante e aromatizante), o segundo foi fabricado com adição de *Lactobacillus casei* -10⁵ UFC/mL leite - (QLc) e o terceiro queijo foi fabricado com a adição de *Lactobacillus helveticus* -10⁵ UFC/mL leite - (QLh). A composição dos queijos foi determinada cinco dias após sua fabricação. A proteólise, propriedades reológicas e a evolução da microbiota foram avaliadas após 5, 25, 45 e 65 dias de fabricação. A microestrutura dos queijos foi avaliada através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) no 50º dia de armazenamento refrigerado. As amostras foram avaliadas sensorialmente através de Análise Sensorial Descritiva

(ADQ) e teste de aceitação. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) na composição dos queijos. A profundidade de proteólise foi significativamente ($p<0,05$) maior ao final do tempo de maturação para o queijo fabricado com adição de *Lactobacillus helveticus*. As propriedades viscoelásticas dos queijos não foram influenciadas pelo uso de *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus helveticus* ($p>0,05$). Nos testes de ADQ os descritores mais importantes para discriminar as amostras entre si foram aroma ácido, gosto ácido, gosto amargo, sabor característico de queijo Prato integral e maciez. Para os testes de aceitação, o queijo QLh obteve notas significativamente ($p<0,05$) mais altas para os atributos sabor, textura e impressão global. Em relação ao atributo intenção de compra, 80% dos consumidores certamente ou provavelmente comprariam o queijo com a adição de *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta.

Palavras-chave: queijo Prato, reduzido teor de gordura, cultura adjunta, proteólise, reologia, análise sensorial.

ABSTRACT

The use of *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus helveticus* as adjunct culture on composition, proteolysis, rheological properties, viable cell counts, microstructure and sensorial characteristics of reduced fat Prato cheeses were evaluated. Three different treatments were replicated three times: control cheese (CC) was made only with traditional starter, cheese with the addition *Lactobacillus casei* - 10^5 CFU/mL milk (LcC) and cheese made with the addition of *Lactobacillus*

helveticus - 10^5 CFU/mL milk (LhC). Cheese composition was determined after 5 days of manufacture. Proteolysis, rheological properties and viable cell counts were evaluated after 5, 25, 45 and 65 days. Cheese microstructure was analyzed by Scanning Electron Microscopy (SEM) at 50d after manufacturing and sensorial characteristics were evaluated using Quantitative Descriptive Analysis (QDA) and acceptability tests. There was no statistical difference ($p > 0,05$) in cheese composition. Proteolysis depth was significantly higher ($p < 0,05$) at the end of ripening for cheese made with *Lactobacillus helveticus*. There was no statistical difference ($p > 0,05$) in viscoelastic parameters for cheeses made with *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus helveticus*. The most important descriptors were intensity of acid taste, sour taste, typical flavor of full Prato cheese and smooth texture. Sensory acceptability tests indicated significative differences ($p < 0,05$) among cheeses for flavor, texture and global impression. Cheese made with *Lactobacillus helveticus* was better graded than the others cheeses. Buying intention grades showed that 80% consumers would certainly or probably buy cheese LhC

Key words: Prato cheese, low fat, adjunct culture, proteolysis, rheology, sensorial analysis.

1. INTRODUÇÃO

Queijos com reduzido teor de gordura produzidos por métodos tradicionais costumam apresentar defeitos sensoriais, como aroma fraco, sabores indesejáveis e textura muito firme e elástica [1]. A redução do teor de gordura também afeta os parâmetros reológicos dos queijos, aumentando a firmeza e a elasticidade da matriz de caseína [28] [32]. No caso do queijo Prato, não apenas a textura, mas também o sabor, são atributos importantes na determinação da qualidade.

Várias propostas têm sido apresentadas para melhorar a qualidade sensorial dos queijos com reduzido teor de gordura. As modificações na tecnologia de fabricação e uso de substitutos de gordura são as principais estratégias utilizadas para melhorar as características sensoriais [28]. Apesar dessas técnicas melhorarem a textura dos queijos com reduzido teor de gordura, elas falham em promover melhorias no sabor.

Uma das alternativas para minimizar, ao mesmo tempo, os defeitos de sabor e de textura dos queijos com reduzido teor de gordura é a adição de culturas adjuntas [19] [12]. As culturas adjuntas podem melhorar ou acelerar o desenvolvimento do sabor dos queijos com reduzido teor de gordura através do aumento da proteólise, especificamente da atividade aminopeptidase, a qual reduz o sabor amargo e aumenta a concentração de peptídeos de sabor desejável e precursores voláteis de sabor [12] [13].

O queijo Prato é o segundo queijo mais consumido no Brasil e a sua variante, com reduzido teor de gordura, tem encontrado receptividade no mercado brasileiro. O crescimento do mercado de queijos Prato com reduzido teor de

gordura só não é maior devido à falta do sabor característico de queijo integral, como mostram os resultados obtidos por Barros [5].

O *Lactobacillus helveticus* e o *Lactobacillus casei* tem sido usados como cultura adjunta na produção de queijos com reduzido teor de gordura, resultando em aumento dos níveis de proteólise, diminuição do sabor amargo e intensificação dos sabores desejáveis [12]. Broome *et al.* [8] estudaram o uso de *Lactobacillus casei* como cultura adjunta em queijos Cheddar e verificaram um aumento nos níveis de proteólise (principalmente aminoácidos livres) e uma melhoria no desenvolvimento do sabor. Ardo *et al.* [2] estudaram a qualidade dos queijos Gouda com reduzido teor de gordura contendo *Lactobacillus helveticus* CNRZ 303 como cultura adjunta e concluíram que o uso dessa cultura melhorou o sabor, diminuiu o sabor amargo e acelerou a proteólise desses queijos.

Nesse sentido, a adição de culturas adjuntas pode ser interessante para melhorar a aceitação sensorial de queijos Prato com reduzido teor de gordura. Não existe na literatura nenhum estudo sobre o uso de cultura adjunta em queijo Prato com reduzido teor de gordura e as conseqüências dessa adição nas suas propriedades físicas, químicas e sensoriais. O objetivo desse trabalho foi avaliar o uso de culturas adjuntas comerciais (*Lactobacillus helveticus* e *Lactobacillus casei*) na composição química, proteólise, propriedades reológicas, microestrutura e características sensoriais do queijo Prato com reduzido teor de gordura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Fabricação do queijo

Leite cru desnatado (340 Kg) proveniente do Laticínio Suíço Holandês Ltda - MALIBU, foi padronizado com creme de leite esterilizado comercial a um teor de gordura igual a 0,5%. O leite padronizado foi pasteurizado em trocador de calor a placas a 72°C/ 15 s, resfriado a 5°C e armazenado em latões de 50 litros em câmara fria a temperatura menor que 5°C durante a noite.

No dia seguinte, o leite foi dividido em três partes iguais, uma para cada tipo de tratamento. O primeiro tratamento consistiu na fabricação de um queijo controle (QC), usando cultura láctica tradicional (10^6 UFC/mL de leite) mesófila acidificante e aromatizante Flora Dânica CHN-22 – *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*; no segundo, o queijo foi fabricado adicionando-se *Lactobacillus casei* LBC81 (10^5 UFC/mL de leite) (QLc), além da cultura tradicional e; no terceiro tratamento, o queijo foi fabricado com cultura tradicional e *Lactobacillus helveticus* LH100 (10^5 UFC/mL de leite) (QLh.). A cultura mesófila foi fornecida pela Chr. Hansen[®] e o *Lactobacillus helveticus* e *Lactobacillus casei* foram fornecidos pela Rhodia[®].

Três tanques de queijo foram fabricados por dia, um para cada tratamento, resultando num total de nove ensaios, previamente aleatorizados.

Cada parte de leite foi transferida para o tanque de fabricação automático e aquecida a 35°C. Foram adicionados, a cultura mesófila e a cultura adjunta (quando utilizada), cloreto de cálcio 50% e o corante urucum – 0,04%. Para a

coagulação do leite, foi utilizado coalho bovino Bela Vista®, da Fábrica de Coalhos e Coagulantes Bela Vista Produtos Enzimáticos Indústria e Comércio Ltda, em quantidade suficiente para coagular 110 litros de leite em 35 minutos.

A coalhada foi então cortada em cubos de 0,5 cm de aresta. Iniciou-se uma agitação lenta por cerca de 15 minutos (1ª mexedura), seguida da remoção de 30% de soro e aquecimento da coalhada (2ª mexedura), com adição de 30% de água quente (80°C) até 40°C, de modo a atingir o ponto de massa. Após o término do aquecimento, retirou-se grande parte do soro e as massas foram então colocadas em formas plásticas de queijo Prato de 0,5 Kg e prensadas, à temperatura ambiente em prensas verticais, com pesos de aço inox que foram colocados gradativamente até se atingir o peso correspondente de 20 vezes o peso da massa.

Foram realizadas três viragens: a primeira após 30 minutos de enformagem, a segunda após 1h e 30min e a terceira após 16 h.

Ao saírem da prensa, os queijos foram colocados em salmoura (20% sal) por 9 horas a 4°C, secos a 5°C por 48 h e, então, embalados a vácuo em sacos plásticos termoencolhíveis e armazenados a 12°C por um período de 65 dias.

A Figura 1 mostra o fluxograma de fabricação do queijo Prato com reduzido teor de gordura.

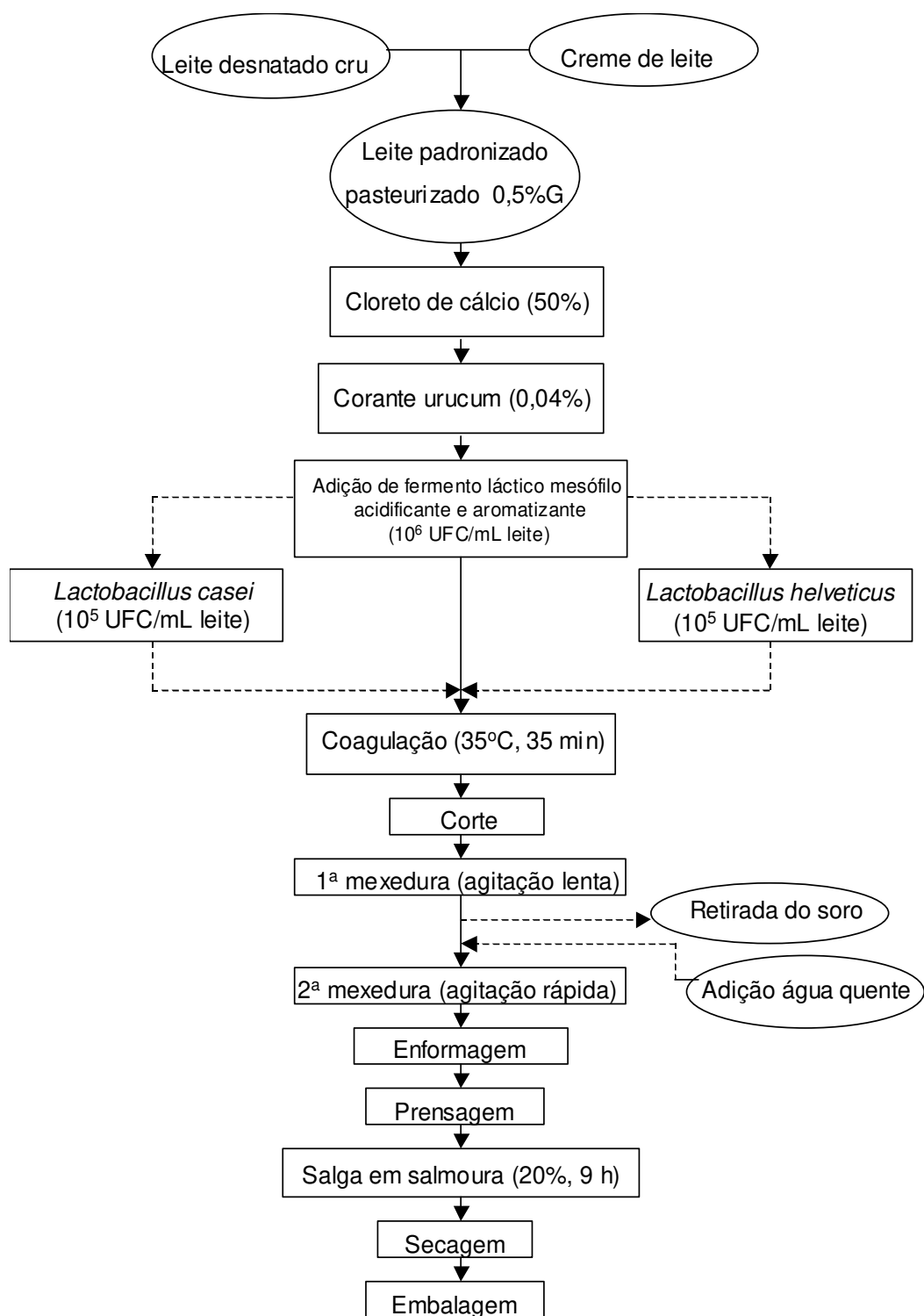


FIGURA 1. Fluxograma de processamento do queijo Prato com reduzido teor de gordura.

2.2. Preparo das amostras de queijo

Os queijos foram tomados aleatoriamente. Para todas as análises, foram retiradas e desprezadas fatias de aproximadamente 0,5 cm das laterais e das partes superior e inferior. A parte central foi preparada em função de cada tipo de análise. Para as análises de composição química, pH e acidez titulável, a parte central da peça foi cortada em cubos e triturada em multiprocessador, até obtenção de partículas de 2-3 mm. O material assim obtido foi homogeneizado manualmente, acondicionado em frascos de vidro e mantidos sob refrigeração (12 °C) até o momento das análises. Para a determinação da capacidade de derretimento, evolução da microbiota, análises reológicas, microestrutura e análise sensorial foram adotados preparos diferenciados das amostras, detalhadas nos itens 2.4.3, 2.4.4, 2.5, 2.6 e 2.7 respectivamente.

2.3. Composição química dos queijos

Foram realizadas análises de pH pelo método potenciométrico; acidez titulável [4]; teor de gordura pelo método de Gerber [25]; umidade pelo método gravimétrico, em estufa de circulação forçada, a 100°C/24 horas, segundo AOAC [3]; sal pelo método de Volhard [31]; cálcio por digestão úmida do queijo, seguida de titulação com EDTA, na presença de murexida [39]; nitrogênio total, pelo método de Kjeldahl [3]; nitrogênio não protéico, através da determinação de nitrogênio total na fração solúvel em ácido tricloroacético (TCA) 12% [3]; e nitrogênio não caseíco, através da determinação de nitrogênio total na fração solúvel a pH 4,6 [9]. Os valores de nitrogênio foram multiplicados pelo fator 6,38

para obtenção dos valores equivalentes de proteína. Todas as análises foram realizadas em triplicatas, exceto pH e acidez titulável (duplicata).

2.4. Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado

2.4.1. Evolução do pH e acidez titulável

A evolução do pH (método potenciométrico) e acidez titulável [4] foi monitorada nos dias 5, 25, 45 e 65 de armazenamento refrigerado a 12°C.

2.4.2. Evolução da proteólise

A proteólise dos queijos foi monitorada durante os dias 5, 25, 45 e 65 de armazenamento refrigerado a 12°C através da avaliação dos índices de extensão e profundidade. A eletroforese foi avaliada nos dias 5 e 65 armazenamento refrigerado.

Os índices de extensão e profundidade foram determinados de acordo com as equações 1 e 2

$$\text{Extensão} = \frac{(\% \text{nitrogênio solúvel a pH 4,6})}{\% \text{nitrogênio total}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Profundidade} = \frac{(\% \text{nitrogênio solúvel em TCA 12\%})}{\% \text{nitrogênio total}} \times 100 \quad (2)$$

A eletroforese em gel de poliacrilamida (Uréia-PAGE) foi realizada usando-se uma unidade vertical Protean III xi (BioRad®), de acordo com o método descrito por Farkye *et al.* [15]. Os géis foram corados com Brilliant Blue G, seguindo-se

metodologia descrita por Blakesley & Boezi [7]. A concentração dos géis de separação e concentração foi respectivamente, 12,5% e 4%.

Os extratos para eletroforese foram preparados dissolvendo-se 12-16 mg de amostra de queijo (equivalente a 0,4% de proteína) em 1 mL de tampão, com aquecimento a 37 °C durante 1 hora. Em seguida foram adicionados 5µL 2-mercaptoetanol e as amostras foram aquecidas novamente a 37 °C por mais 45 minutos. O tampão para dissolução da amostra foi preparado usando-se 1,5 g de tris-hidroximetil aminometano (TRIS), 84 g de uréia, ácido clorídrico concentrado até pH 6,7 e 0,1g de azul de bromofenol, para um volume final de 200 mL com água destilada. Tanto para o padrão quanto para as amostras a quantidade aplicada no gel foi de 5µL. A separação das amostras foi feita a 200V até o corante indicador (azul de bromofenol) atingir o final do gel. Os géis foram corados por imersão na solução de corante durante 1 noite e descorados com água destilada.

2.4.3. Capacidade de derretimento

Para a avaliação da capacidade de derretimento, foi retirado um cilindro da parte central da peça com o auxílio de uma sonda de aço inox de 36 mm de diâmetro interno. O cilindro foi fracionado transversalmente com um fatiador de ovo modificado para obter cilindros de 6 mm de altura. O teste foi realizado, em seis replicatas, segundo o método modificado de Schreiber descrito por YUN *et al.*[41].

Cada um dos cilindros foi colocado em placa de Petri e deixado a temperatura ambiente por 1 hora. Após esse período, as placas foram levadas a

uma estufa com circulação e renovação de ar a 107°C por 7 minutos. Em seguida foram retiradas, deixadas à temperatura ambiente por 30 minutos e determinado o diâmetro do queijo derretido em quatro direções diferentes separadas por um ângulo de 45°.

A capacidade de derretimento foi avaliada nos dias 5, 25, 45 e 65 de armazenamento refrigerado.

2.4.4. Evolução da microbiota

Quatro peças de queijos, de cada tratamento, foram escolhidas aleatoriamente em cada data de análise. Uma amostra representativa de 25g foi homogeneizada com 225 mL de citrato de sódio 2% (p/v) estéril em “Stomacher” por 1 min. Diluições decimais foram preparadas em 9 mL de água peptonada estéril e as alíquotas foram colocadas nas placas em duplicata, utilizando sobrecamada. Contagem de *Lactococcus* foi determinada em Agar M17 incubado a 30°C/72 h [39]. Os *Lactobacillus* foram contados em meio Agar Rogosa incubados a 37°C/72h [34]. Microrganismos proteolíticos foram determinados em meio MRS ágar com 10% (p/v) de leite desnatado e, incubados a 30°C/72 h [40].

2.5. Propriedades reológicas dos queijos: compressão uniaxial e relaxação

O comportamento reológico dos queijos foi avaliado nos dias 5, 25, 45 e 65 de armazenamento refrigerado, através de testes de compressão uniaxial e de relaxação. As análises foram realizadas em um texturômetro TA-XT2I, da Texas

Instrumentos, ajustado com uma célula de carga de 50 kg. Para o preparo das amostras foram retirados 6 cilindros de 24mm de altura por 20 mm de diâmetro de cada queijo, não sendo utilizados o centro e as bordas. Os cilindros foram então embalados individualmente em filme PVC, acondicionados em sacos plásticos resistentes à penetração de líquidos e mantidos em banho de água gelada a 10°C por pelo menos 1h e 30 min antes do início dos testes. As amostras foram comprimidas por uma placa de alumínio de 35 mm de diâmetro.

Os testes de compressão uniaxial e relaxação foram realizados conforme Cunha [11].

2.6. Microestrutura

Os queijos foram submetidos à microscopia eletrônica de varredura (MEV) no dia 15 de armazenamento refrigerado. As amostras foram preparadas de acordo com a metodologia modificada de Tamime *et al.* [37].

As amostras foram recortadas com lâminas de aço inox novas no tamanho 2,5 x 2,5 x 5 mm, fixadas em glutaraldeído 2% em tampão fosfato de sódio 0,1M pH 7,13 por uma noite, à temperatura ambiente, lavadas c/ tampão fosfato 0,1M (2 x 15 min) e então pós fixadas em tetróxido de ósmio 1% em tampão fosfato 0,1M por 8 hs. Após esse tempo, as amostras foram lavadas novamente com tampão fosfato 0,1M (2 x 15 min) e desidratadas gradualmente usando etanol nas concentrações de 70% (2 x 15 min), 90% (2 x 15 min), 95% (2 x 10 min), 100% (3 x 10 min) e acetona 100% (2 x 30 min). As amostras foram secas em secador de ponto crítico CPD 030 da Balzers, fraturadas a temperatura ambiente, montadas

em “*stubbs*” de alumínio com cola de prata e metalizadas com ouro, usando metalizador SCD 050 também da Balzers, e levadas para observação ao microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM-5800LV, a 10 kV.

2.7. Análise Sensorial

As amostras dos queijos Prato com reduzido teor de gordura foram avaliadas sensorialmente por testes de ADQ (provadores treinados) e de aceitação (provadores não treinados). As amostras foram avaliadas após 65 dias de armazenamento refrigerado. Os testes foram realizados em cabines individuais do Laboratório de Análise Sensorial do DTA, FEA-Unicamp, sob luz branca. As amostras codificadas com números de três dígitos foram apresentadas de forma monádica em pratos descartáveis brancos, cortadas em pedaços de aproximadamente 3 x 2 x 0,5 cm. A temperatura de apresentação foi a de 12 °C. Água e biscoito água e sal foram servidos para o consumo entre a avaliação das amostras. A ordem de apresentação das amostras foi aleatória.

2.7.1. Análise descritiva quantitativa (ADQ)

O perfil sensorial dos queijos Prato light foram determinados seguindo-se o procedimento da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ[®]) proposto por Stone *et al.* [36]. As etapas de pré-seleção, desenvolvimento da terminologia descritiva, seleção final dos provadores e avaliação sensorial das amostras foram desenvolvidas de acordo com Barros *et al.* [5].

2.7.2. Teste de aceitação

Para os testes de aceitação, 40 provadores foram selecionados em função de consumirem queijo na versão integral e/ou na versão *light*, disponibilidade e interesse em participar do teste.

Os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global foram analisados com a utilização de escala estruturada de nove pontos, onde 1 = desgostei muito e 9 = gostei muito. Para a intenção de compra foi utilizado escala estruturada de cinco pontos, onde 1 = certamente não compraria e 5 = certamente compraria.

2.8. Planejamento experimental e análise estatística dos resultados

Para avaliar o efeito do uso de cultura adjunta na composição química foi aplicado um plano tipo aleatorizado em blocos. O fator estudado foi o uso de *Lactobacillus helveticus* e o uso de *Lactobacillus casei*, com três repetições para cada tratamento. Os resultados obtidos foram analisados através de Análise de Variância, utilizando-se o teste de Duncan para verificar diferenças entre as amostras.

Para a avaliação da proteólise, capacidade de derretimento, evolução da microbiota e propriedades reológicas foi adotado um delineamento do tipo split-plot, sendo que a sub-parcela foi obtida pela incorporação do fator tempo de armazenamento refrigerado (t). As análises foram realizadas nos dias 5, 25, 45 e 65 de armazenamento refrigerado. O teste de F-ANOVA foi usado para avaliar as diferenças entre tratamentos, entre tempos e a interação tempo *versus* tratamento.

Foi utilizado o teste de Duncan de comparações múltiplas para agrupar tratamentos e/ou tempos com médias cujas diferenças não foram estatisticamente significativas.

Os resultados obtidos na análise sensorial foram analisados através de Análise de Variância (ANOVA) e do teste de Tukey.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição química dos queijos

A Tabela I apresenta a composição dos queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados com e sem adição de culturas adjuntas.

Tabela I. Composição média (n=3) dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

Componente	QC	QLc	QLh
Umidade (%)	52,63 ± 0,97 ^a	51,42 ± 1,42 ^a	51,74 ± 1,16 ^a
Gordura (%)	5,50 ± 0,50 ^a	5,50 ± 0,50 ^a	5,50 ± 0,50 ^a
GBS (%) ¹	11,62 ± 1,22 ^a	11,31 ± 0,85 ^a	11,40 ± 1,04 ^a
Proteína Total (%)	34,07 ± 1,77 ^a	34,57 ± 1,12 ^a	33,77 ± 0,84 ^a
Caseína (%)	33,04 ± 2,15 ^a	33,64 ± 1,21 ^a	32,83 ± 0,82 ^a
Sal (%)	1,52 ± 0,11 ^a	1,54 ± 0,06 ^a	1,55 ± 0,04 ^a
S/U ²	2,98 ± 0,23 ^a	3,10 ± 0,19 ^a	3,10 ± 0,16 ^a
Cálcio	1,16 ± 0,03 ^a	1,14 ± 0,18 ^a	1,09 ± 0,18 ^a
C:G ³	6,00 ± 0,03 ^a	6,12 ± 0,03 ^a	5,97 ± 0,03 ^a
Acidez (%ácido láctico)	0,49 ± 0,03 ^a	0,46 ± 0,04 ^a	0,47 ± 0,05 ^a
pH	5,35 ± 0,04 ^a	5,39 ± 0,04 ^a	5,40 ± 0,04 ^a

¹Gordura em base seca, ² Relação sal/umidade, ³ Relação caseína/gordura

Médias com letras em comum em uma mesma linha, não diferem significativamente entre si (p>0,05)

Os queijos apresentaram diferenças não significativas ($p > 0,05$) em relação à composição química, indicando que a mesma não foi afetada pela adição de *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Gomes *et al.* [22] e Gallina *et al.* [21], que mostraram que a composição do queijo Prato com reduzido teor de gordura não foi afetada pelo uso de cultura adjunta. Katsiari *et al.* [23], Fenelon *et al.* [16] e Rodriguez *et al.* [35] também verificaram que a composição de diferentes variedades de queijos com reduzido teor de gordura não foi afetada pela adição de cultura adjunta.

Todos os queijos apresentaram um teor de gordura de 5,5%. Como o queijo Prato integral possui, em média, 28% de gordura, a redução observada foi de 80%. Assim, os queijos obtidos podem ser classificados como queijos *light* de reduzido teor de gordura [27].

O teor de umidade encontrado (cerca de 50%) foi bastante superior ao do queijo Prato integral (~43%) [20]. Isso se deve a redução do teor de gordura, que altera o balanço de componentes do queijo, provocando um aumento do conteúdo de umidade e uma conseqüente diminuição da relação sal/umidade (S/U). Essas modificações podem resultar em alterações nas características funcionais e sensoriais dos queijos.

3.2. Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado

3.2.1. Evolução do pH e acidez titulável

Como pode ser visto na Tabela II, o uso de *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta não influenciou significativamente os valores de pH ($p=0,611$) e acidez titulável ($p=0,2573$) dos queijos. Por outro lado, tanto a acidez quanto o pH sofreram alterações estatisticamente significativas ($p=0,0000$) com o tempo de armazenamento refrigerado.

Tabela II. Quadrados médios e probabilidades para evolução do pH, da acidez titulável, da extensão da proteólise e da profundidade da proteólise dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

Fatores	pH			Acidez titulável		Nitrogênio solúvel			
						pH 4,6		TCA 12 %	
	GL	QM	P	QM	P	QM	P	QM	P
Tratamento (T)	2	0,0010	0,5281	0,0010	0,6144	9,534	0,3419	6,3211	0,0477*
Erro(a)	4	0,0133		0,0018		7,0063		0,8829	
Tempo (t)	3	0,0710	0,0000*	0,044	0,0393*	236,1384	0,0000*	100,3559	0,0000*
Interação (T*t)	6	0,0005	0,2726	0,0025	0,1267	2,1312	0,8399	1,3610	0,2170
Erro(b)	18	0,0066		0,0013		4,8337		0,8748	

GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

As Figuras 2 e 3 mostram, respectivamente, os valores de pH e acidez titulável dos queijos durante os 65 dias de armazenamento.

O pH dos queijos aumentou a partir de 25 dias de armazenamento refrigerado enquanto que acidez titulável diminuiu. Esse comportamento pode ser explicado pela formação de compostos nitrogenados, devido à ação proteolítica das culturas láctica e/ou adjuntas, durante o armazenamento refrigerado dos queijos.

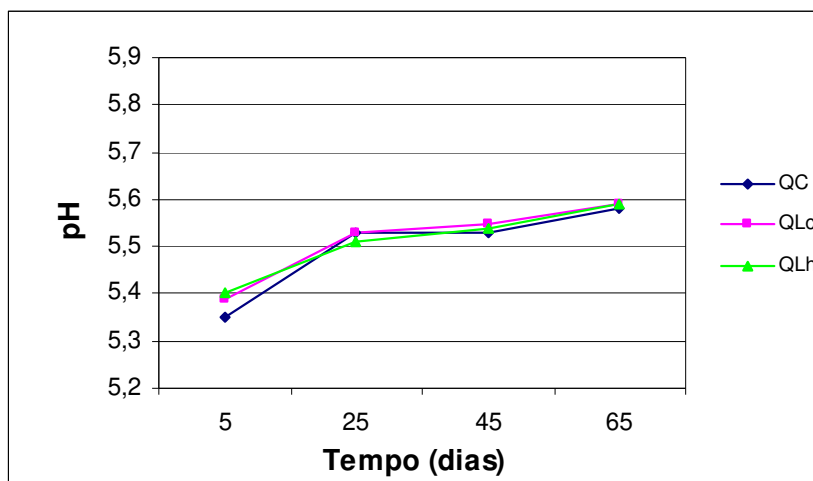


FIGURA 2. Evolução do pH dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

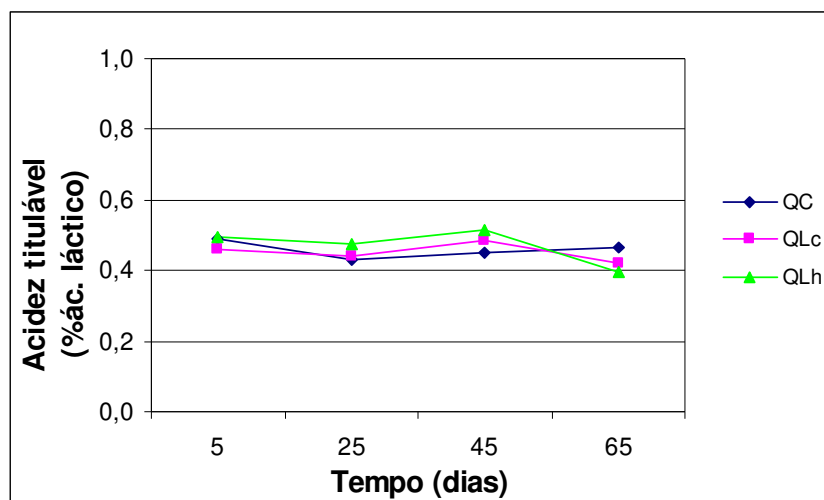


FIGURA 3. Evolução da acidez titulável dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

3.2.2. Evolução da proteólise

A Tabela II mostra a análise estatística dos índices de extensão e profundidade da proteólise dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta ao longo do tempo de armazenamento.

3.2.2.1. Extensão da proteólise

O uso de *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta não influenciou significativamente ($p=0,3419$) a extensão da proteólise dos queijos a qual ocorre principalmente pela ação proteolítica do coalho ou coagulante residual no queijo, sobre a α_{s1} -caseína e, em menor escala sobre a β -caseína dando origem à formação peptídeos de alto e médio peso molecular [17].

A Figura 4 mostra a evolução da extensão da proteólise para os queijos fabricados com e sem o uso de culturas adjuntas. Para todos os tratamentos, os níveis de nitrogênio solúvel a pH 4,6 em relação ao nitrogênio total aumentaram significativamente ($p=0,0000$) ao longo do tempo de armazenamento (Figura 4). Os níveis de extensão de proteólise foram próximos aos obtidos por Gomes *et al.* [22] para queijo Prato com reduzido teor de gordura fabricado com e sem culturas adjuntas.

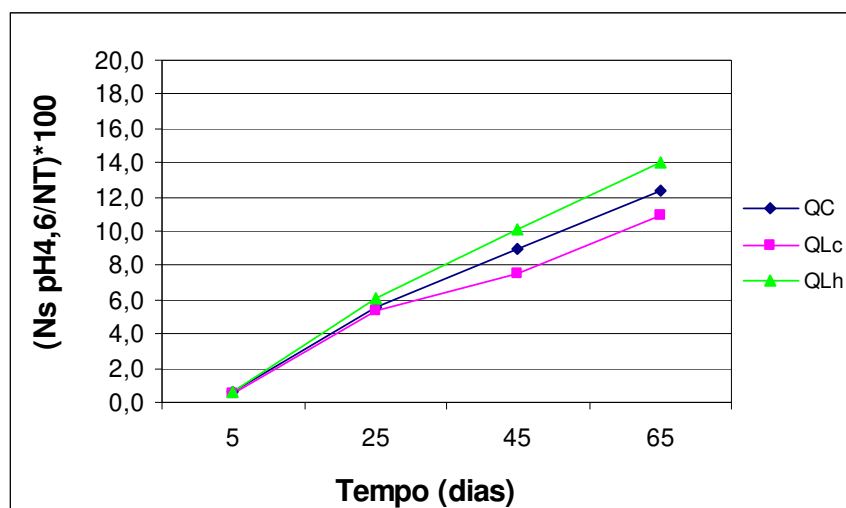


Figura 4. Evolução do índice de extensão dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

3.2.2.2. Profundidade da proteólise

O uso de *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta afetou significativamente a profundidade da proteólise ($p=0,0477$) dos queijos, como mostra a Tabela II. De acordo com o teste de Duncan de comparação múltiplas, os índices de proteólise foram maiores para o QLh. A atividade do sistema proteolítico da cultura adjunta utilizada (*Lactobacillus helveticus*) provavelmente contribuiu para uma proteólise secundária mais pronunciada nesses queijos. Barros *et al.* [6] trabalhando com queijo Prato com reduzido teor de gordura fabricado com a adição de *Lactobacillus helveticus*, como adjunta, verificaram um aumento acentuado nos índices de profundidade de proteólise nesses queijos, em comparação com o queijo controle. O índice de profundidade de proteólise de diferentes variedades de queijos com reduzido teor de gordura também foi maior quando se utilizou *Lactobacillus helveticus* [12] [2].

A Figura 5 mostra a evolução dos índices de profundidade de proteólise durante a estocagem refrigerada. Para os três tratamentos, ocorreu um aumento significativo nos índices de profundidade de proteólise com o tempo ($p=0,0000$). O simples aumento dos índices de profundidade de proteólise ao longo do tempo pode ser explicado pela atuação das bactérias do fermento láctico mesófilo, que possuem um sistema de proteinases e peptidases capaz de hidrolisar os oligopeptídeos resultantes da proteólise primária [18].

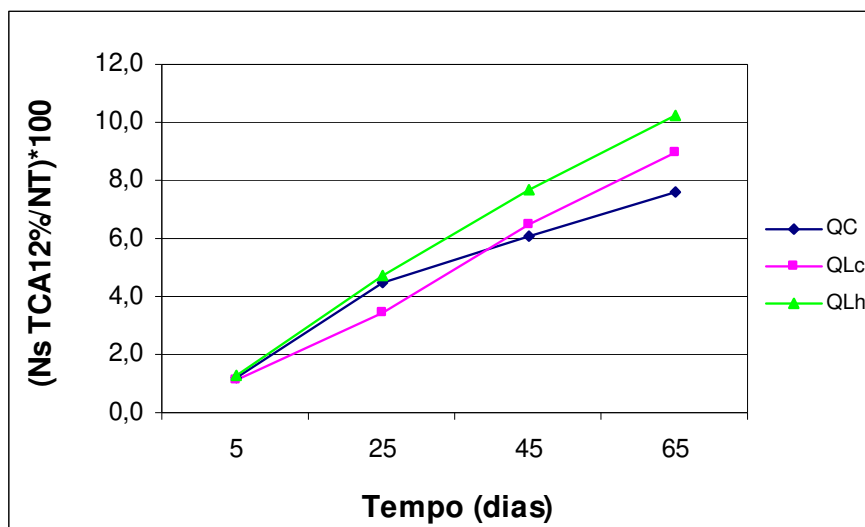


Figura 5. Evolução do índice de profundidade dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

3.2.2.3. Eletroforese

A Figura 6 mostra o eletroforetograma dos diferentes queijos após 5 e 65 dias de armazenamento refrigerado.

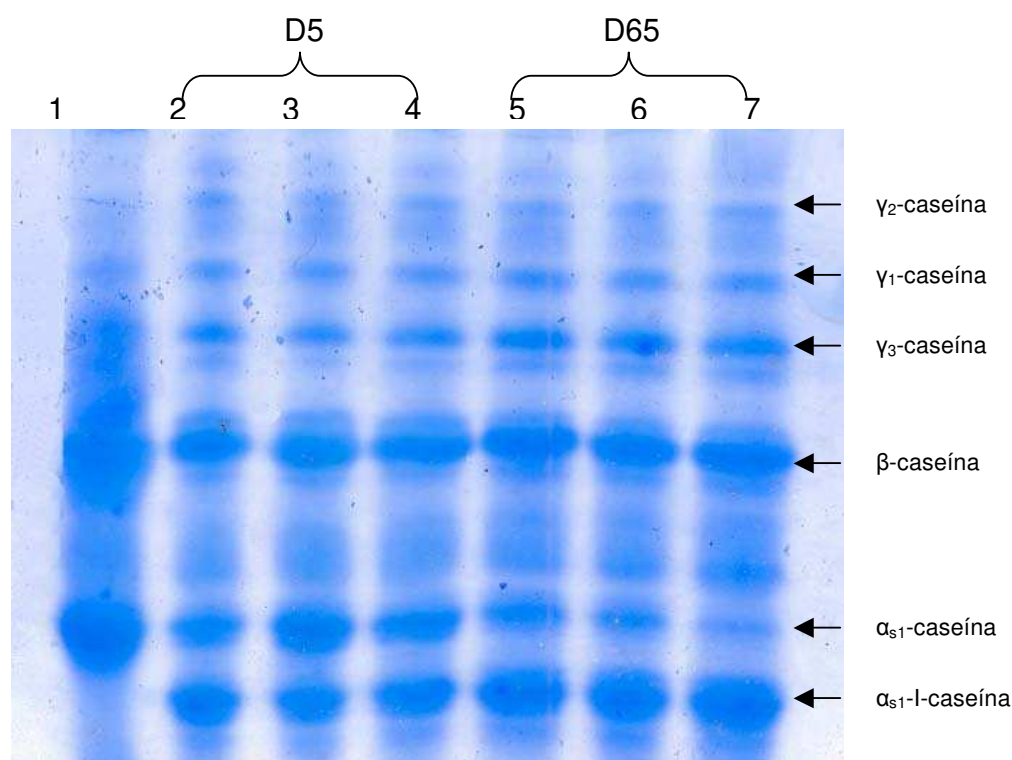


Figura 6. Eletroforetograma dos queijos fabricados com e sem a adição de culturas adjuntas, Banda 1 = Caseinato de sódio (padrão). Bandas 2 e 5 = queijo controle (5º e 65º dias). Bandas 3 e 6 = queijo QLc (5º e 65º dias). Bandas 4 e 7 = queijo QLh (5º e 65º dias). QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

Pelo eletroforetograma, observou-se que durante o armazenamento refrigerado, houve a degradação da α_{s1} -caseína com a formação da α_{s1} -I-caseína, a qual foi ligeiramente maior para o queijo adicionado de *Lactobacillus helveticus*. Este aumento foi decorrente da ação adicional do sistema proteolítico dessa bactéria sobre a matriz de caseína. As outras bandas permaneceram praticamente inalteradas ao longo do período de armazenamento.

3.2.3. Capacidade de derretimento

A capacidade de derretimento é uma característica importante para a utilização do queijo prato de forma indireta, como por exemplo, em sanduíches e pizzas.

Observa-se na Tabela III, que a utilização de *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta não afetou significativamente ($p=0,2463$) a capacidade de derretimento dos queijos.

A capacidade de derretimento dos queijos foi mais baixa em relação à de um queijo Prato integral [35]. Com a remoção da gordura, aumenta o teor de proteína e assim a matriz protéica se torna mais rígida e mais compacta, com menor tendência a derreter e fluir [28].

Tabela III. Quadrados médios e probabilidades para evolução da capacidade de derretimento dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

Fatores	Capacidade de derretimento		
	GL	QM	P
Tratamento (T)	2	9,0145	0,2463
Erro(a)	4	4,4404	
Tempo (t)	3	52,9621	0,0001*
Interação (T*t)	6	1,8638	0,8301
Erro(b)	18	4,0709	

GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

Na Figura 7 é apresentada a evolução da capacidade de derretimento dos queijos ao longo do período de armazenamento refrigerado a 12 °C. A capacidade de derretimento aumentou significativamente ao longo do tempo ($p=0,0001$), assim como o índice de extensão da proteólise durante o armazenamento. A proteólise primária, cujo principal responsável é o coalho ou coagulante residual está relacionada com o aumento da capacidade de derretimento do queijo, devido ao enfraquecimento da matriz protéica que faz com que o queijo perca capacidade de manter sua estrutura durante o aquecimento [24].

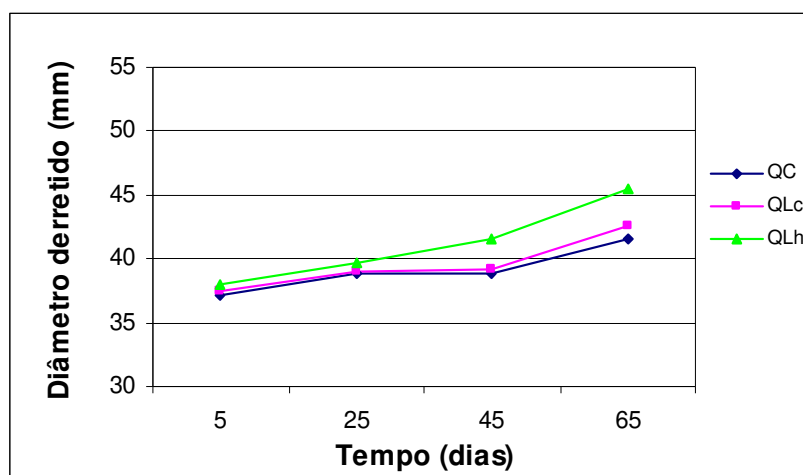


Figura 7. Evolução da capacidade de derretimento dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

3.2.4. Evolução da microbiota

A evolução da microbiota dos queijos foi acompanhada durante o armazenamento refrigerado. A Tabela IV apresenta a análise estatística da contagem de *Lactococcus*, *Lactobacillus* e proteolíticos nos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta.

Tabela IV. Quadrados médios e probabilidades para contagem de *Lactococcus*, *Lactobacillus* e proteolíticos nos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

Fatores	<i>Lactococcus</i>			<i>Lactobacillus</i>		Proteolíticos	
	GL	QM	P	QM	P	QM	P
Tratamentos (T)	2	0,5535	0,7553	23,5077	0,1294	2,1042	0,8428
Erro(a)	4	1,8368		6,6044		11,7842	
Tempo (t)	3	1,0083	0,0719	13,5033	0,0009*	9,4395	0,1653
Interação (T*t)	6	0,3931	0,4117	4,8719	0,0291*	2,4056	0,8109
Erro(b)	18	0,3647		1,5744		4,9602	

GL= graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

Tabela V. Contagem de *Lactococcus*, *Lactobacillus* e proteolíticos durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

Tempo	<i>Lactococcus</i> (UFC/g queijo)			<i>Lactobacillus</i> (UFC/g queijo)			Proteolíticos (UFC/g queijo)		
	QC	QLc	QLh	QC	QLc	QLh	QC	QLc	QLh
5	4,7x10 ⁷ a,A	1,5x10 ⁸ a,A	6,1x10 ⁶ a, A	8x10 ¹ y, Z	9,1x10 ⁶ x, W	1,3x10 ⁵ x,W	5,2x10 ⁷ a,A	1,2x10 ⁸ a,A	6,5x10 ⁷ a,A
25	3,3x10 ⁷ a,A	2,4x10 ⁷ a,A	2,3x10 ⁷ a, A	4,0x10 ⁶ x,X	7,8x10 ⁶ x, W	4,4x10 ⁶ x,W	1,5x10 ⁷ a,A	1,6x10 ⁷ a,A	2,0x10 ⁷ a,A
45	1,1x10 ⁷ a,A	1,8x10 ⁷ a,A	1,2x10 ⁷ a,A	6,3x10 ⁶ x,X	2,8x10 ⁷ x,W	5,5x10 ⁶ x,W	1,9x10 ⁷ a,A	7,6x10 ⁶ a,A	9,3x10 ⁶ a,A
65	7,8x10 ⁶ a,A	1,4x10 ⁷ a,A	1,2x10 ⁷ a,A	1,1x10 ⁷ x,W	1,2x10 ⁷ x,W	1,0x10 ⁷ x,W	1,5x10 ⁷ a, A	2,3x10 ⁷ a,A	1,0x10 ⁷ a,A

a,b, x,y Médias com letras minúsculas em comum, na mesma linha, não diferem significativamente entre si (p>0,05)

A,B, W, X, Z Médias com letras maiúsculas em comum, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si (p>0,05)

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para a contagem de *Lactococcus* e microrganismos proteolíticos durante os 65 dias de cura para os três tipos de queijos.

Como pode ser visto na Tabela V, no 5º dia de cura, o QC apresentou uma contagem de *Lactobacillus* mais baixa quando comparado com o QLc e QLh. Como não houve adição de nenhuma cultura adjunta ao QC, os *Lactobacillus* presentes nesse queijo são provavelmente resultado do crescimento de *Lactobacillus* que fazem parte da flora láctica sobrevivente a pasteurização (NSLAB: non-starter lactic acid bacteria). Moreno *et al.* [30] identificaram em queijo Prato algumas NSLAB, entre elas *Lactobacillus* ssp. Em queijos como o Prato e o Gouda, as condições para o desenvolvimento de NSLAB são mais favoráveis devido à adição de água no processo (lavagem da massa) que resulta em um aumento na umidade e pH [10].

Após 25 dias de maturação, a contagem de *Lactobacillus* aumentou no QC e atingiu cerca de 10^6 UFC/g e se manteve nesse patamar, não havendo mudança com o tempo de maturação e não apresentando diferença com o QLc e o QLh. O número de *Lactobacillus* (NSLAB), em queijos fabricados em tanques abertos, tende a aumentar durante a maturação atingindo concentrações de 10^6 a 10^8 UFC/g de queijo [26].

A adição das culturas adjuntas não influenciou significativamente o número de microrganismos proteolíticos. Os valores obtidos para a contagem de proteolíticos não são conclusivos. Provavelmente o método utilizado não foi adequado para o queijo.

3.3. Propriedades reológicas dos queijos: compressão uniaxial e relaxação

3.3.1. Compressão uniaxial

A Tabela VI apresenta os resultados da análise estatística para a tensão de ruptura, deformação de ruptura, tensão máxima e módulo de elasticidade durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12 °C. Os comportamentos das propriedades reológicas com o tempo de maturação são apresentados nas Figuras 8 a 12.

Tabela VI. Quadrados médios e probabilidades para tensão de ruptura, deformação de ruptura, tensão máxima e módulo de elasticidade dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

Fatores	Tensão de ruptura		Deformação de		Tensão máxima		Módulo de		Trabalho na ruptura		
	GL	ruptura				elasticidade					
		QM	P	QM	P	QM	P	QM	P	QM	P
Tratamento (T)	2	8,33 x 10 ⁹	0,0544*	0,0252	0,0729*	9,51 x 10 ⁷	0,1445	2,45 x 10 ⁸	0,3194	2,05x 10 ⁹	0,0611*
Erro(a)	2	4,79 x 10 ⁸		0,0020		1,61 x 10 ⁷		1,15 x 10 ⁸		1,34 x 10 ⁸	
Tempo (t)	3	4,68 x 10 ⁹	0,0000*	0,0128	0,0010*	4,06 x 10 ⁹	0,0000*	1,45 x 10 ¹⁰	0,0002*	1,67 x 10 ⁹	0,0001*
Interação (T*t)	6	1,54 x 10 ⁸	0,4267	0,0015	0,2610	8,39 x 10 ⁷	0,0540	2,11 x 10 ⁹	0,0579	1,43 x 10 ⁸	0,1127
Erro(b)	9	1,39 x 10 ⁸		0,0009		2,56 x 10 ⁷		6,62 x 10 ⁸		6,1 x 10 ⁷	

GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

Lactobacillus casei e *Lactobacillus helveticus* quando adicionados ao queijo, como culturas adjuntas influenciaram significativamente ($p < 0,05$) as propriedades de tensão de ruptura, deformação de ruptura e trabalho de ruptura dos queijos (Tabela VI). Os queijos fabricados com culturas adjuntas apresentaram valores de tensão de ruptura, deformação de ruptura e trabalho de ruptura inferiores aos apresentados pelo queijo controle indicando uma menor firmeza e maior maciez.

As variações ocorridas ao longo do tempo foram significativas ($p < 0,05$) para todas as propriedades como mostra a Tabela VI. Os valores de tensão na ruptura (σ_{rup}) diminuíram significativamente com o tempo ($p = 0,0000$). A tensão na ruptura é definida como a tensão necessária para romper a matriz protéica e está relacionada à dureza do queijo. A diminuição dessa propriedade ao longo do tempo indica uma diminuição na dureza do queijo, causada pelo enfraquecimento das ligações protéicas da matriz de caseína devido à proteólise primária, como indicado na Figura 4. Durante a proteólise secundária, enzimas provenientes da cultura láctica, cultura adjunta ou de bactérias contaminantes são responsáveis pela continuação do processo (Figura 5). Os valores obtidos para os índices de extensão e profundidade de proteólise de todos os queijos aumentaram significativamente com o tempo de maturação (Tabela II) confirmando os resultados acima.

Assim como a tensão na ruptura, os valores de deformação máxima de Henky (ϵ_{Hrup}), tensão máxima ($\sigma_{m\acute{a}x}$), trabalho de ruptura (W_{rup}) e elasticidade (E) diminuíram significativamente com o tempo ($p < 0,05$), o que pode também ser explicado pelo aumento dos índices de extensão e profundidade de proteólise dos

queijos. A deformação máxima de Henky (ϵ_{Hrup}) mede a deformação que o queijo pode sofrer antes que ocorra sua ruptura e indica o quão quebradiça é a textura do queijo. A tensão máxima é a tensão necessária para comprimir a amostra até 85% de sua altura, e o trabalho de ruptura a energia necessária para causar a ruptura do material. Essas propriedades estão diretamente relacionadas à firmeza e a dureza do queijo. Assim, os três queijos se apresentaram menos firmes, e mais macios com o decorrer do tempo de armazenamento.

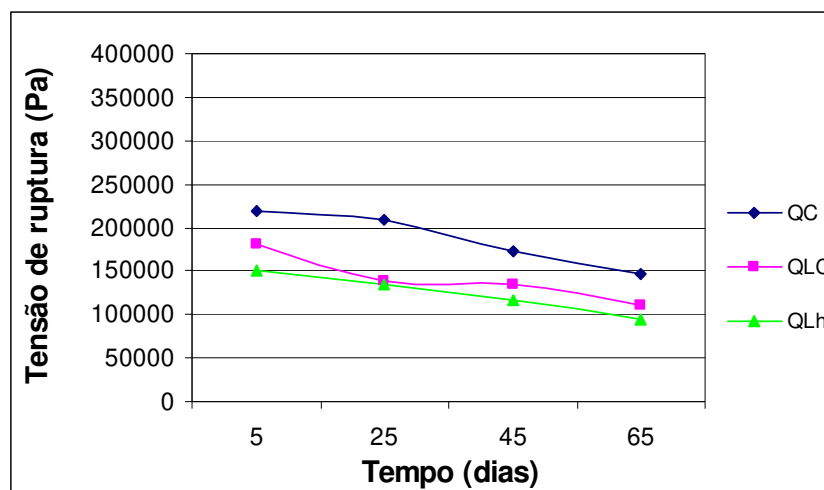


FIGURA 8. Tensão de ruptura para os queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLC = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

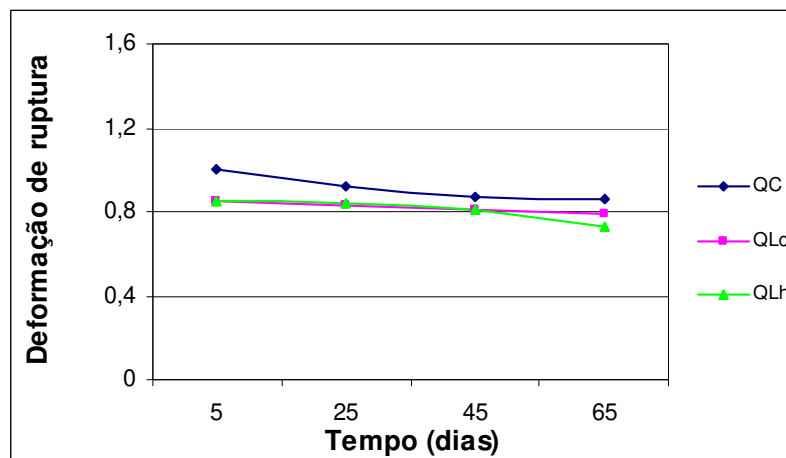


FIGURA 9. Deformação na ruptura para os queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

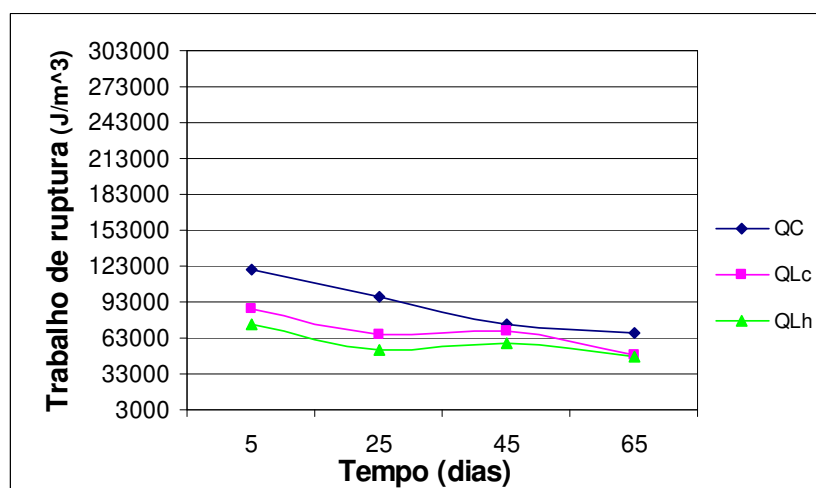


FIGURA 10. Trabalho de ruptura para os queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

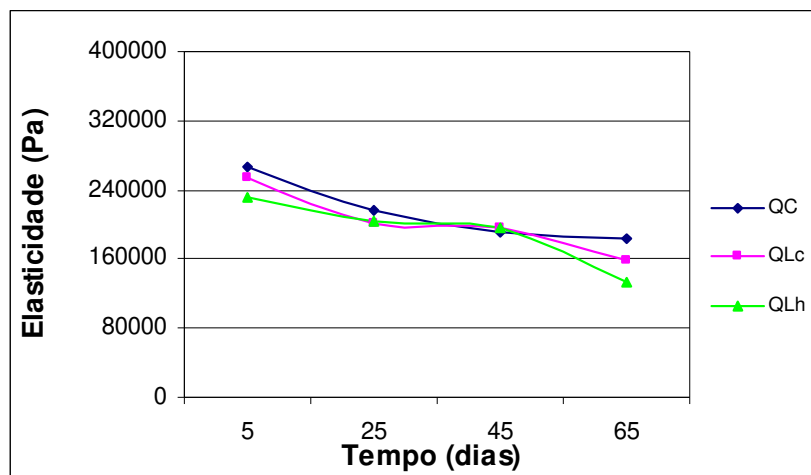


FIGURA 11. Módulo de elasticidade para os queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

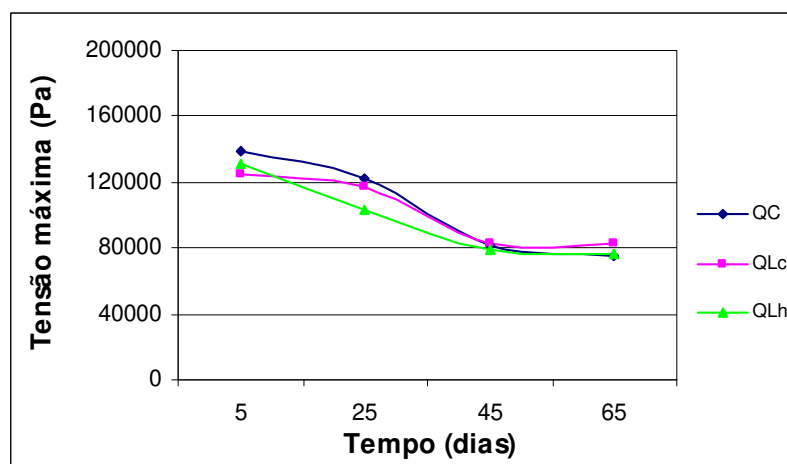


FIGURA 12. Tensão máxima para os queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

3.3.2. Relaxação

O modelo generalizado de Maxwell foi capaz de descrever satisfatoriamente o comportamento viscoelástico dos queijos, já que as curvas experimentais obtidas apresentaram boa correlação ($R^2 > 0,99$). As curvas experimentais foram ajustadas utilizando-se o programa *Statistica*[®]. Para o cálculo dos módulos de elasticidade E_0 , E_1 , E_2 e as viscosidades η_1 e η_2 foram utilizados os parâmetros S_0 , S_1 , S_2 , τ_1 e τ_2 , respectivamente conforme descrito por Cunha [11].

A Tabela VII mostra que o uso de *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta não influenciou significativamente ($p < 0,05$) os parâmetros viscoelásticos dos queijos. No entanto, durante o tempo de armazenamento ocorreram variações significativas ($p < 0,05$) de todos os parâmetros viscoelásticos. Essas variações ocorrem basicamente em função da proteólise primária que causa o enfraquecimento da rede protéica e pelas enzimas da cultura láctica, cultura adjunta ou bactérias contaminantes durante a proteólise secundária [17]. Observando os resultados obtidos para os índices de extensão e profundidade de proteólise, verificou-se um aumento durante o armazenamento refrigerado, confirmando os resultados dos testes de relaxação.

Tabela VII. Quadrados médios e probabilidades para os módulos de elasticidade E_0 , E_1 , E_2 e para as viscosidades η_1 e η_2 dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

Fatores	GL	E_0		E_1		E_2		η_1		η_2	
		QM	P	QM	P	QM	P	QM	P	QM	P
Tratamento (T)	2	$3,41 \times 10^6$	0,935	$4,13 \times 10^8$	0,698	$1,16 \times 10^9$	0,644	$1,10 \times 10^{10}$	0,908	$1,66 \times 10^{13}$	0,668
Erro(a)	2	$4,94 \times 10^8$		$9,54 \times 10^8$		$2,11 \times 10^9$		$1,08 \times 10^{11}$		$3,34 \times 10^{13}$	
Tempo (t)	3	$7,77 \times 10^8$	0,000*	$3,67 \times 10^9$	0,0001*	$2,06 \times 10^9$	0,012*	$2,86 \times 10^{11}$	0,013*	$1,62 \times 10^{14}$	0,042*
Interação (T*t)	6	$4,63 \times 10^7$	0,148	$1,80 \times 10^8$	0,333	$4,05 \times 10^9$	0,353	$3,31 \times 10^{10}$	0,544	$4,22 \times 10^{13}$	0,442
Erro(b)	9	$2,15 \times 10^7$		$1,35 \times 10^8$		$4,05 \times 10^8$		$4,43 \times 10^{10}$		$3,92 \times 10^{13}$	

GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

Figuras 13, 14, 15, 16 e 17 mostram, respectivamente, a evolução dos módulos de elasticidade E_0 , E_1 , E_2 e as viscosidades η_1 e η_2 para os diferentes queijos durante o armazenamento refrigerado.

A redução do módulo de elasticidade indica uma diminuição na tendência do material a recuperar sua forma original, quando uma tensão aplicada é removida. A diminuição das viscosidades indica uma menor resistência à deformação quando os queijos são submetidos a uma certa tensão e é definida como maciez. Com a diminuição do módulo de elasticidade e das viscosidades pode-se dizer que os queijos apresentaram-se mais macios, menos firmes e menos elásticos ao final do armazenamento.

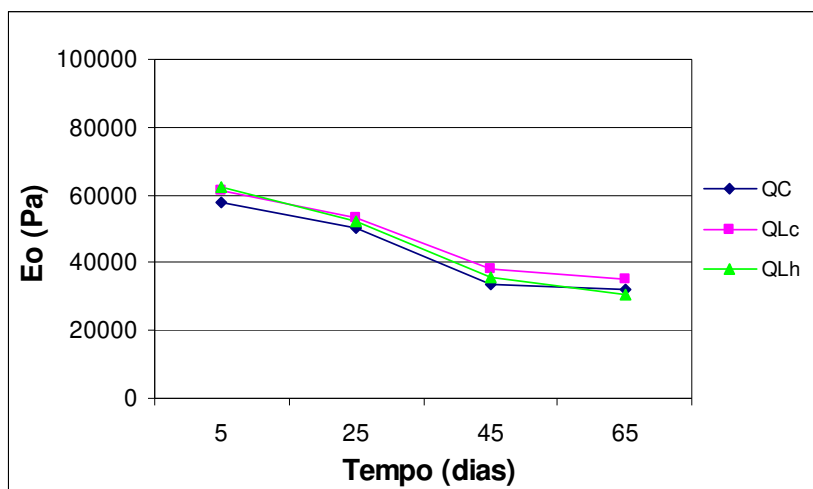


FIGURA 13. Módulo elástico de equilíbrio (E_0) dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

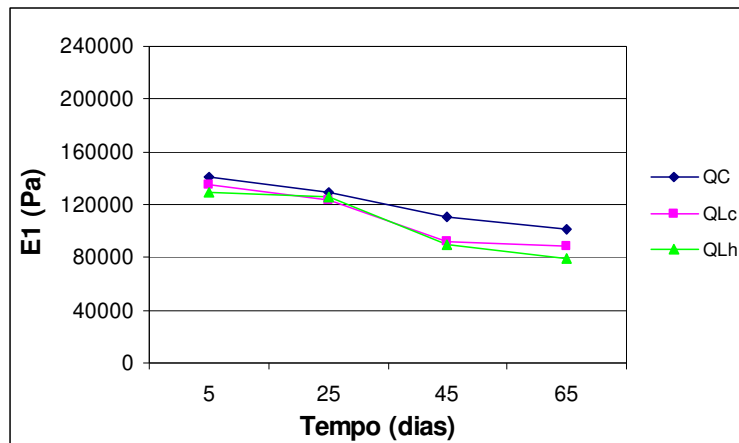


FIGURA 14. Módulo de elasticidade do elemento com menor tempo de relaxação (E_1) dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

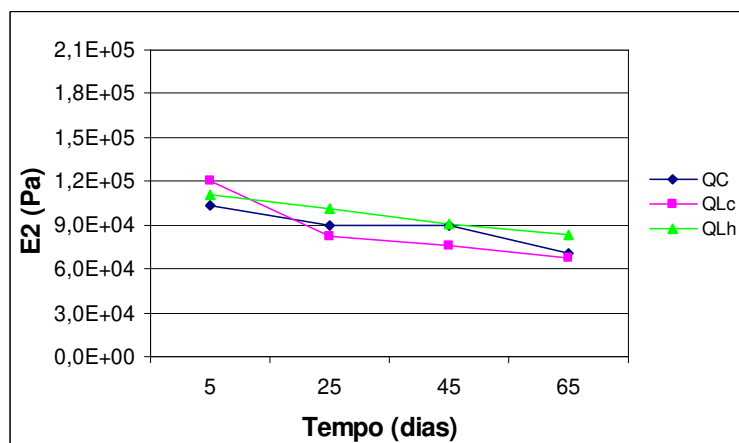


FIGURA 15. Módulo de elasticidade do elemento com maior tempo de relaxação (E_2) dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

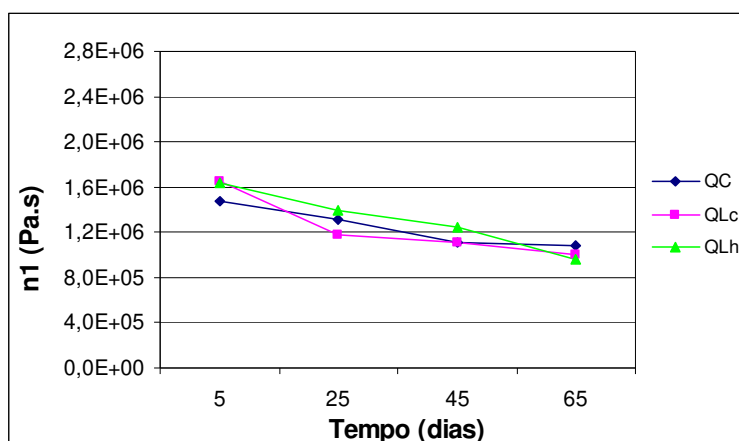


FIGURA 16. Viscosidade do elemento com menor tempo de relaxação (η_1) dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

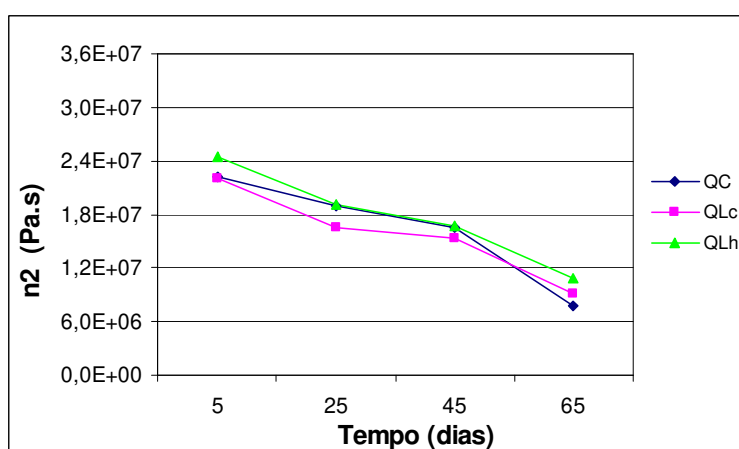


FIGURA 17. Viscosidade do elemento com maior tempo de relaxação (η_2) dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

3.4. Microestrutura

As microestruturas dos queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados com e sem cultura adjunta são mostradas na Figura 18, em aumento de 1500 vezes.

Nos três queijos observou-se uma estrutura semelhante a uma esponja, com uma rede tridimensional de proteína contínua e densa que apresenta volumes esvaziados de diferentes diâmetros. Com a diminuição do teor de gordura os queijos apresentam matriz protéica mais densa que nos queijos integrais. Os glóbulos de gordura, representados por volumes com diâmetro menor, estão sob distribuição uniforme.

Os QLC e QLh apresentaram uma rede protéica um pouco menos compacta e mais aberta, indicando que esses queijos Estariam com uma proteólise mais avançada que o QC, como mostra a Figura 5. As diferenças na microestrutura observada nos queijos fabricados com o uso de *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta, deveu-se provavelmente à ação adicional do sistema proteolítico dessas bactérias sobre a matriz de caseína.

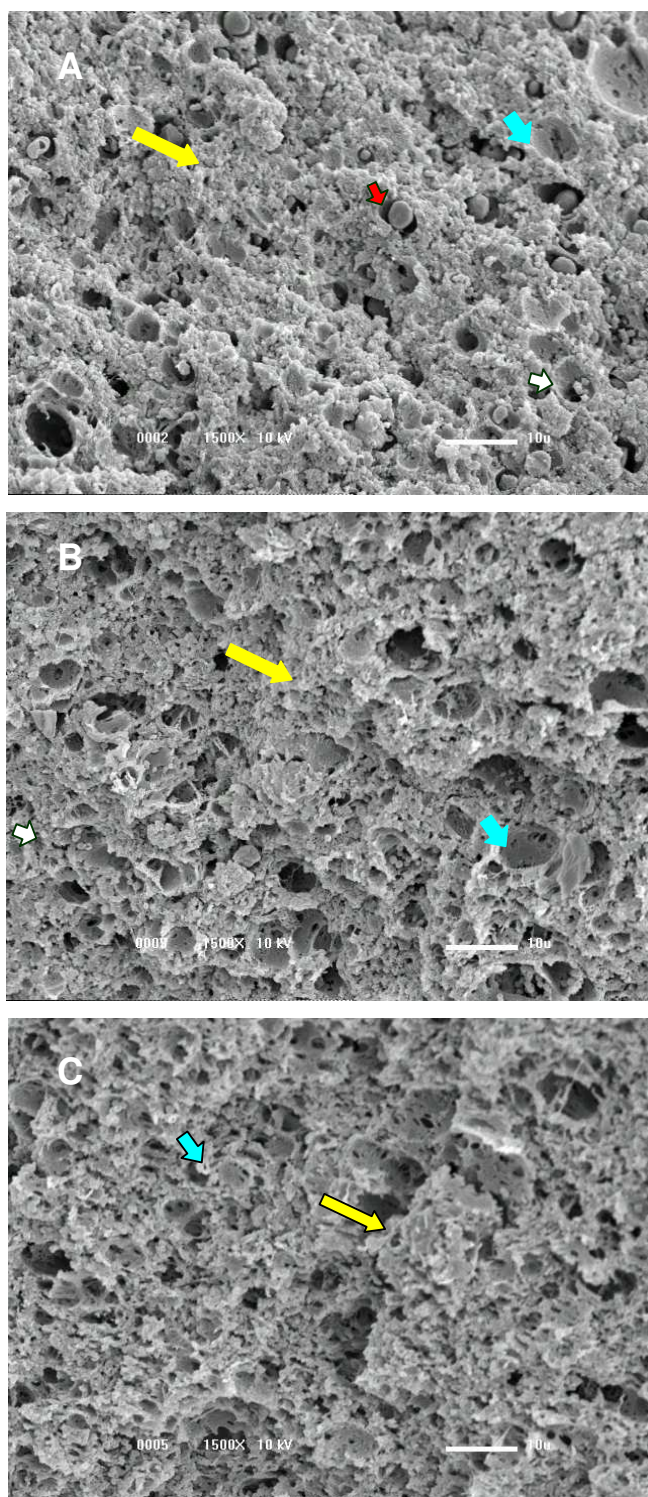


FIGURA 18. Queijo Prato com reduzido teor de gordura aos 50 dias de armazenamento refrigerado. A) QC; B) QLc; C) QLh. Setas amarelas: matriz protéica; Setas azuis: espaços ocupados pela gordura; Setas brancas: microrganismos; Setas vermelhas: glóbulos de gordura não extraídos. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

3.5. Análise sensorial

3.5.1. Análise sensorial descritiva (ADQ)

As médias dos atributos sensoriais gerados pelos provadores treinados para cada tipo de queijo Prato com reduzido teor de gordura encontram-se na Tabela VIII.

Tabela VIII. Média atribuídas pelos provadores treinados para os atributos sensoriais das amostras de queijo com e sem cultura adjunta aos 65 dias de armazenamento refrigerado (n = 3 repetições). QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

ATRIBUTOS	QC	QLc	QLh
Cor amarela	7,24 ^a	7,18 ^a	7,02 ^a
Aroma ácido	4,32 ^b	4,58 ^b	5,31 ^a
Gosto ácido	4,73 ^b	4,58 ^b	5,57 ^a
Gosto amargo	4,30 ^b	4,32 ^b	5,03 ^a
Gosto salgado	5,76 ^a	5,45 ^a	5,25 ^a
Sabor de queijo Prato integral	5,95 ^{a,b}	5,47 ^b	6,45 ^a
Maciez	5,30 ^a	4,16 ^b	4,77 ^a
Borrachento	2,92 ^b	4,30 ^a	3,27 ^b

Em uma mesma linha, médias com letras em comum não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05)

A Figura 19 apresenta o perfil sensorial dos queijos Prato com reduzido teor de gordura. O centro da figura representa o ponto zero da escala e a intensidade aumenta do centro para a periferia. A média de cada atributo por amostra é marcada no eixo correspondente, onde o perfil sensorial é traçado pela conexão dos pontos.

A Figura 19 e a análise estatística indicaram que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os queijos para os atributos intensidade de cor amarela e gosto salgado. O QLh apresentou maior intensidade de aroma ácido, gosto ácido e gosto amargo. No entanto, mesmo com uma maior percepção de gosto amargo, o QLh foi o queijo que apresentou um sabor mais próximo do queijo Prato integral, provavelmente devido ao aumento da atividade da aminopeptidase, resultante da adição do *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta. As aminopeptidases associadas a culturas adjuntas, em especial o *Lactobacillus helveticus*, são responsáveis pelo aumento da concentração de precursores de sabor [14] [13] [12]. Em relação à textura, o QC e o QLh apresentaram-se mais macios e menos borrachento do que o QLc.

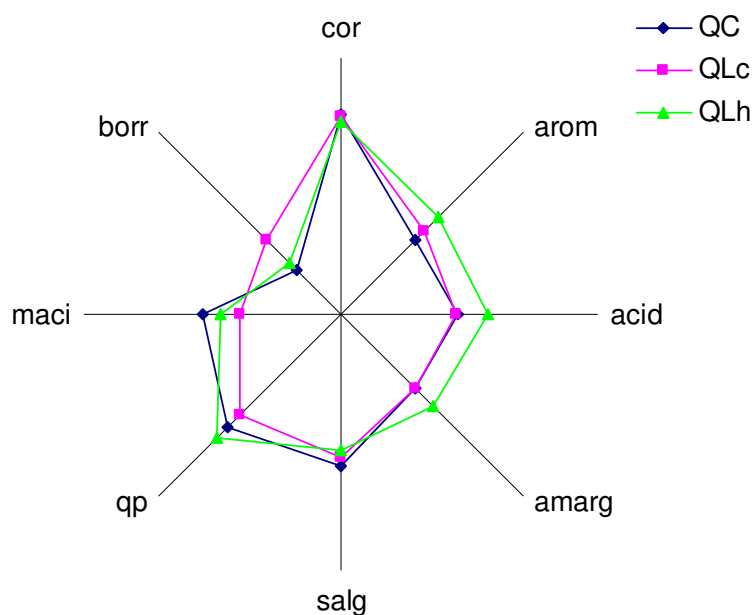


Figura 19. Perfil sensorial dos queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados com e sem cultura adjunta. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

Os resultados da ADQ dos queijos Prato com reduzido teor de gordura foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP) evidenciando as características sensoriais de cada.

No gráfico da ACP (Figura 20), as amostras são representadas por triângulos, sendo cada vértice uma repetição e os atributos são representados como vetores, os quais caracterizam as amostras que se localizam próximas a eles. Assim, o QLh apresentou maiores intensidades de aroma ácido, gosto ácido,

gosto amargo e sabor de queijo Prato integral e o QLc caracterizou-se por ser mais borrachento. O QC e QLh apresentaram-se como queijos mais macios.

Quanto maior a decomposição do vetor nos eixos componentes, maior sua importância para diferenciar as amostras. Nesse caso, os atributos aroma ácido, gosto ácido, gosto amargo, sabor de queijo Prato integral e maciez explicaram 53,07% da variabilidade ocorrida entre as amostras no primeiro componente principal (CP1). A variabilidade explicada pelo segundo CP foi devido ao atributo borrachento.

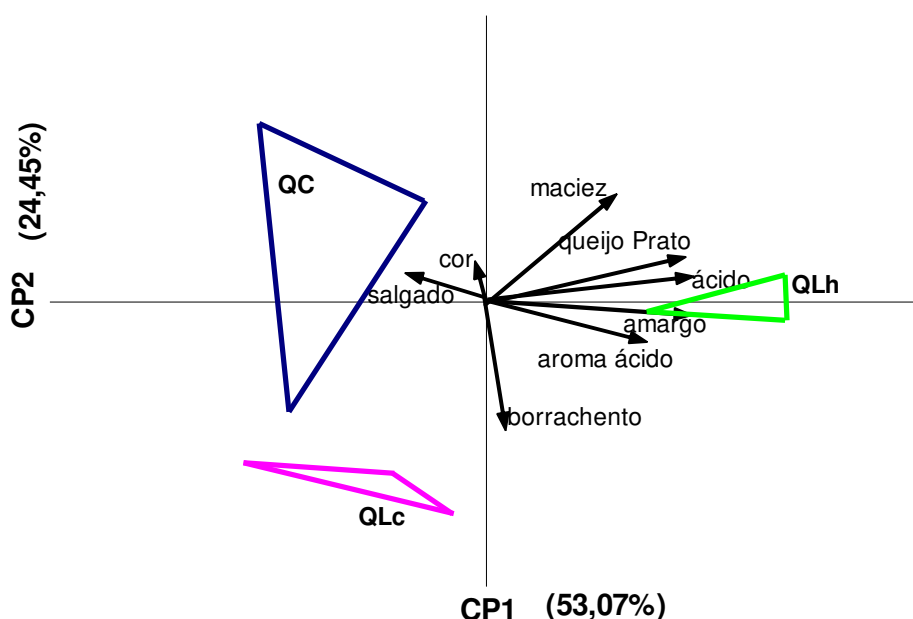


Figura 20. Análise de Componentes principais para atributos sensoriais de queijo Prato com reduzido teor de gordura. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

3.5.2. Teste de aceitação

As médias de aceitação atribuídas aos queijos pelos consumidores, para os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global são apresentadas na Tabela IX.

Conforme pode ser visualizado, os QC e QLc não apresentaram diferenças de aceitação significativas ($p>0,05$) em nenhum dos atributos avaliados. Resultados semelhantes foram encontrados por Gomes *et. al.* [22] quando comparou um queijo Prato com reduzido teor de gordura controle com outro adicionado de *Lactobacillus casei* como cultura adjunta.

Tabela IX. Média das notas atribuídas pelos provadores para as amostras de queijo Prato com reduzido teor de gordura (n = 40 provadores). QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

ATRIBUTOS	QC	QLc	QLh
Aparência	7,70 ^a	7,38 ^a	7,73 ^a
Aroma	7,13 ^a	7,28 ^a	7,48 ^a
Sabor	6,63 ^b	6,83 ^b	7,55 ^a
Textura	5,60 ^b	6,28 ^b	7,03 ^a
Impressão global	6,68 ^b	6,93 ^b	7,48 ^a
Intenção de compra	3,68 ^b	3,80 ^b	4,15 ^a

Em uma mesma linha, médias acompanhadas de letras em comum, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

¹ 1 = desgostei muito, 9 = gostei muito

² 1 = certamente não compraria, 5 = certamente compraria

No entanto, os queijos adicionados de *Lactobacillus helveticus* apresentaram melhor sabor e melhor textura em relação ao QC e QLc. A melhoria da textura, provavelmente, foi decorrente da ação adicional do sistema proteolítico dessa bactéria sobre a matriz de caseína. Já a melhoria do sabor, deveu-se essencialmente ao aumento da atividade da aminopeptidase, como explicado anteriormente. Isso pode ser confirmado pelos maiores índices de profundidade de proteólise para o QLh (Figura 5), diferença essa acentuada com o tempo de maturação. Os resultados acima estão de acordo com a avaliação feita pelo painel treinado para a ADQ.

A melhoria na textura e no sabor dos QLh foi responsável pela melhor impressão global e maior intenção de compra desses queijos. Cerca de 80 % dos provadores certamente ou provavelmente comprariam o queijo Prato com reduzido teor de gordura fabricado com a adição de *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta o que indica uma boa aceitação sensorial. Já no caso do QLc e QC, a maior parte dos provadores (50%) tinha dúvidas ou provavelmente não comprariam o produto, indicando um menor nível de aceitação.

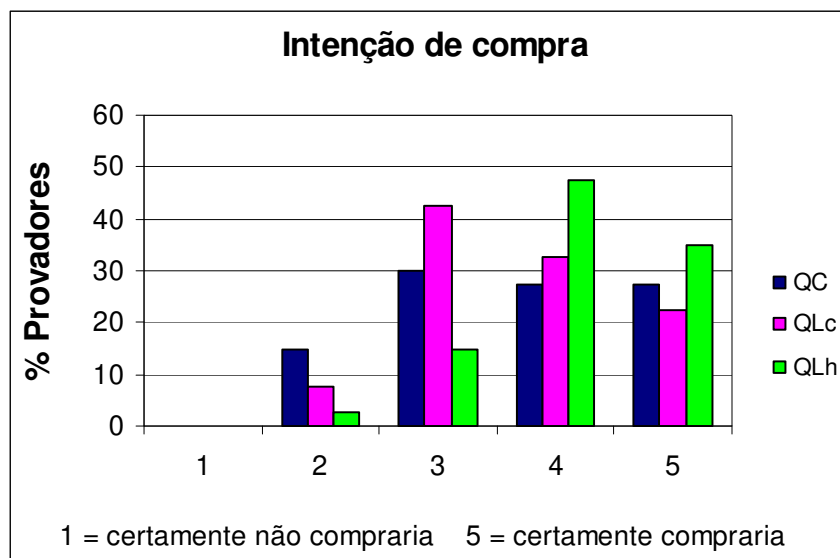


FIGURA 21. Histograma de freqüências da avaliação sensorial dos queijos Prato com reduzido teor de gordura com e sem cultura adjunta em relação à intenção de compra. QC = queijo controle, QLc = queijo com adição de *Lactobacillus casei*; QLh = queijo com adição de *Lactobacillus helveticus*.

4. CONCLUSÕES

A adição de *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta não resultou em diferenças nos índices de extensão de proteólise, nos parâmetros viscoelásticos e na evolução da microbiota do queijo Prato com reduzido teor de gordura durante a cura. Entretanto, o maior índice de profundidade de proteólise e a avaliação sensorial – ADQ e teste de aceitação - mostraram que o queijo produzido com *Lactobacillus helveticus* foi mais bem aceito em relação ao sabor e a textura. O uso dessa cultura adjunta também

aumentou a aceitação dos queijos para os atributos impressão global e intenção de compra indicando que 80% dos consumidores certamente ou provavelmente comprariam o QLh. Em geral, entre as duas culturas adjuntas utilizadas, o *Lactobacillus helveticus* foi o que apresentou melhor potencial no sentido de melhorar a aceitação sensorial global do queijo Prato com reduzido teor de gordura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ARDÖ, Y. In: LAW, B.A. (ed.). Microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk. 2 ed. London: Blackie Academic & Professional, 1997. 365p.

[2] ARDO, Y.; LARSSON, P. O.; LINDMARK-MANSSON, H.; HEDENBERG, A. Studies of peptidolysis during early maturation and its influence on low fat cheese quality. *Milchwissenschaft*, v.44, p. 485-489, 1989.

[3] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 15. ed. Washington, 1995. 109 p.

[4] ATHERTON, H. V.; NEWLANDER, J.A. Chemistry and testing of dairy products. 4. ed. Westport: AVI, 396p, 1981.

[5] BARROS, C. M. V.; CARDELLO, H. M. A. B.; VIOTTO, W. H. Perfil sensorial de queijos Prato de baixo teor de gordura comercializados na cidade de Campinas - SP. Recife: SBCTA, 2004. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 4 p.

[6] BARROS, C. M. V.; GALLINA, D. A.; CUNHA, C. R.; VIOTTO, L. A.; VIOTTO, W. H. Efeito do uso de cultura adjunta (*Lactobacillus helveticus*) na composição, proteólise e propriedades viscoelásticas de queijo Prato *light*. Programa y libro de resúmenes CIBIA IV. Valparaíso, Chile, 2003

- [7] BLAKESLEY, R. W.; BOEZI, J. A. Chemistry and testing of dairy products. 4 ed. Westport: AVI, 1977. 396 p.
- [8] BROOME, M. C.; KRAUSE, D. A.; HICKEY, M. W. The use of non-starter lactobacilli in cheddar cheese manufacture. *Austr. J. Dairy Technol.*, v. 45, p. 67-73, 1990.
- [9] BYNUM, D. G.; BARBANO, D. M. Whole milk reverse osmosis retentates for cheddar cheese manufacturing: chemical changes during ageing. *Journal of Dairy Sci.*, v. 68, n. 1, p. 1-10, Jan., 1985.
- [10] CICHOSZ, G.; ZALECKA, A.; LENKIEWICZ, M. The influence of streptococci and lactobacilli on proteolysis in Gouda cheese. *Milchwissenschaft*, v. 58, n. 5/6, p. 297-300, 2003
- [11] CUNHA, C. R. Efeito do uso de retentados de baixo fator de concentração no rendimento, proteólise e propriedades viscoelásticas de queijo Minas Frescal de baixo teor de gordura fabricado a partir de leite ultrafiltrado. 114p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002
- [12] DRAKE, M.A.; SWANSON, B.G. Reduced and Low-fat Cheese Technology: A review. *Trends in Food Science and Technology*, v. 6, p. 366-369, 1995.

[13] DRAKE, M. A.; BOYLSTON, T. D.; SWANSON, B. G. Chemical and sensory effects of *Lactobacillus adjunct* in cheddar cheese. *Food Research Int.*, v. 29, n. 3-4, p. 381-387, 1996.

[14] EL SODA, M.; MADKOR, S. A.; TONG, P. S. Adjunct cultures: recent developments and potential significance to the cheese industry. *J. Dairy Sci.*, v. 83, p. 609-619, 2000.

[15] FARKYE, N. Y.; KIELY, L. J.; ALLSHOUSE, R. D.; KINDSTEDT, P. S. Proteolysis in Mozzarella cheese during refrigerated storage. *J. Dairy Sci.*, v. 74, p. 1433-1438, 1991.

[16] FENELON, M.A.; RYAN, M.P.; REA, M.C.; GUINEE, T.P.; ROSS, R.P.; HILL, C.; HARRINGTON, D. Elevated temperature ripening of reduced-fat Cheddar made with or without lactacin 3147 – producing starter culture. *Journal of Dairy Sci.*, v.82, p.10-22, 1999.

[17] FOX, P.F.; GUINEE, T.P.; COGAN, T.M.; MCSWEENEY, P.L.H. *Fundamentals of cheese science*. 1998, 587p.

[18] FOX, P.F.; SINGH, T.K.; MCSWEENEY, P.L.H. Biogenesis of flavor compounds in cheese. In: MALIN, E.L.; TUNICK, M.H. (Eds.). *Chemistry of*

structure – Function relationships in cheese. New York, London: Plenum Press, 1995. Cap.6, p. 59-98.

[19] FOX, P.F. Proteolysis During Cheese Manufacture and Ripening. *Journal of Dairy Science*, v.72, p.1379-1400, 1989.

[20] FURTADO, M. M.; LOURENÇO NETO, J. P. M. L. *Tecnologia de Queijos. Manual Técnico para a Produção Industrial de Queijos*. São Paulo: Dipemar, 1994. 118p.

[21] GALLINA, D. A.; BARROS, C. M. V.; VIOTTO, W. H. Aceitação sensorial de queijo Prato *light* com *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta. Porto Alegre: SBCTA, 2002. CD-ROM do 18º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

[22] GOMES, C. S.; BARROS, C. M. V.; VIOTTO, W. H. Uso de *Lactobacillus casei* e *Micrococcus* como cultura adjunta para melhoria de propriedades sensoriais de queijo Prato *light*. Campinas: SLACA, 2003. CD-ROM do 5º Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos.

[23] KATSIARI, M.C.; VOUTSINAS, L.P.; KONDYLI, E. Improvement of sensory quality of kefalograviera-type cheese by using commercial special starter cultures. *Journal of Dairy Science*, v. 85, n. 11, p. 2759-2767, 2002.

[24] KINDSTEDT, P. S. Effect of manufacturing factors, composition and proteolysis on the functional characteristics of Mozzarella cheese. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 33, n.2, p. 167-187, 1993.

[25] KOSIKOWSKI, F. V.; MISTRY, V.V. Cheese and fermented milk foods. 3ed. Westport: AVI, 1997. 728p.

[26] McSWEENEY, P. L. H.; FOX, P. F.; LUCEY, J. A.; JORDAN, K. N.; COGAN, T. M. Contribution of indigenous microflora to the maturation of Cheddar cheese. *Int. Dairy J.*, v.3, p.613-634, 1993.

[27] MINISTÉRIO DA SAÚDE – SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar, Portaria nº. 27, de 13 de janeiro de 1998.

[28] MISTRY, V.V. Low fat cheese technology. *Int. Dairy J.*, v 11, p.413-422, 2001.

[29] MISTRY, V. V.; ANDERSON, D. L. Composition and microstructure of comercial full-fat and low-fat cheeses. *Food Structure*, v.12, n.2, p. 259-266, 1993.

[30] MORENO, I.; VIALTA, A.; LERAYER, A. L. S.; DESTRO, M. T. A importância da microbiota adicionada e autóctone na maturação de queijo Prato. *Indústria de Laticínios*, v.7, n.39, p.59-62, 2002.

[31] RICHARDSON, G.H. Standard Methods for Examination of Dairy Products. American Publ. Health Assoc, Washington, 1985.

[32] RODRÍGUEZ, J. Recent advances in the development of low-fat cheeses. Trends in Food Science and Technology, v.9, p. 249-254, 1998.

[33] RODRÍGUEZ, J.; REQUENA, T.; GOUDEDRANCHE, H. MAUBOIS, J. L.; JUAREZ, M. Accelerated ripening of reduced fat semi-hard cheese from a mixture of cow's, goat's and ewe's ultrafiltrated milk by using a Lac-Prt⁻ strain of lactococci. Lait, v. 76, p. 513-522, 1996.

[34] ROGOSA, M., MITCHELL, J. A.; WISEMAN, R. F. A selective meduim for the enumeration of oral and faecal lactobacilli. J. Bacteriol., v.62, p.132-133, 1951.

[35] SPADOTI, L. M. Avaliação de propriedades do queijo tipo Prato obtido por modificações no processo tradicional de fabricação. 229p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

[36] STONE, H.; SIEDEL, J. L.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINON, R. C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. Food Technol., v. 28, n. 11, p. 24-34, 1974.

- [37] TAMIME, A. Y.; KÁLAB, M.; DAVIES, G.; YOUNIS, M. F. Microstructure and firmness of processed cheese manufactured from cheddar cheese and skim milk powder cheese base. *Food Structure*, v. 9, p. 23-37, 1990.
- [38] TARAS, M. J. Standard methods for the examination of water and waste water. American Public Health Association, 1971.
- [39] TERZAGHI, B. E.; SANDINE, W. E. Improved media for lactic streptococci and their bacteriophages. *Appl. Microbiol.*, v. 29, p.807-813, 1975.
- [40] VAN DEN BERG, D. J. C.; SMITS, A.; POT, B.; LEDEBOER, A. M.; KERSTERS, K.; VERBAKEL, M. A.; VERRIPS, C. T. Isolation, screening and identification of lactic acid bacterial from tradicional food fermentation process and cultura collections. *Food Biotechn.*, v.7, n.3, 189-205, 1993.
- [41] YUN,J. J.; KIELY, L. J. , KINDSTEDT, P. S.; BARBANO, D. M. Mozzarella Cheese: impact of milling pH on functional properties. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3639-3647, 1993.

CAPÍTULO 4 - INFLUÊNCIA DO USO DE RETENTADOS DE BAIXO FATOR DE CONCENTRAÇÃO NO RENDIMENTO DO QUEIJO PRATO COM REDUZIDO TEOR DE GORDURA.

Artigo redigido segundo as normas da Revista *Milchwissenschaft*

INFLUÊNCIA DO USO DE RETENTADOS DE BAIXO FATOR DE CONCENTRAÇÃO NO RENDIMENTO DO QUEIJO PRATO COM REDUZIDO TEOR DE GORDURA

C.M.V. BARROS, A.C.O. RIBEIRO, W.H. VIOTTO.

Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

Cx. Postal 6121, CEP: 13083-970 - Campinas-SP, Brasil. E-mail: walkiria@fea.unicamp.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influencia do uso de retentados de baixo fator de concentração (FC) na composição e no rendimento do queijo Prato com reduzido teor de gordura. Dois fatores de concentração (FC 1,5 e 2,0) foram comparados com leite (FC 1,0) e os ensaios foram realizados em triplicata. Foram determinadas as composições do leite, retentado, permeado, soro e queijos, além de recuperações de gordura e proteína e o rendimento de fabricação. O uso de retentados não influenciou significativamente ($p>0,05$) a composição química dos queijos. Os queijos feitos com retentados apresentaram tendência de maior recuperação de gordura e proteína no queijo e de maior rendimento ajustado.

Queijo Prato, reduzido teor de gordura, ultrafiltração, rendimento.

Abstract

The objective of this work was to determine the influence of the use of low concentration factor (CF) ultrafiltration retentates on composition and yield of reduced fat Prato cheese. Two concentration factors (1.5 and 2.0) were compared with a control (CF 1.0) and three trials were carried out. Milk, retentate, permeate, whey and cheese compositions were determined. Fat and protein recoveries and yield were also calculated. Differences on the concentration factor had no significant influence ($p>0.05$) on chemical composition. Cheese made with CF 1.5 and 2.0 showed a tendency for higher fat and protein recoveries and yield.

Prato Cheese, reduced fat, ultrafiltration, yield.

1. INTRODUÇÃO

O queijo Prato é um dos queijos mais consumidos no Brasil e, devido à preocupação da população com a saúde, nos últimos anos, este queijo vem sendo fabricado com reduzido teor de gordura.

Queijos com reduzido teor de gordura apresentam menor rendimento de fabricação, o que se torna, em termos econômicos, uma desvantagem no processo de fabricação.

A pré-concentração do leite por ultrafiltração (UF) vem sendo usada como a primeira etapa de fabricação de vários tipos de queijos com reduzido teor de gordura e vem despertando bastante interesse por aumentar o rendimento dos queijos produzidos [4] [10] [13]. Esse processo apresenta ainda a vantagem de

melhorar a textura e o sabor em relação ao queijo fabricado pelo método convencional, devido ao decréscimo do teor de lactose, que controla a taxa de acidificação, e à incorporação das proteínas do soro, que, além de aumentar o rendimento, aumentam a capacidade de retenção de água do queijo, tornando-o mais macio [13].

Uma das alternativas para se obter queijos com reduzido teor de gordura com características mais próximas aos tradicionais e, ao mesmo tempo, maior rendimento é a utilização de retentados de baixos fatores de concentração. Fatores de concentração (FC) na faixa de 1,5 a 2,0 são utilizados na fabricação de queijos para a padronização de proteínas e assim obter rendimento e qualidade mais constantes [8]. A grande vantagem, além da utilização dos mesmos equipamentos da tecnologia tradicional, é que a capacidade da planta pode ser aumentada em decorrência da redução do volume de leite a ser processado.

RIBEIRO [15] testou o efeito de retentados de baixos fatores de concentração (FC 1,5 e FC 2,0) no rendimento de queijo Prato integral e observou que à medida que o FC aumentava, o rendimento de fabricação também aumentava quando comparado a um controle, fabricado a partir de leite não concentrado.

O rendimento de fabricação de queijo Prato com reduzido teor de gordura utilizando essa tecnologia ainda não foi estudado. Logo, o objetivo desse trabalho foi avaliar influência do uso de retentados de baixo fator de concentração (FC 1,5 e FC 2,0) no rendimento do queijo Prato com reduzido teor de gordura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Ultrafiltração do leite

O processo de fabricação do queijo foi dividido em três etapas, em virtude da capacidade da planta piloto. A primeira etapa consistiu na padronização e pasteurização do leite, a segunda na ultrafiltração do leite e a terceira na fabricação dos queijos.

Leite cru desnatado (340 Kg) proveniente do Laticínio Suíço Holandês Ltda - MALIBU, foi padronizado com creme de leite esterilizado comercial a um teor de gordura igual a 0,5%. O leite padronizado foi pasteurizado em trocador de calor a placas a 72°C/ 15 s, resfriado a 5°C e armazenado em latões de 50 litros em câmara fria a temperatura menor que 5°C durante a noite.

No dia seguinte, dois terços do leite (aproximadamente 230 kg) foram aquecidos a 50 °C e concentrados por ultrafiltração em uma unidade piloto dotada de membrana tipo *hollow fiber* de polissulfona, marca Romicon[®], com peso molecular de corte de 10 kDa e área superficial de 1,4 m². As condições operacionais foram às mesmas utilizadas por CUNHA [5]: pressão transmembrana de 1,2 kgf/cm² (pressão de entrada de 1,6 kgf/cm²; pressão de saída de 0,8 kgf/cm²) e vazão volumétrica de 4 m³/h.

O leite foi então concentrado até obtenção de retentado a fator de concentração (FC) 2,5. O FC foi calculado conforme a equação abaixo:

$$FC = \frac{\text{massa de leite (kg)}}{\text{massa de leite (kg)} - \text{massa de permeado (kg)}} \quad (1)$$

Esse cálculo, no entanto, estará sujeito a uma série de erros, em virtude da dificuldade de determinar a quantidade exata de retentado. Portanto, o FC foi recalculado com base no fator de concentração da gordura, dado por:

$$FC = \frac{\text{Teor de gordura no retentado (\%)}}{\text{Teor de gordura no leite (\%)}} , \quad (2)$$

uma vez que a gordura é o único componente do leite totalmente retido pela membrana, ou seja, apresenta um coeficiente de retenção de 100%.

Utilizou-se aproximadamente 110 litros para cada tratamento (FC 1,5 e FC 2,0).

Após cada processamento, a membrana foi submetida à limpeza e sanitização, de acordo com as normas do fabricante, para a recuperação de sua capacidade de permeação original.

O retentado e o permeado foram armazenados em câmara fria a 5 °C junto ao leite restante (110 kg) até o dia seguinte.

2.2. Fabricação dos queijos

Três tanques de queijo foram fabricados por dia, um para cada tratamento, resultando num total de nove ensaios, previamente aleatorizados.

O retentado de FC 2,5 foi dividido em duas partes, equivalente a 110 kg de leite não concentrado e a cada parte foi adicionado permeado, em quantidade suficiente, de modo a obter retentados com FC 1,5 e FC 2,0.

O leite (controle – FC 1,0) ou retentado (FC 1,5 ou FC 2,0) foi transferido para o tanque de fabricação, dotado de camisa de aquecimento a vapor, de acordo com a ordem do sorteio, e aquecidos a 35 °C. Em seguida, foi adicionado o cloreto de cálcio 50%, a cultura mesófila acidificante e aromatizante Flora Dânica CHN-22 (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*) na dose recomendada pelo fabricante e o corante urucum – 0,04%.

Para a coagulação do leite, foi utilizado coalho bovino Bela Vista®, da Fábrica de Coalhos e Coagulantes Bela Vista Produtos Enzimáticos Indústria e Comércio Ltda, em quantidade suficiente para coagular 110 litros de leite em 35 minutos.

A coalhada foi, então, cortada em cubos de 0,5 cm de aresta. Iniciou-se uma agitação lenta por cerca de 15 minutos (1ª mexedura), seguida da remoção de 30% de soro e aquecimento da coalhada (2ª mexedura), com adição de 30% de água quente (80°C) até 40°C, de modo a atingir o ponto de massa. Após o término do aquecimento, retirou-se grande parte do soro e as massas foram então colocadas em formas plásticas de queijo prato de 0,5 Kg e prensadas, à temperatura ambiente, em prensas verticais, com pesos de aço inox que foram colocados gradativamente, até se atingir o peso correspondente de 20 vezes o peso da massa.

Foram realizadas três viragens: a primeira após 30 minutos de enformagem, a segunda após 1h e 30min e a terceira após 16 h.

Ao saírem da prensa, os queijos foram colocados em salmoura (20% sal) por 9 horas a 4°C, secos a 5°C por 48 h e, então, embalados a vácuo em sacos plásticos termoencolhíveis e armazenados a 12°C por um período de 65 dias.

A Figura 1 mostra o fluxograma de fabricação do queijo Prato com reduzido teor de gordura.

2.3. Amostragem do queijo

Os queijos foram tomados aleatoriamente. Para todas as análises, foram retiradas e desprezadas fatias de aproximadamente 0,5 cm das laterais e das partes superior e inferior. A parte central foi preparada em função de cada tipo de análise. Para as análises de composição química, pH e acidez titulável, a parte central da peça foi cortada em cubos e triturada em multiprocessador, até obtenção de partículas de 2-3 mm. O material assim obtido foi homogeneizado manualmente, acondicionado em frascos de vidro e mantidos sob refrigeração (12 °C) até o momento das análises.

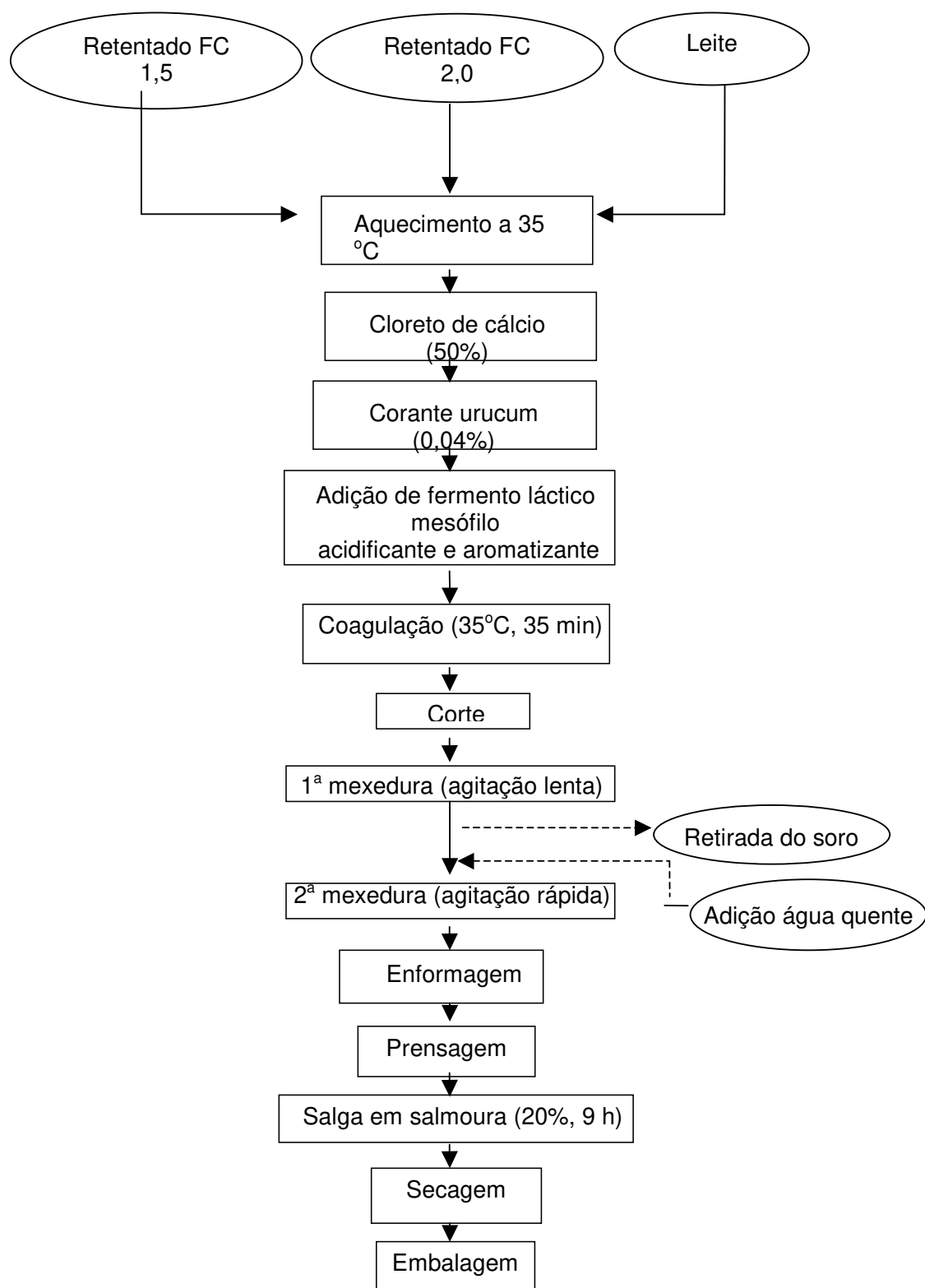


FIGURA 1. Fluxograma de processamento do queijo Prato com reduzido teor de gordura.

2.4. Análises de composição química

2.4.1. Análises do leite, retentado, permeado, soro.

O leite, retentados, permeado e soro foram submetido às análises extrato seco total, pelo método gravimétrico em estufa de circulação forçada, a 100 °C/24 horas [1]; gordura, pelo método de extração etérea de Monjonier [1]; nitrogênio total, pelo método de Kjeldahl [1]; e nitrogênio não protéico, pela metodologia descrita por [2], seguida do método de Kjeldahl [1]. No leite, retentados e soros foram também analisados os pH, pelo método potenciométrico; acidez titulável [3]. O teor de cálcio no leite e nos retentados foi determinado por digestão úmida, seguida de titulação com EDTA, na presença de murexida [19]; e o teor de nitrogênio não caseíco, usando a metodologia desenvolvida por ROWLAND [17], seguida do método de Kjeldahl [1]. Os valores de nitrogênio foram multiplicados por 6,38, para a obtenção dos teores equivalentes de proteína. Todas as análises, exceto pH e acidez titulável (duplicata) foram realizadas em triplicata.

2.4.2. Análises do queijo

Foram realizadas análises de pH pelo método potenciométrico; acidez titulável [3]; teor de gordura pelo método de Gerber [11]; umidade pelo método gravimétrico, em estufa de circulação forçada, a 100 °C/24 horas, segundo o método AOAC 925.23 [1]; sal pelo método de Volhard [16]; cálcio por digestão úmida do queijo, seguida de titulação com EDTA, na presença de murexida [19]; nitrogênio total, pelo método de Kjeldahl [1]; nitrogênio não protéico, através da determinação de nitrogênio total na fração solúvel em ácido tricloroacético (TCA) 12% [1]; e nitrogênio não caseíco, através da determinação de nitrogênio total na

fração solúvel a pH 4,6 [1]. Os valores de nitrogênio foram multiplicados pelo fator 6,38 para obtenção dos valores equivalentes de proteína. Todas as análises foram realizadas em triplicatas, exceto pH e acidez titulável (duplicata).

2.5. Cálculos de recuperação de gordura e proteína

O cálculo da porcentagem de recuperação (%R) de gordura e nitrogênio foi realizado segundo a equação abaixo:

$$\%R \text{ componente na amostra} = \frac{\text{massa da amostra} \times \% \text{componente na amostra}}{\text{massa retentado} \times \% \text{componente retentado}} \quad (3)$$

onde a amostra foi soro ou queijo e, o componente, a gordura ou proteína.

A recuperação total (RT) de gordura ou proteína foi calculada de acordo com a equação 4:

$$RT = \% R \text{ soro} + \% R \text{ queijo} \quad (4)$$

2.6. Cálculos de rendimento

O rendimento de fabricação dos queijos foi calculado segundo a equação 5:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{massa de queijo após embalagem}}{\text{massa de leite}} \quad (5)$$

Como há variações nos teores de umidade e sal dos queijos, o rendimento ajustado (RAJ) (6) foi calculado para efeito de comparação. Foram considerados um conteúdo desejado de sal de 1,5% e uma umidade de 50%.

$$RAJ = \frac{(\text{rendimento}) \times [100 - (\% \text{umidade real} + \% \text{sal real})]}{100 - (\% \text{umidade desejada} + \% \text{sal desejada})} \quad (6)$$

2.7. Planejamento experimental e análise estatística dos resultados

Para avaliar o efeito do uso de retentados na composição química, recuperação de gordura e proteína e rendimento foi aplicado um plano do tipo aleatorizado em blocos. O fator estudado foi o fator de concentração do leite, nos níveis 1,0 (leite não concentrado), 1,5 e 2,0, com três repetições para cada tratamento. Os resultados obtidos foram analisados através de Análise de Variância, utilizando-se o teste de Duncan para verificar diferenças entre as amostras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição do leite

A composição média do leite padronizado utilizado nos experimentos (n=3) é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição média (n=3) do leite utilizado na fabricação do queijo controle e na ultrafiltração.

Componente	Leite
Sólidos Totais, %	9,10 ± 0,45
Gordura, %	0,59 ± 0,07
Proteína Total, %	3,13 ± 0,11
NNP, % ¹	0,018 ± 0,004
Cálcio, %	0,11 ± 0,004
Acidez, °Dornic	18,09 ± 2,55
pH	6,80 ± 0,08

¹ Nitrogênio Não Protéico

3.2. Ultrafiltração do leite

A quantidade de leite ultrafiltrado, nos três experimentos, foi cerca de 230 Kg, de modo a evitar diferenças no tempo de processo. Assim, o tempo médio gasto na ultrafiltração do leite até FC 2,5 foi de 2 horas e 40 minutos. CUNHA [5], trabalhando com a mesma membrana e mesmas condições de operação, obteve um tempo médio de processo bem próximo (2 horas e 30 minutos) enquanto

FERREIRA [7], obteve um tempo médio superior (5 horas e 30 minutos) por utilizar leite previamente acidificado a pH 5,6.

Os valores de sólidos totais, gordura, proteína e nitrogênio não protéico do permeado obtido na ultrafiltração são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Composição média (n=3) do permeado obtido por ultrafiltração do leite até FC 2,5

Componente	Permeado
Sólidos Totais, %	5,52 \pm 0,25
Gordura, %	0,00 \pm 0,00
Proteína Total, %	0,22 \pm 0,04
NNP, % ¹	0,02 \pm 0,01

A composição média do permeado foi bem próxima a da composição obtida por FERREIRA [7] para leite ultrafiltrado até o mesmo FC.

O permeado não apresentou gordura, indicando que houve a retenção de 100% desse componente. Membranas com peso moléculas de corte de 10 kDa não permitem a passagem de gordura para o permeado [7] [5].

3.3. Composição dos retentados

A Tabela 3 apresenta a composição do leite e dos retentados utilizados na fabricação dos queijos.

Os teores de sólidos totais, gordura, proteína, caseína aumentaram com o aumento do fator de concentração. Componentes de alto peso molecular como gordura e proteína são retidos pela membrana durante o processo de ultrafiltração [10]. Os mesmos resultados foram observados por CUNHA [5] e FERREIRA [7].

Tabela 3. Composição média (n=3) do leite e dos retentados de baixo fator de concentração utilizados na fabricação dos queijos.

Componente	Leite	Retentado FC 1,5	Retentado FC 2,0
Sólidos Totais, %	9,10 ± 0,45 ^c	10,88 ± 0,27 ^b	12,81 ± 0,21 ^a
Gordura, %	0,59 ± 0,07 ^c	0,89 ± 0,10 ^b	1,17 ± 0,11 ^a
Proteína Total, %	3,13 ± 0,11 ^c	4,58 ± 0,06 ^b	5,86 ± 0,05 ^a
NNP, % ¹	0,018 ± 0,004 ^a	0,016 ± 0,001 ^a	0,017 ± 0,003 ^a
Caseína, %	2,53 ± 0,09 ^c	3,36 ± 0,07 ^b	4,76 ± 0,004 ^a
C/G ²	4,28 ± 0,07 ^a	4,16 ± 0,01 ^a	4,05 ± 0,11 ^a
C/PT ³	0,036 ± 0,002 ^a	0,038 ± 0,002 ^a	0,035 ± 0,002 ^a
Cálcio, %	0,11 ± 0,004 ^c	0,17 ± 0,004 ^b	0,20 ± 0,013 ^a
Acidez, °Dornic	18,09 ± 2,55 ^c	20,94 ± 2,28 ^b	25,00 ± 2,82 ^a
pH	6,80 ± 0,08 ^a	6,73 ± 0,12 ^a	6,76 ± 0,14 ^a

¹ Nitrogênio Não Protéico

² Relação Caseína/Gordura

³ Relação Caseína/Proteína Total

Médias com letras em comum, na mesma linha, não diferem significativamente entre si (p>0,05).

A acidez titulável aumentou com o aumento do fator de concentração (p=0,001). A concentração das proteínas aumentou a acidez aparente dos retentados resultando em um aumento da capacidade tamponante, como pode ser

confirmado pela manutenção do pH, que não apresentou diferença significativa com a mudança do FC (Tabela 3).

O teor de cálcio também aumentou com o aumento do FC ($p=0,0002$), refletindo a concentração de cálcio micelar durante a ultrafiltração. Durante o processo de UF, a porção do cálcio presente no leite que se encontrava ligado à caseína foi retida e concentrada enquanto o cálcio iônico atravessou a membrana [5] [10]. Com o aumento do teor de caseína com o FC, o cálcio apresentou comportamento semelhante, o que pode ser confirmado pelos valores apresentados na Tabela 3.

3.4. Composição dos soros

A composição média dos soros obtidos na fabricação dos queijos é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4. Composição média ($n=3$) dos soros obtidos a partir de leite e de retentados de baixo fator de concentração.

Componente	FC zero	FC 1,5	FC 2,0
Sólidos Totais, %	$6,44 \pm 0,01^b$	$6,87 \pm 0,03^b$	$7,07 \pm 0,11^a$
Gordura, %	$0,10 \pm 0,01^c$	$0,15 \pm 0,02^b$	$0,21 \pm 0,01^a$
Proteína Total, %	$0,78 \pm 0,16^c$	$1,14 \pm 0,10^b$	$1,56 \pm 0,32^a$
NNP, % ¹	$0,019 \pm 0,003^c$	$0,028 \pm 0,003^b$	$0,037 \pm 0,006^a$
Acidez, °Dornic	$10,72 \pm 0,16^c$	$11,54 \pm 0,27^b$	$12,19 \pm 0,19^a$
pH	$6,64 \pm 0,18^a$	$6,65 \pm 0,17^a$	$6,64 \pm 0,18^a$

Médias com letras em comum, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p>0,05$).

Os resultados da Tabela 4 indicam que houve um aumento de todos os componentes do soro com o aumento do FC do leite. Entretanto, esse aumento percentual não reflete necessariamente um aumento da perda desses componentes no soro, uma vez que a quantidade de soro liberada diminuiu com o aumento do FC do leite. Portanto, para se ter uma idéia da perda real desses componentes no soro, principalmente o de proteína e gordura, é necessário recorrer ao cálculo de recuperação de gordura e proteína, que apresenta a distribuição desses componentes no soro e no queijo, expressos em massa ao invés de percentagem.

A acidez titulável dos soros aumentou significativamente com o aumento do FC, provavelmente porque o soro estava mais concentrado em sólidos devido ao menor volume liberado com o aumento do FC. Já o pH se manteve constante para todos os soros devido à capacidade tamponante de sais e proteínas presentes no soro.

3.5. Composição dos queijos

A Tabela 5 apresenta a composição dos queijos fabricados a partir de leite e retentados de FC 1,5 e 2,0. Os dados são referentes a composição do queijo após cinco dias de fabricação.

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre a composição química dos queijos feitos com retentados quando comparados ao controle, embora haja uma tendência de aumento de gordura, proteína e cálcio com o aumento do FC.

Os queijos experimentais apresentaram um teor de umidade mais elevado que o de um queijo Prato integral, que é em média 43% [9]. A redução do teor de gordura alterou o balanço de alguns de seus componentes provocando um aumento nos teores de umidade.

O teor de gordura dos queijos foi em média 6,28%, apresentando uma redução de 77,6% em relação ao queijo Prato tradicional, que é de 28% [9]. Logo, os queijos obtidos podem ser classificados como queijos *light* de reduzido teor de gordura [14].

Tabela 5. Composição média (n=3) dos queijos Prato fabricados com leite (FC 1,0) e retentados de baixo fator de concentração (FC 1,5 e FC 2,0).

Componente	FC zero	FC 1,5	FC 2,0
Umidade, %	53,43 \pm 0,82 ^a	53,08 \pm 0,69 ^a	53,00 \pm 0,45 ^a
Gordura, %	6,10 \pm 0,14 ^a	6,30 \pm 0,52 ^a	6,40 \pm 0,14 ^a
GBS ¹ , %	13,06 \pm 0,20 ^a	13,39 \pm 0,95 ^a	13,65 \pm 0,25 ^a
Proteína Total, %	32,31 \pm 0,22 ^a	32,55 \pm 0,06 ^a	33,76 \pm 0,13 ^a
Caseína, %	30,61 \pm 1,41 ^a	31,40 \pm 0,87 ^a	32,13 \pm 1,36 ^a
PBS ²	69,42 \pm 3,81 ^a	68,60 \pm 2,59 ^a	71,82 \pm 2,13 ^a
C/G ³	5,02 \pm 0,34 ^a	4,98 \pm 0,56 ^a	5,00 \pm 0,26 ^a
Sal,%	1,56 \pm 0,22 ^a	1,73 \pm 0,06 ^a	1,61 \pm 0,13 ^a
S/U ⁴	3,02 \pm 0,45 ^a	3,40 \pm 0,10 ^a	3,14 \pm 0,28 ^a
Cálcio, %	1,10 \pm 0,07 ^a	1,16 \pm 0,04 ^a	1,21 \pm 0,12 ^a
Ca/P ⁵	0,035 \pm 0,001 ^a	0,036 \pm 0,001 ^a	0,036 \pm 0,002 ^a
Acidez, °Dornic	0,51 \pm 0,13 ^a	0,52 \pm 0,03 ^a	0,47 \pm 0,08 ^a
pH	5,40 \pm 0,05 ^a	5,45 \pm 0,12 ^a	5,47 \pm 0,09 ^a

¹Gordura em base seca

²Proteína em base seca

³Relação caseína/gordura

⁴Relação sal/umidade

⁵Relação cálcio/proteína

Obs: médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si (p>0,05).

3.6. Recuperação de gordura e proteína

Os valores médios de recuperação de gordura e proteína no soro e nos queijos são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6. Recuperação média (n=3) de gordura e proteína nos soros e nos queijos fabricados com leite e retentados de baixo fator de concentração.

Queijo	Recuperação de gordura		Recuperação de proteína	
	Soro %	Queijo %	Soro %	Queijo %
FC 1,0	22,57 \pm 0,27 ^a	77,43 \pm 0,27 ^a	28,07 \pm 3,43 ^a	71,93 \pm 3,43 ^a
FC 1,5	19,39 \pm 2,72 ^a	80,61 \pm 2,72 ^a	25,88 \pm 1,76 ^a	74,12 \pm 1,76 ^a
FC 2,0	19,36 \pm 0,39 ^a	80,64 \pm 0,39 ^a	25,04 \pm 4,11 ^a	74,96 \pm 4,11 ^a

Médias com letras em comum, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si (p>0,05).

Não foram verificadas diferenças significativas na recuperação de gordura (p=0,1116) e de proteína (p=0,2935) no queijo e nos soros com o aumento do FC do leite. Entretanto, pode ser verificada uma tendência de aumento na recuperação de gordura no queijo quando se usou retentados (FC 1,5 e 2,0) ao invés de leite (FC 1,0) na fabricação do queijo.

Como esperado, todos os nossos queijos, que são de baixo teor de gordura, apresentaram menores recuperações de gordura quando comparados aos queijos integrais [18]. O mesmo comportamento também foi verificado por CUNHA [5] para queijo Minas frescal com reduzido teor de gordura, fabricado a partir de retentados FC 1,2, 1,5 e 1,8.

Em relação à recuperação de proteína, também houve uma tendência de maior recuperação de proteína nos queijos fabricados com os retentados (FC 1,5 e 2,0) em relação ao fabricado com leite (FC 1,0). Segundo LELIEVRE & LAWRENCE [12], que trabalharam com retentados de FC mais alto, o aumento do teor de proteínas resulta em uma coalhada mais firme e mais difícil de manipular, o que provoca uma maior perda e, portanto, menor recuperação de proteína no soro. Isso não ocorreu em nossos experimentos, demonstrando que na fabricação de queijo com retentados de baixo FC, esses efeitos não são tão significativos, não havendo dificuldades na manipulação da colhada.

3.7. Rendimento do queijo

Os valores de rendimento real e rendimento ajustado dos queijos produzidos a partir de leite e retentados de baixo fator de concentração são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Rendimento médio (n=3) dos queijos fabricados com leite e retentados de baixo fator de concentração.

Rendimento	FC zero	FC 1,5	FC 2,0
(kg queijo/100kg leite)			
Rendimento real	7,30 ± 0,21 ^a	7,40 ± 0,34 ^a	7,43 ± 0,37 ^a
Rendimento ajustado	6,78 ± 0,30 ^a	6,95 ± 0,35 ^a	7,06 ± 0,28 ^a

Médias com letras em comum, na mesma linha, não diferem significativamente entre si (p>0,05).

Não foi verificada diferença significativa ($p=0,2622$) entre os tratamentos quanto ao rendimento real dos queijos. O rendimento ajustado, também não apresentou diferença significativa ($p=0,0697$) em relação ao uso de retentados. Embora não tenha havido diferença estatisticamente significativa do aumento do rendimento ajustado com o aumento do FC, houve uma tendência de aumento com o aumento do FC, como mostra o valor de p ($0,0697$), muito próximo do $p=0,05$ utilizado para determinar a significância do tratamento. Isso indica que, provavelmente, com um número maior de repetições, fosse possível confirmar as tendências de aumento de rendimento com o aumento do FC.

4. CONCLUSÃO

A utilização de retentados de baixo fator de concentração (FC 1,5 e 2,0) na fabricação do queijo Prato com reduzido teor de gordura resultaram em queijos com composição química bastante semelhante ao queijo controle.

Houve uma tendência do aumento do rendimento dos queijos fabricados com retentados devido a maior tendência de recuperação de proteína e gordura nos queijos e menores perdas desses componentes no soro.

Os resultados obtidos mostram que a utilização de retentados de baixo fator de concentração é viável na produção de queijo Prato com reduzido teor de gordura, pois permite padronizar a matéria prima e aumentar a capacidade de utilização da planta promovendo aumento no rendimento de fabricação dos queijos em relação ao processo tradicional.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AOAC: Official methods of analysis of AOAC international, Washington, 109 (1995).
- (2) ASCHAFFENBURG, R.; DREWRY, J. In: International Dairy Congress, 15., Proceedings, **15**, 1631-1637 (1959).
- (3) ATHERTON, H. V., NEWLANDER, J.A.: Chemistry and testing of dairy products, AVI, Westport, 396 (1981).
- (4) BENITO, J. J.: Revista do I.L.C.T., **nov-dez.**, 41-47 (1980).
- (5) CUNHA, C. R.: Efeito do uso de retentados de baixo fator de concentração no rendimento, proteólise e propriedades viscoelásticas de queijo Minas Frescal de baixo teor de gordura fabricado a partir de leite ultrafiltrado. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Unicamp, Campinas, SP, Brasil (2002).
- (6) DRAKE, M.A.; SWANSON, B.G.: Trends in Food Science and Technology, **6**, 366-369 (1995).
- (7) FERREIRA, D.N.: Influencia do uso de retentados de baixo fator de concentração no rendimento e na qualidade da mussarela de reduzido teor de gordura feita por acidificação direta. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Unicamp, Campinas, SP, Brasil (2004).
- (8) FOX, P.F., GUINEE, T.P., COGEN, T.M., McSWEENEY, P.L.H.: Fundamentals of cheese science, Gaithersburg, Aspen, 587 (1998).
- (9) FURTADO, M.M., LOURENÇO NETO, J.P.M.L.: Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos, Dipemar Ltda. São Paulo, 118 (1994).
- (10) GREEN, M.L., ANDERSON, J.S.M., GRIFFIN, M.C.A., GLOVER, F.A.: J. Dairy Res. **51** (2) 267-278 (1984).
- (11) KOSIKOWSKI, F. V., MISTRY, V.V.: Cheese and fermented milk foods, AVI, Westport, 728 (1997).
- (12) LELIEVRE, J., LAWRENCE, R.C.: J. Dairy Res. **55** (3) 465-478 (1988).
- (13) MCGREGOR, J.U., WHITE, C.H.: J. Dairy Sci. **73** (3) 571-578 (1990).

- (14) MINISTÉRIO DA SAÚDE – SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar, Portaria nº. 27, Brasil (1998).
- (15) RIBEIRO, E.P.: Aplicação da ultrafiltração de leite no processo de fabricação de queijo tipo prato, Tese de doutorado, Unicamp, Campinas, SP, Brasil (1996).
- (16) RICHARDSON, G.H.: Standard methods for examination of dairy products. American Publ. Health Assoc, Washington (1985).
- (17) ROWLAND, S.J. J. Dairy Res, **9**, (1) 42-49 (1938).
- (18) RUDAN, M. A; BARBANO, D. M.; YUN, J. J.; KINDSTEDT, P. S. Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality and yield of Mozzarella cheese. Journal of Dairy Science, v. 86, n. 4, p.661-672, Apr., 1999.
- (19) TARAS, M. J. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association (1971)

CAPÍTULO 5 – INFLUÊNCIA DO USO DE RETENTADOS DE BAIXO FATOR DE CONCENTRAÇÃO NA QUALIDADE DO QUEIJO PRATO COM REDUZIDO TEOR DE GORDURA

Artigo redigido segundo as normas da Revista *Food Chemistry*

Influência do uso de retentados de baixo fator de concentração na qualidade do queijo Prato com reduzido teor de gordura

C.M.V. BARROS¹, A.C.O. RIBEIRO¹, H.M.A. BOLLINI², W.H. VIOTTO^{1*}.

¹Departamento de Tecnologia de Alimentos. ²Departamento de Alimentos e Nutrição. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

Cx. Postal 6121, CEP: 13083-970 - Campinas-SP, Brasil. * E-mail: walkiria@fea.unicamp.br

RESUMO

A influência do uso de retentados de ultrafiltração de baixo fator de concentração (FC) na composição, proteólise, capacidade de derretimento, propriedades funcionais, microestrutura e características sensoriais do queijo Prato com reduzido teor de gordura foi avaliada. Dois FC (1,5 e 2,0) foram comparados a um controle (leite não ultrafiltrado; FC 1,0). Os processamentos foram realizados em triplicata. A composição dos queijos foi determinada no quinto dia após a fabricação. A proteólise, capacidade de derretimento e as propriedades reológicas foram avaliadas após 5, 25, 45 e 65 dias de fabricação. Os parâmetros viscoelásticos foram obtidos a partir de testes de compressão uniaxial e relaxação. As amostras foram avaliadas sensorialmente através de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e testes de aceitação. Diferenças nos fatores de concentração não influenciaram significativamente ($p>0,05$) a composição, o pH, índices de proteólise, capacidade de derretimento, propriedades reológicas e microestrutura dos queijos. No decorrer do tempo de armazenamento, o pH e a capacidade de derretimento aumentaram até o 25º dia e os índices de extensão e profundidade aumentaram até o 65º dia. Os queijos apresentaram se mais macios e menos

elásticos com o decorrer do tempo de armazenamento. Os queijos fabricados a partir de retentados tiveram boa aceitação. Os queijos controle (QC) e os fabricados com retentado FC 2,0 (Q2,0) foram os que apresentaram maior intensidade de sabor de queijo Prato integral. Com relação à intenção de compra, a maioria dos provadores certamente ou provavelmente compraria esses queijos.

Palavras chave: queijo Prato, reduzido teor de gordura, ultrafiltração, proteólise, reologia, análise sensorial.

ABSTRACT

The use of low concentration factor ultrafiltration retentates on composition, proteolysis, meltability, rheological properties, microstructure and sensory characteristics of reduced fat Prato cheese was evaluated. Two concentration factors (1.5 and 2.0) were compared with a control (non ultrafiltered milk; CF 1). The trials were replicated three times. Cheese composition was determined after 5 days of manufacture. Cheese proteolysis, meltability and rheological properties were evaluated after 5, 25, 45 and 65 days. Viscoelastic parameters were obtained using force-compression and relaxation tests. Cheese sensory characteristics were evaluated using Quantitative Descriptive Analysis (QDA) and acceptability tests. Cheese made with retentates FC 1.5 and 2.0 presented similar chemical composition when compared with control cheese. The use of retentates had no significantly influence ($p>0.05$) on pH, acidity, proteolysis, melting, rheological properties and microstructure of the cheeses. The relaxation tests indicated that

the cheeses were softer and less elastic with age, probably due to increasing proteolysis with storage time. The cheeses made with retentates had good acceptability. Cheeses made with non ultrafiltered milk (CC) and retentate CF2.0 (2.0 C) showed typical flavor of full fat Prato cheese. Buying intention grades showed that the consumers would certainly or probably buy these cheeses.

Keywords: Prato cheese, reduced fat, ultrafiltration, proteolysis, rheology, sensorial analysis.

1. INTRODUÇÃO

A associação da gordura com a obesidade e doenças cardiovasculares, tem gerado um aumento na demanda por queijos com reduzido teor de gordura, entre eles, o Prato. O crescimento só não é maior, em razão dos defeitos sensoriais atribuídos aos queijos Prato com reduzido teor de gordura como aroma fraco, sabores indesejáveis e textura muito firme e elástica. A redução do teor de gordura também afeta os parâmetros reológicos dos queijos, aumentando a firmeza e a elasticidade da matriz de caseína (Mistry, 2001).

Existem diversas técnicas disponíveis para melhorar o sabor e a textura de queijos com reduzido teor de gordura, tais como, o uso da ultrafiltração. A aplicação da ultrafiltração na fabricação de queijos tem sido muito usada e inclui desde a padronização do teor de proteína do leite até a obtenção do pré-queijo líquido, passando pelo uso de retentados de concentração intermediária (Kosikowski & Mistry, 1997).

Uma das alternativas para se obter queijos com reduzido teor de gordura com características mais próximas aos tradicionais e, ao mesmo tempo, maior rendimento é a utilização de retentados de baixos fatores de concentração. Fatores de concentração (FC) na faixa de 1,5 a 2,0 são utilizados na fabricação de queijos para a padronização de proteínas e assim obter rendimento e qualidade mais constantes (Fox, Guinee, Cogen & McSweeney, 1998). A grande vantagem, além da utilização dos mesmos equipamentos da tecnologia tradicional, é que a capacidade da planta pode ser aumentada em decorrência da redução do volume de leite a ser processado.

A fabricação de queijos Minas Frescal e Mussarela de reduzido teor de gordura, utilizando-se de retentados de baixo fator de concentração já foi estudada por Cunha (2002) e Ferreira (2004), respectivamente. Porém para o queijo Prato ainda nada foi visto. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do uso de retentados de baixo fator de concentração (FC = 1,5 e 2,0) na qualidade do queijo Prato com reduzido teor de gordura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Ultrafiltração do leite

O processo de fabricação do queijo foi dividido em três etapas, em virtude da capacidade da planta piloto. A primeira etapa consistiu na padronização e pasteurização do leite, a segunda na ultrafiltração do leite e a terceira na fabricação dos queijos.

Leite cru desnatado (340 Kg) proveniente do Laticínio Suíço Holandês Ltda - MALIBU, foi padronizado com creme de leite esterilizado comercial a um teor de gordura igual a 0,5%. O leite padronizado foi pasteurizado em trocador de calor a placas a 72°C/ 15 s, resfriado a 5°C e armazenado em latões de 50 litros em câmara fria a temperatura menor que 5°C durante a noite.

No dia seguinte, dois terços do leite (aproximadamente 230 kg) foram aquecidos a 50 °C e concentrados por ultrafiltração em uma unidade piloto dotada de membrana tipo *hollow fiber* de polissulfona, marca Romicon[®], com peso molecular de corte de 10 kDa e área superficial de 1,4 m². As condições operacionais foram às mesmas utilizadas por Cunha (2002): pressão transmembrana de 1,2 kgf/cm² (pressão de entrada de 1,6 kgf/cm²; pressão de saída de 0,8 kgf/cm²) e vazão volumétrica de 4 m³/h.

O leite foi então concentrado até obtenção de retentado a fator de concentração (FC) 2,5. O FC foi calculado conforme a equação abaixo:

$$FC = \frac{\text{massa de leite (kg)}}{\text{massa de leite (kg)} - \text{massa de permeado (kg)}} \quad (1)$$

Esse cálculo, no entanto, estará sujeito a uma série de erros, em virtude da dificuldade de determinar a quantidade exata de retentado. Portanto, o FC foi recalculado com base no fator de concentração da gordura, dado por:

$$FC = \frac{\text{Teor de gordura no retentado (\%)}}{\text{Teor de gordura no leite (\%)}} \quad (2)$$

uma vez que a gordura é o único componente do leite totalmente retido pela membrana, ou seja, apresenta um coeficiente de retenção de 100%.

A quantidade de leite utilizada foi baseada na quantidade de queijo necessária para as análises a serem realizadas. Utilizou-se aproximadamente 110 litros para cada tratamento (FC 1,5 e FC 2,0).

Após cada processamento, a membrana foi submetida à limpeza e sanitização, de acordo com as normas do fabricante, para a recuperação de sua capacidade de permeação original.

O retentado e o permeado foram armazenados em câmara fria a 5 °C junto ao leite restante (110 kg) até o dia seguinte.

2.2. Fabricação do queijo

Três tanques de queijo foram fabricados por dia, um para cada tratamento, resultando num total de nove ensaios, previamente aleatorizados.

O retentado de FC 2,5 foi dividido em duas partes, equivalente a 110 kg de leite não concentrado e a cada parte foi adicionado permeado, em quantidade suficiente, de modo a obter retentados com FC 1,5 e FC 2,0.

O leite (controle – FC 1,0) ou retentado (FC 1,5 ou FC 2,0) foi transferido para o tanque de fabricação, dotado de camisa de aquecimento a vapor, de acordo com a ordem do sorteio, e aquecidos a 35 °C. Em seguida, foi adicionado o cloreto de cálcio 50%, a cultura mesófila acidificante e aromatizante Flora Dânica CHN-22 (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides*

subsp. *cremoris*) na dose recomendada pelo fabricante e o corante urucum – 0,04%.

Para a coagulação do leite, foi utilizado coalho bovino Bela Vista®, da Fábrica de Coalhos e Coagulantes Bela Vista Produtos Enzimáticos Indústria e Comércio Ltda, em quantidade suficiente para coagular 110 litros de leite em 35 minutos.

A coalhada foi, então, cortada em cubos de 0,5 cm de aresta. Iniciou-se uma agitação lenta por cerca de 15 minutos (1ª mexedura), seguida da remoção de 30% de soro e aquecimento da coalhada (2ª mexedura), com adição de 30% de água quente (80°C) até 40°C, de modo a atingir o ponto de massa. Após o término do aquecimento, retirou-se grande parte do soro e as massas foram então colocadas em formas plásticas de queijo prato com 0,5 Kg e prensadas, à temperatura ambiente, em prensas verticais, com pesos de aço inox que foram colocados gradativamente, até se atingir o peso correspondente de 20 vezes o peso da massa.

Foram realizadas três viragens: a primeira após 30 minutos de enformagem, a segunda após 1h e 30min e a terceira após 16 h.

Ao saírem da prensa, os queijos foram colocados em salmoura (20% sal) por 9 horas a 4°C, secos a 5°C por 48 h e, então, embalados a vácuo em sacos plásticos termoencolhíveis e armazenados a 12°C por um período de 65 dias.

A Figura 1 mostra o fluxograma de fabricação do queijo Prato com reduzido teor de gordura.

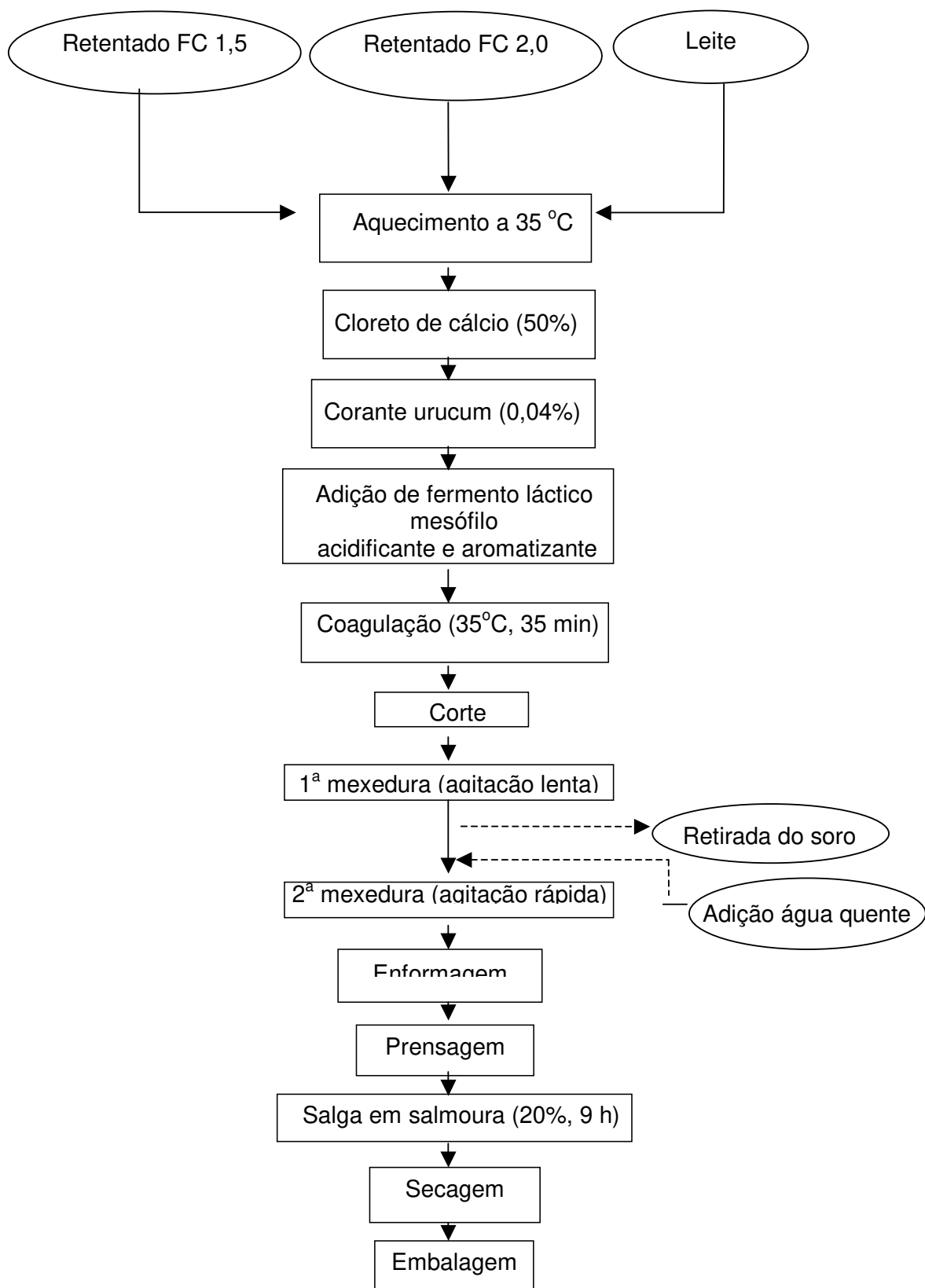


FIGURA 1. Fluxograma de processamento do queijo Prato com reduzido teor de gordura.

2.3. Amostragem do queijo

Os queijos foram tomados aleatoriamente. Para todas as análises, foram retiradas e desprezadas fatias de aproximadamente 0,5 cm das laterais e das partes superior e inferior. A parte central foi preparada em função de cada tipo de análise. Para as análises de composição química, pH e acidez titulável, a parte central da peça foi cortada em cubos e triturada em multiprocessador, até obtenção de partículas de 2-3 mm. O material assim obtido foi homogeneizado manualmente, acondicionado em frascos de vidro e mantidos sob refrigeração (12 °C) até o momento das análises.

2.4. Análises de composição química do queijo

Foram realizadas análises de pH pelo método potenciométrico; acidez titulável (Atherton & Newlander, 1981); teor de gordura pelo método de Gerber (Kosikowski & Mistry, 1997); umidade pelo método gravimétrico, em estufa de circulação forçada, a 100 °C/24 horas, segundo o método AOAC 925.23; sal pelo método de Volhard (Richardson, 1985); cálcio por digestão úmida do queijo, seguida de titulação com EDTA, na presença de murexida (Taras, 1971); nitrogênio total, pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995); nitrogênio não protéico, através da determinação de nitrogênio total na fração solúvel em ácido tricloroacético (TCA) 12% (AOAC, 1995) ; e nitrogênio não caseíco, através da determinação de nitrogênio total na fração solúvel a pH 4,6 (Bynum & Barbano, 1985). Os valores de nitrogênio foram multiplicados pelo fator 6,38 para obtenção dos valores equivalentes de proteína. Todas as análises foram realizadas em triplicatas exceto pH e acidez titulável (duplicata).

2.5. Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado

2.5.1. Evolução do pH

A evolução do pH (método potenciométrico) foi monitorada nos dias 5, 25, 45 e 65 de armazenamento refrigerado a 12°C.

2.5.2. Evolução da proteólise

A proteólise dos queijos foi monitorada durante os dias 5, 25, 45 e 65 de armazenamento refrigerado a 12°C através da avaliação dos índices de extensão e profundidade, além de eletroforese.

Os índices de extensão e profundidade foram determinados de acordo com as equações 3 e 4.

$$\text{Extensão} = \frac{(\% \text{nitrogênio solúvel a pH 4,6}) \times 100}{\% \text{ nitrogênio total}} \quad (3)$$

$$\text{Profundidade} = \frac{(\% \text{nitrogênio solúvel em TCA 12\%}) \times 100}{\% \text{ nitrogênio total}} \quad (4)$$

A eletroforese em gel de poliacrilamida (Uréia-PAGE) foi realizada usando-se uma unidade vertical Protean III xi (BioRad®), de acordo com o método descrito por Farkye, Kiely, Allshouse & Kindstedt (1991). Os géis foram corados com Brilliant Blue G, seguindo-se metodologia descrita por Blakesley & Boezi (1977). A concentração dos géis de separação e concentração foi respectivamente, 12,5% e 4%.

Os extratos para eletroforese foram preparados dissolvendo-se 12-16 mg de amostra de queijo (equivalente a 0,4% de proteína) em 1 mL de tampão, com aquecimento a 37°C durante 1 hora. Em seguida foram adicionados 5µL 2-mercaptoetanol e as amostras foram aquecidas novamente a 37°C por mais 45 minutos. O tampão para dissolução da amostra foi preparado usando-se 1,5 g de trishidroximetil aminometano (TRIS), 84 g de uréia, ácido clorídrico concentrado até pH 6,7 e 0,1g de azul de bromofenol, para um volume final de 200 mL com água destilada. Tanto para o padrão quanto para as amostras a quantidade aplicada no gel foi de 5µL. A separação das amostras foi feita a 200V até o corante indicador (azul de bromofenol) atingir o final do gel. Os géis foram corados por imersão na solução de corante durante 1 noite e descorados com água destilada.

2.5.3. Capacidade de derretimento

Para a avaliação da capacidade de derretimento, foi retirado um cilindro da parte central da peça com o auxílio de uma sonda de aço inox de 36 mm de diâmetro interno. O cilindro foi fracionado transversalmente com um fatiador de ovo modificado para obter cilindros de 6 mm de altura. O teste foi realizado em seis replicatas segundo o método de Schreiber descrito por YUN, KIELY, KINDSTEDT & BARBANO (1993).

Cada um dos cilindros foi colocado em placa de Petri e deixado à temperatura ambiente por 1 hora. Após esse período as placas foram levadas a uma estufa com circulação e renovação de ar a 107°C por 7 minutos. Em seguida foram retiradas, deixadas à temperatura ambiente por 30 minutos e determinado o

diâmetro do queijo derretido em quatro direções diferentes separadas por um ângulo de 45°.

A capacidade de derretimento foi avaliada nos dias 5, 25, 45 e 65 de armazenamento refrigerado.

2.6. Propriedades reológicas dos queijos: compressão uniaxial e relaxação

O comportamento reológico dos queijos foi avaliado nos dias 5, 25, 45 e 65 de armazenamento refrigerado, através de testes de compressão uniaxial e de relaxação. As análises foram realizadas em um texturômetro TA-XT2I, da Texas Instrumentos, ajustado com uma célula de carga de 50 kg. Para o preparo das amostras foram retirados 6 cilindros de 24mm de altura por 20 mm de diâmetro de cada queijo, não sendo utilizados o centro e as bordas. Os cilindros foram então embalados individualmente em filme PVC, acondicionados em sacos plásticos resistentes à penetração de líquidos e mantidos em banho de água gelada a 10°C por pelo menos 1h e 30 min antes do início dos testes. As amostras foram comprimidas por uma placa de alumínio de 35 mm de diâmetro.

Os testes de compressão uniaxial e relaxação foram realizados conforme Cunha, 2002.

2.7. Microestrutura

Os queijos foram submetidos à microscopia eletrônica de varredura (MEV) no dia 60 de armazenamento refrigerado. As amostras foram preparadas de acordo com a metodologia modificada de Tamime, Kálab, Davies & Younis (1990).

As amostras foram recortadas com lâminas de aço inox novas no tamanho 2,5 x 2,5 x 5 mm, fixadas em glutaraldeído 2% em tampão fosfato de sódio 0,1M pH 7,10 por 1 noite a temperatura ambiente, lavadas c/ tampão fosfato 0,1M (2 x 15 min) e então pós fixadas em tetróxido de ósmio 1% em tampão fosfato 0,1M por 8 hs. Após esse tempo, as amostras foram lavadas novamente com tampão fosfato 0,1M (2 x 15 min) e desidratadas gradualmente usando etanol nas concentrações de 70% (2 x 15 min), 90% (2 x 15 min), 95% (2 x 10 min), 100% (3 x 10 min) e acetona 100% (2 x 30 min). As amostras foram secas em secador de ponto crítico CPD 030 da Balzers, fraturadas a temperatura ambiente, montadas em *stubbs* de alumínio com cola de prata e metalizadas com ouro usando metalizador SCD 050 também da Balzers e levadas para observação ao microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM-5800LV a 10 kV.

2.8. Análise Sensorial

As amostras dos queijos Prato com reduzido teor de gordura foram avaliadas sensorialmente por testes de ADQ (provadores treinados) e de aceitação (provadores não treinados). As amostras foram avaliadas após 65 dias de armazenamento refrigerado. Os testes foram realizados em cabines individuais do Laboratório de Análise Sensorial do DTA, FEA-Unicamp, sob luz branca. As amostras codificadas com números de três dígitos foram apresentadas de forma monádica em pratos descartáveis brancos, cortadas em pedaços de aproximadamente 3 x 2 x 0,5 cm. A temperatura de apresentação foi a de 12 °C. Água e biscoito água e sal foram servidos para o consumo entre a avaliação das amostras. A ordem de apresentação das amostras foi aleatória.

2.8.1. Análise descritiva quantitativa (ADQ)

O perfil sensorial dos queijos Prato light foi determinados seguindo-se o procedimento da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ[®]) proposto por Stone, Siedel, Oliver, Woolsey & Sinon (1974). As etapas de pré-seleção, desenvolvimento da terminologia descritiva, seleção final dos provadores e avaliação sensorial das amostras foram desenvolvidas de acordo com Barros, Cardello & Viotto (2004).

2.8.2. Teste de aceitação

Para os testes de aceitação, 40 provadores foram selecionados em função de consumirem queijo na versão integral e/ou na versão *light*, disponibilidade e interesse em participar do teste.

Os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global foram analisados com a utilização de escala estruturada de nove pontos, onde 1 = desgostei muito e 9 = gostei muito. Para a intenção de compra foi utilizado escala estruturada de cinco pontos, onde 1 = certamente não compraria e 5 = certamente compraria.

2.9. Planejamento experimental e análise estatística dos resultados

Para avaliar o efeito do uso de retentados na composição química foi aplicado um plano tipo aleatorizado em blocos. O fator estudado foi o fator de concentração do leite, nos níveis 1,0 (leite não concentrado), 1,5 e 2,0, com três

repetições para cada tratamento. Os resultados obtidos foram analisados através de Análise de Variância, utilizando-se o teste de Duncan para verificar diferenças entre as amostras.

Para a avaliação da proteólise, capacidade de derretimento e propriedades reológicas foi adotado um delineamento do tipo split-plot, sendo que a sub-parcela foi obtida pela incorporação do fator tempo de armazenamento refrigerado (t). As análises foram realizadas nos dias 5, 25, 45 e 65 de armazenamento refrigerado. O teste de F-ANOVA foi usado para avaliar as diferenças entre tratamentos, entre tempos e a interação tempo *versus* tratamento. O teste de Duncan de comparações múltiplas foi utilizado para agrupar tratamentos e/ou tempos com médias cujas diferenças não foram estatisticamente significativas.

Os resultados obtidos na análise sensorial foram analisados através de Análise de Variância (ANOVA). As diferenças entre as médias para cada atributo foram avaliadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição dos queijos

A Tabela 1 apresenta a composição dos queijos fabricados a partir de leite e retentados de FC 1,5 e 2,0. Os dados são referentes à composição do queijo após cinco dias de fabricação.

TABELA 1. Composição média (n=3) dos queijos Prato fabricados com leite e retentados de baixo fator de concentração.

Componente	FC zero	FC 1,5	FC 2,0
Umidade, %	53,43 \pm 0,82 ^a	53,08 \pm 0,69 ^a	53,00 \pm 0,45 ^a
Gordura, %	6,10 \pm 0,14 ^a	6,30 \pm 0,52 ^a	6,40 \pm 0,14 ^a
GBS ¹ , %	13,06 \pm 0,20 ^a	13,39 \pm 0,95 ^a	13,65 \pm 0,25 ^a
Proteína Total, %	32,31 \pm 0,22 ^a	32,55 \pm 0,06 ^a	33,76 \pm 0,13 ^a
Caseína, %	30,61 \pm 1,41 ^a	31,40 \pm 0,87 ^a	32,13 \pm 1,36 ^a
PBS ²	69,42 \pm 3,81 ^a	68,60 \pm 2,59 ^a	71,82 \pm 2,13 ^a
C/G ³	5,02 \pm 0,34 ^a	4,98 \pm 0,56 ^a	5,00 \pm 0,26 ^a
Sal,%	1,56 \pm 0,22 ^a	1,73 \pm 0,06 ^a	1,61 \pm 0,13 ^a
S/U ⁴	3,02 \pm 0,45 ^a	3,40 \pm 0,10 ^a	3,14 \pm 0,28 ^a
Cálcio, %	1,10 \pm 0,07 ^a	1,16 \pm 0,04 ^a	1,21 \pm 0,12 ^a
Ca/P ⁵	0,035 \pm 0,001 ^a	0,036 \pm 0,001 ^a	0,036 \pm 0,002 ^a
Acidez, °Dornic	0,51 \pm 0,13 ^a	0,52 \pm 0,03 ^a	0,47 \pm 0,08 ^a
pH	5,40 \pm 0,05 ^a	5,45 \pm 0,12 ^a	5,47 \pm 0,09 ^a

¹Gordura em base seca ²Proteína em base seca ³Relação caseína/gordura

⁴Relação sal/umidade ⁵Relação cálcio/proteína

Em uma mesma linha, médias com letras em comum não diferem significativamente entre si (p>0,05).

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre a composição química dos queijos feitos com retentados quando comparados ao controle, embora haja uma tendência de aumento de gordura, proteína e cálcio com o aumento do FC.

Os queijos experimentais apresentaram um teor de umidade mais elevado que o de um queijo Prato integral, que é em média 43% (Furtado & Lourenço Netto, 1994). A redução do teor de gordura alterou o balanço de alguns de seus componentes provocando um aumento nos teores de umidade.

O teor de gordura dos queijos foi em média 6,28%, apresentando uma redução de 77% em relação ao teor de gordura do queijo Prato tradicional, que é em média 28% (Furtado & Lourenço Netto, 1994). Logo, os queijos obtidos podem ser classificados como queijos *light* de reduzido teor de gordura (Brasil, 1998).

3.2. Mudanças ocorridas durante o armazenamento refrigerado

A Tabela 2 mostra a evolução do pH, extensão da proteólise e da profundidade da proteólise dos queijos Prato comerciais de reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

TABELA 2. Quadrados médios e probabilidades para evolução do pH, extensão da proteólise e da profundidade da proteólise dos queijos Prato comerciais com reduzido teor de gordura durante o armazenamento refrigerado a 12°C.

Fatores	pH			Nitrogênio solúvel			
				pH 4,6		TCA 12 %	
	GL	QM	P	QM	P	QM	P
Tratamento (T)	2	0,017	0,434	5,408	0,060	1,427	0,168
Erro(a)	4	0,016		0,873		0,495	
Tempo (t)	3	0,186	0,000*	343,215	0,000*	103,544	0,000*
Interação (T*t)	6	0,003	0,279	1,553	0,452	0,453	0,698
Erro(b)	18	0,002		1,544		0,709	

GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

3.2.1. Evolução do pH

A Tabela 2 mostra que o pH dos queijos não foi influenciado pela variação no FC ($p=0,434$), mas aumentou significativamente com o tempo de armazenamento ($p=0,0000$). O aumento do pH pode estar associado com a formação de compostos nitrogenados como aminoácidos, aminas e/ou amônia, oriundos da proteólise que ocorre com o tempo.

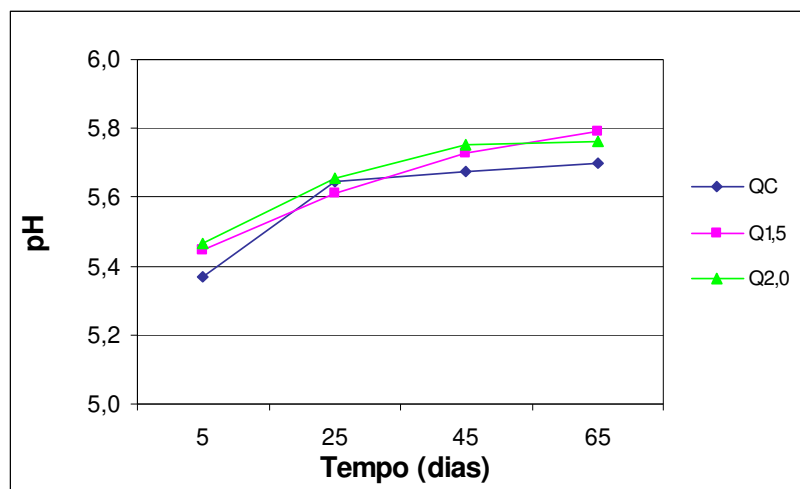


FIGURA 2. Evolução do pH dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

3.2.2. Evolução da proteólise

Diferenças no FC não influenciaram significativamente ($p=0,060$) a extensão da proteólise dos queijos. Entretanto, os níveis de nitrogênio solúvel a pH 4,6 aumentaram significativamente ($p=0,000$) com o tempo de armazenamento (Figura 3). Durante o armazenamento refrigerado, houve a degradação da α_{s1} -caseína pelo coagulante com a formação da α_{s1} -I-caseína (Figura 4). Todos os queijos apresentaram uma pequena degradação da β -caseína aos 65 dias de estocagem, quando ocorreu um aumento dos teores de γ_1 , γ_2 , γ_3 -caseína. O aparecimento de γ -caseína é resultado da degradação da β -caseína, pela ação da plasmina. É evidente pelo eletroforetograma da Figura 4 que o coagulante foi o principal responsável pela proteólise primária dos queijos, com pequena

contribuição da plasmina, que age mais lentamente que o coagulante. O elevado pH dos queijos, resultado da lavagem da massa, associado ao cozimento da massa ($T = 40^{\circ}\text{C}$) deve ter favorecido a atividade da plasmina.

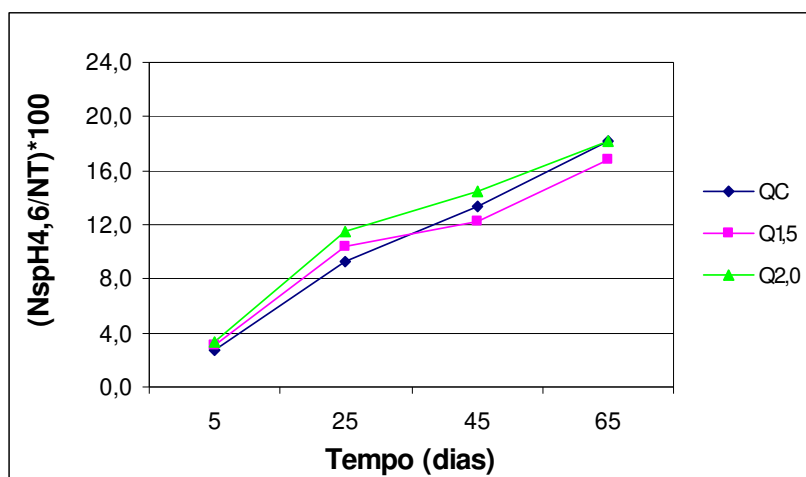


FIGURA 3. Evolução do índice de extensão dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C . QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

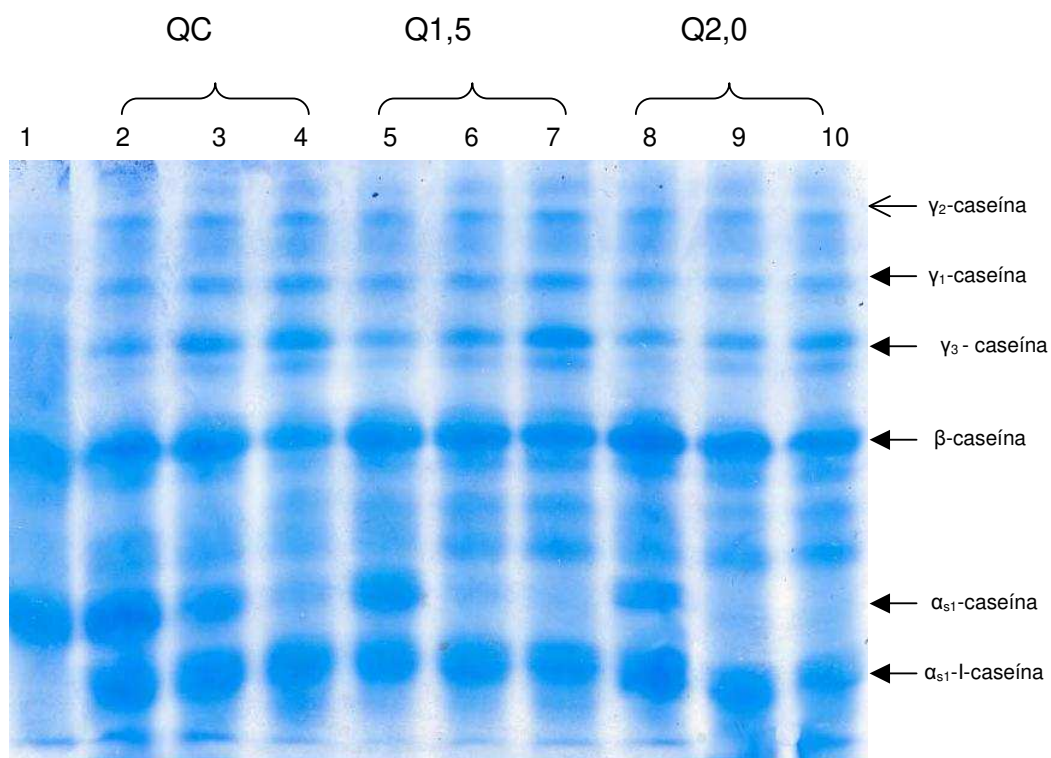


FIGURA 4. Eletroforetograma dos queijos fabricados a partir de leite e retentados. Banda 1 = Caseinato de sódio (padrão). Bandas 2, 3 e 4 = queijo controle QC (5°, 25° e 65° dias). Bandas 5, 6 e 7 = queijo Q1,5 (5°, 25° e 65° dias). Bandas 8, 9 e 10 = queijo Q2,0 (5°, 25° e 65° dias). QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

O fator de concentração não afetou significativamente ($p=0,168$) a profundidade de proteólise do queijo Prato com reduzido teor de gordura, como mostra a Tabela 2. Houve um aumento significativo nos índices de profundidade de proteólise com o tempo ($p=0,000$) para os três tipos de queijo (Figura 5).

Os níveis de nitrogênio solúvel em TCA 12% em relação ao nitrogênio total são indicativos da profundidade da proteólise e avaliam a atividade de enzimas do fermento láctico e de outros microrganismos presentes no queijo. Os peptídeos de

baixo peso molecular e as substâncias nitrogenadas, resultantes da ação de exo e endopeptidases dos microrganismos, são os principais compostos responsáveis por esses índices.

O simples aumento dos índices de profundidade de proteólise ao longo do tempo, observado na Figura 5, pode ser explicado pela atuação das bactérias do fermento láctico mesófilo, que possuem um sistema de proteinases e peptidases capaz de hidrolisar os oligopeptídeos resultantes da proteólise primária (Fox, Guinee, Cogan & McSweeney, 1998). Os índices de profundidade dos queijos fabricados a partir de retentados (FC 1,5 e 2,0) foram bem semelhantes ao controle (FC 1,0) em todos os tempos de armazenamento.

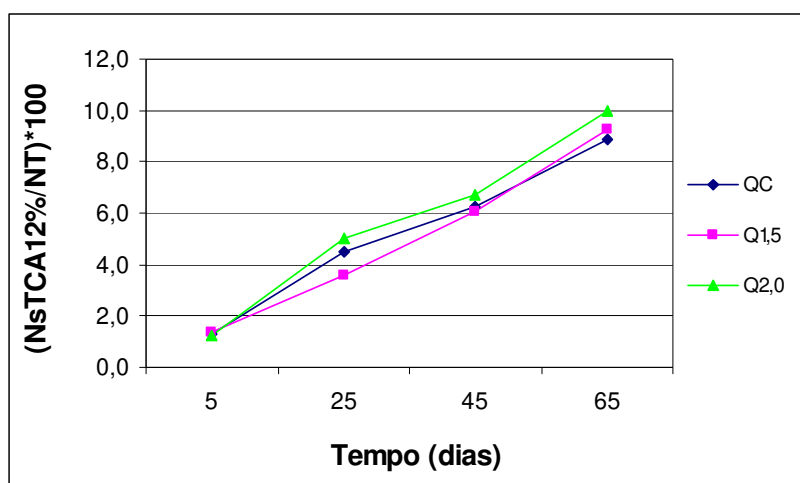


FIGURA 5. Evolução do índice de profundidade dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

3.2.3. Capacidade de derretimento

A capacidade de derretimento é uma característica importante para a utilização do queijo Prato de forma indireta, como por exemplo, em sanduíches e pizzas.

Todos os queijos avaliados apresentaram capacidade de derretimento mais baixa do que as normalmente encontradas para um queijo Prato integral. Aos 25 dias de estocagem, a capacidade de derretimento de todos os queijos (~ 13% GBS), foi de 41-42 mm de diâmetro, enquanto que queijos Pratos integrais (~ 48% GBS) apresentaram 65mm de diâmetro (Spadoti, 2003). Com a remoção da gordura, aumenta proporcionalmente o teor de proteína e assim a matriz protéica se torna mais rígida e mais compacta, com menor tendência a derreter e fluir (Mistry, 2001).

TABELA 3. Quadrados médios e probabilidades para evolução da capacidade de derretimento dos queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.

Capacidade de derretimento			
Fatores	GL	QM	P
Tratamento (T)	2	0,8240	0,273
Erro(a)	4	0,4503	
Tempo (t)	3	17,5700	0,000*
Interação (T*t)	6	0,112	0,987
Erro(b)	18	0,743	

GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

Não houve diferença na capacidade de derretimento dos queijos ($p=0,273$) devido a diferenças no fator de concentração do leite, como pode ser visto na Tabela 3. Como não houve mudança no teor de umidade, gordura e sal, bem como na proteólise dos queijos devido à variação de FC, a capacidade de derretimento não foi afetada. A capacidade de derretimento dos queijos aumentou durante o tempo de estocagem ($p=0,014$), como pode ser visto na Figura 6. Entretanto, o aumento na capacidade de derretimento com o tempo foi pequeno, o que pode ser atribuído ao reduzido teor de gordura dos queijos (Tabela 1). Houve aumento da capacidade de derretimento até o 25º dia, a partir do qual, a capacidade de derretimento não apresentou mudanças significativas com o aumento do tempo de armazenamento. Esse comportamento indica que o aumento do derretimento dos queijos com o tempo pode ser atribuído ao aumento da proteólise com o tempo, principalmente a proteólise primária devido a ação do coalho.

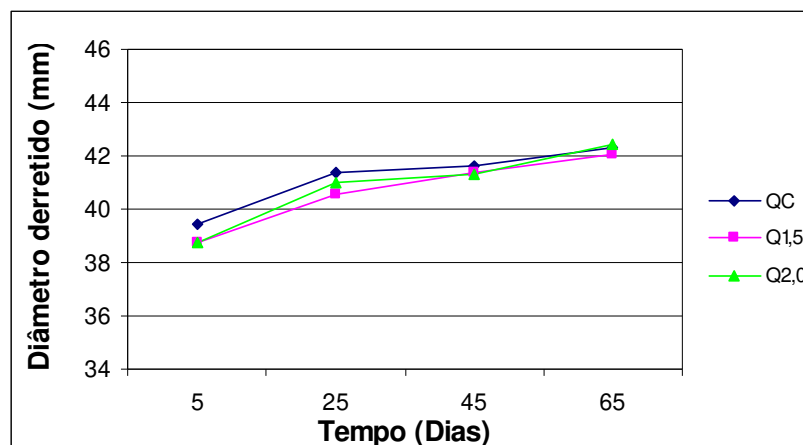


FIGURA 6. Evolução da capacidade de derretimento dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

3.3. Propriedades reológicas dos queijos: compressão uniaxial e relaxação

3.3.1. Compressão uniaxial

Os resultados da análise estatística para a tensão de ruptura, deformação de ruptura, tensão máxima e módulo de elasticidade durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12 °C são apresentados na Tabela 4.

TABELA 4. Quadrados médios e probabilidades para tensão de ruptura, deformação de ruptura, tensão máxima e módulo de elasticidade dos queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C

Fatores	GL	Tensão de ruptura		Deformação de ruptura		Tensão máxima		Módulo de elasticidade		Trabalho na ruptura	
		QM	P	QM	P	QM	P	QM	P	QM	P
Tratamento (T)	2	$1,37 \times 10^9$	0,552	0,0135	0,292	$4,85 \times 10^8$	0,135	$5,45 \times 10^8$	0,891	$5,65 \times 10^8$	0,384
Erro(a)	4	$1,98 \times 10^9$		0,0079		$1,41 \times 10^8$		$4,60 \times 10^9$		$4,60 \times 10^8$	
Tempo (t)	3	$4,08 \times 10^8$	0,604	0,0069	0,437	$1,41 \times 10^8$	0,667	$4,68 \times 10^8$	0,736	$6,00 \times 10^7$	0,793
Interação (T*t)	6	$1,19 \times 10^8$	0,978	0,0065	0,519	$9,33 \times 10^7$	0,901	$3,92 \times 10^7$	0,999	$4,72 \times 10^7$	0,943
Erro(b)	18	$6,56 \times 10^8$		0,0073		$2,66 \times 10^8$		$1,10 \times 10^9$		$1,74 \times 10^8$	

GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

As propriedades reológicas dos queijos não foram influenciadas significativamente ($p>0,05$) pelo uso de diferentes fatores de concentração.

As variações ocorridas ao longo do tempo também não foram significativas ($p>0,05$) para todas as propriedades. Apesar disso, houve uma tendência de diminuição na tensão de ruptura, trabalho de ruptura e tensão máxima com o tempo, para os queijos QC e Q1,5 como mostram as Figuras 7, 9 e 11, respectivamente.

A tensão na ruptura é definida como a tensão necessária para romper a matriz protéica e está relacionada à dureza do queijo. A diminuição dessa propriedade ao longo do tempo indica uma diminuição na dureza do queijo, causada pelo enfraquecimento das ligações protéicas da matriz de caseína devido à proteólise primária.

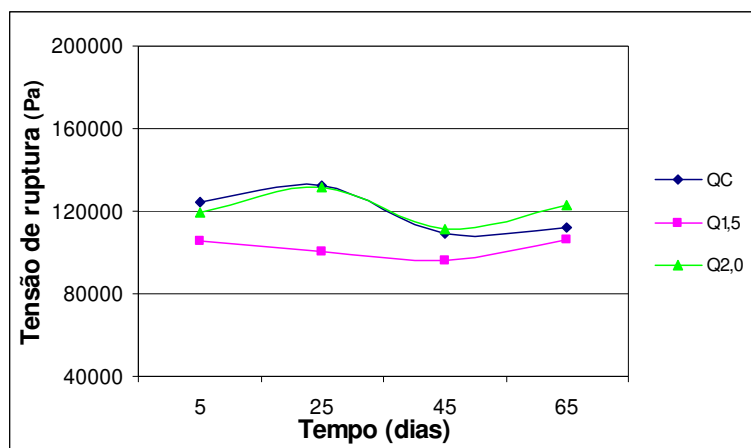


FIGURA 7. Tensão de ruptura para os queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

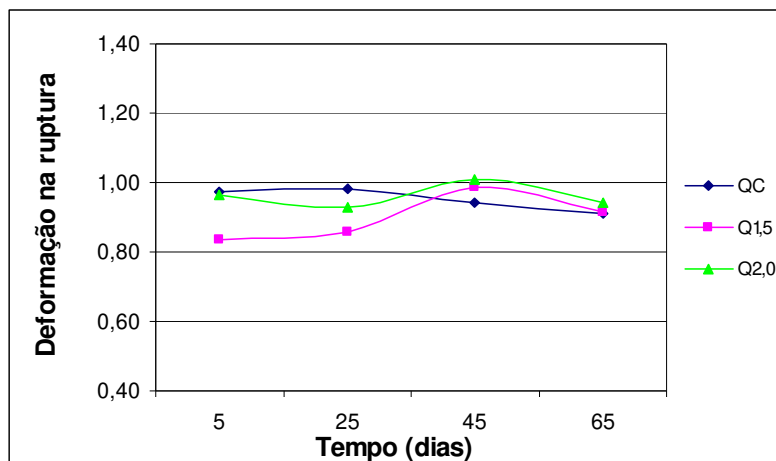


FIGURA 8. Deformação na ruptura para os queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

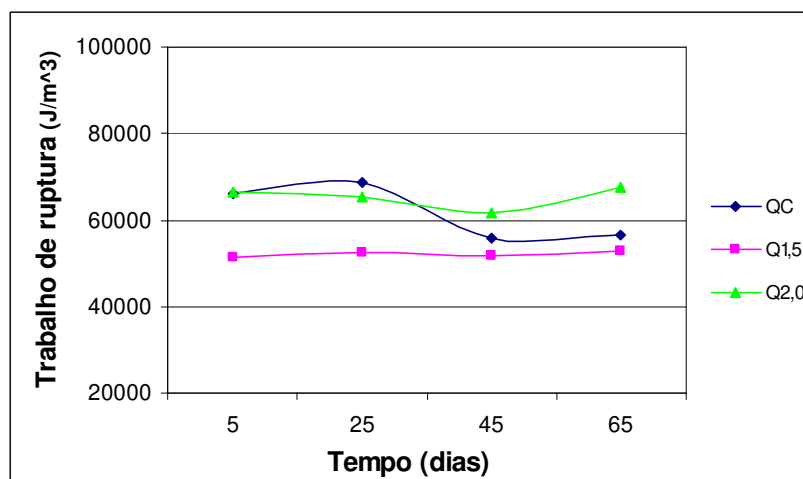


FIGURA 9. Trabalho de ruptura para os queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

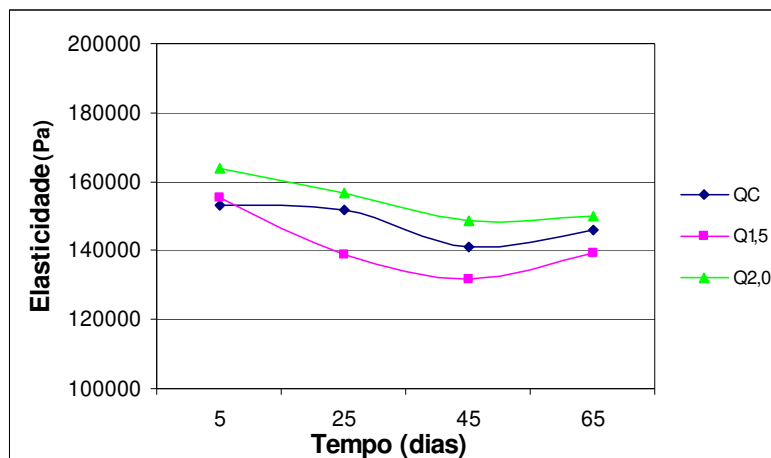


FIGURA 10. Módulo de elasticidade para os queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

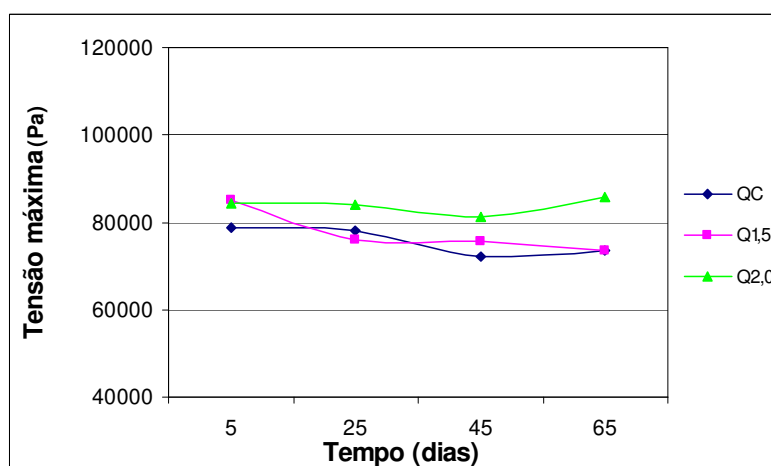


FIGURA 11. Tensão máxima para os queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

3.3.2. Relaxação

O modelo generalizado de Maxwell com cinco elementos apresentou boa correlação com as curvas experimentais ($R^2 > 0,99$). As curvas experimentais foram ajustadas utilizando-se o programa *Statistica*[®]. Para o cálculo dos módulos de elasticidade E_0 , E_1 , E_2 e as viscosidades η_1 e η_2 foram utilizados os parâmetros S_0 , S_1 , S_2 , τ_1 e τ_2 , respectivamente, conforme descrito por Cunha(2002).

A Tabela 5 mostra que o uso de diferentes fatores de concentração não influenciou significativamente ($p < 0,05$) nenhum dos parâmetros viscoelásticos dos queijos. No entanto, a variação dos parâmetros com o tempo foi significativa ($p > 0,05$). Essa variação, ao longo do tempo, está associada fundamentalmente à hidrólise da α_{s1} -caseína, pelo coalho residual, que leva ao enfraquecimento da rede protéica com conseqüente redução da elasticidade e da firmeza do queijo. As enzimas da cultura láctica são responsáveis pela continuação do processo (proteólise secundária). O aumento dos índices de extensão e profundidade de proteólise (Figuras 3 e 5, respectivamente) durante o armazenamento refrigerado confirmam os resultados obtidos nos testes de relaxação.

TABELA 5. Quadrados médios e probabilidades para os módulos de elasticidade E_0 , E_1 , E_2 e para as viscosidades η_1 e η_2 dos queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C.

Fatores	GL	E_0		E_1		E_2		η_1		η_2	
		QM	P	QM	P	QM	P	QM	P	QM	P
Tratamento (T)	2	$4,41 \times 10^7$	0,784	$1,32 \times 10^8$	0,674	$2,26 \times 10^8$	0,399	$1,53 \times 10^{10}$	0,763	$1,12 \times 10^{13}$	0,435
Erro(a)	4	$1,70 \times 10^8$		$3,01 \times 10^8$		$1,94 \times 10^8$		$5,29 \times 10^{10}$		$1,09 \times 10^{13}$	
Tempo (t)	3	$1,30 \times 10^9$	0,000*	$2,70 \times 10^9$	0,001*	$3,51 \times 10^9$	0,000*	$5,31 \times 10^{11}$	0,000*	$1,78 \times 10^{14}$	0,000*
Interação (T*t)	6	$2,71 \times 10^8$	0,066	$2,64 \times 10^8$	0,592	$1,50 \times 10^8$	0,732	$4,05 \times 10^{10}$	0,574	$6,01 \times 10^{12}$	0,785
Erro(b)	18	$9,30 \times 10^7$		$3,36 \times 10^8$		$2,54 \times 10^8$		$4,99 \times 10^{10}$		$1,15 \times 10^{13}$	

GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; P = probabilidade

As Figuras 12, 13, 14, 15 e 16 mostram, respectivamente, a evolução dos módulos de elasticidade E_0 , E_1 , E_2 e as viscosidades η_1 e η_2 para os diferentes queijos durante o armazenamento refrigerado.

Os módulos de elasticidade e a viscosidade de todos os elementos do modelo diminuíram durante o armazenamento refrigerado para os três tratamentos. Isto significa que os queijos apresentaram uma menor resistência à deformação quando submetidos a uma certa tensão. Uma menor resistência significa uma maior maciez dos queijos, logo, pode-se dizer que os queijos apresentaram-se mais macios, menos firmes e menos elásticos ao final do armazenamento.

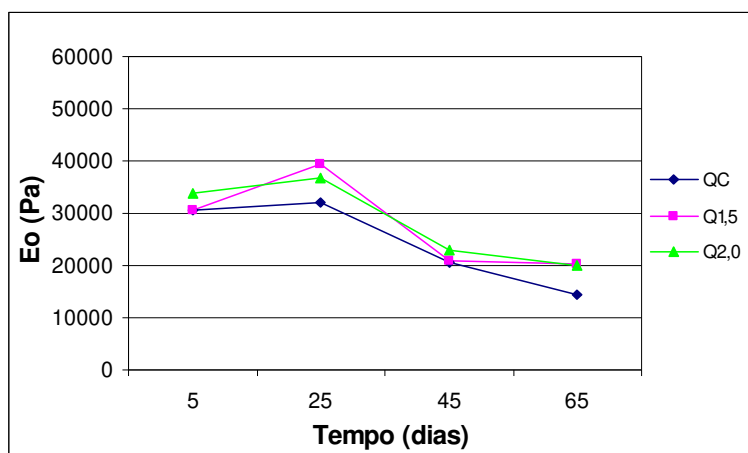


Figura 12. Módulo elástico de equilíbrio (E_0) dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

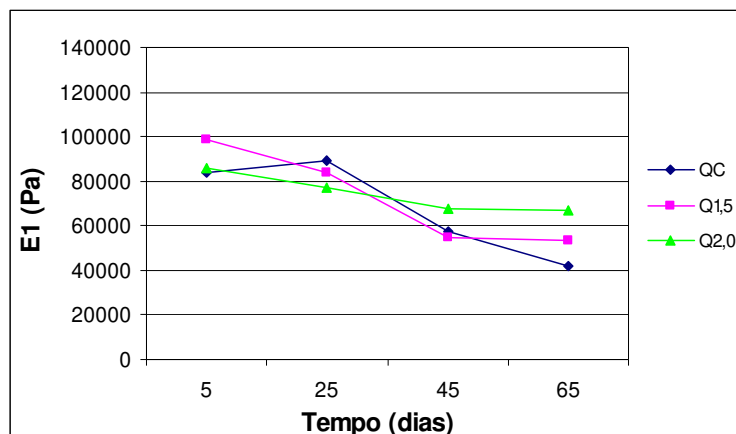


Figura 13. Módulo de elasticidade do elemento com menor tempo de relaxação (E_1) dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

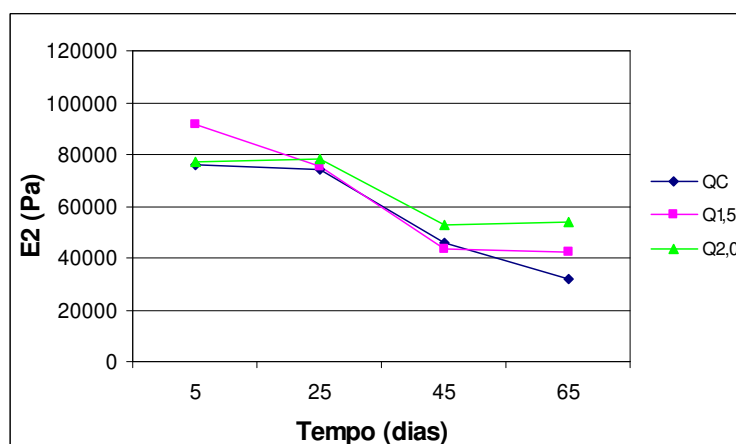


Figura 14. Módulo de elasticidade do elemento com maior tempo de relaxação (E_2) dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

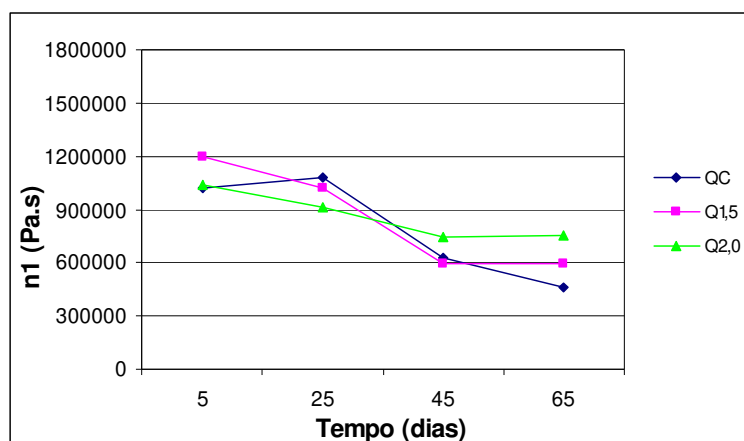


Figura 15. Viscosidade do elemento com menor tempo de relaxação (η_1) dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

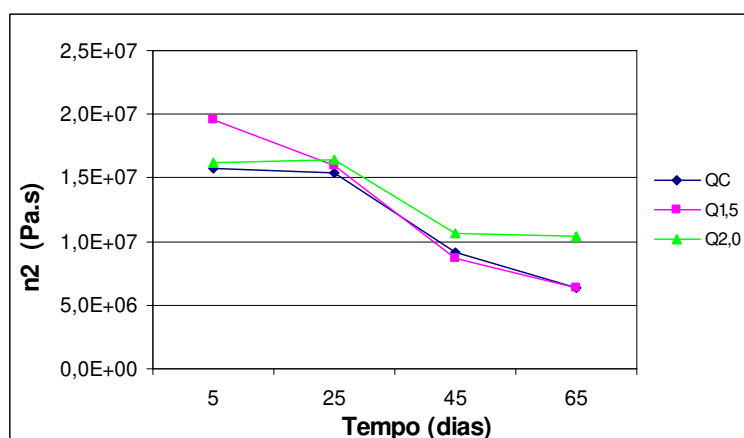


Figura 16. Viscosidade do elemento com maior tempo de relaxação (η_2) dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração durante os 65 dias de armazenamento refrigerado a 12°C. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

3.4. Microestrutura

A Figura 17 mostra as microestruturas dos queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração, em aumento de 1500 vezes.

Nos três queijos pode ser observada uma rede esponjosa tridimensional contínua de proteína contendo volumes esvaziados com diâmetros entre 2 e 10 μm . Os queijos com reduzido teor de gordura apresentam uma estrutura dominada pela matriz protéica, que se apresenta mais densa que nos queijos integrais. Os glóbulos de gordura, representados por volumes com diâmetro de 2 a 6 μm , estão distribuídos uniformemente. À medida que se aumentou o fator de concentração do leite, a matriz protéica se apresentou ligeiramente mais densa, quando comparada a do queijo controle.

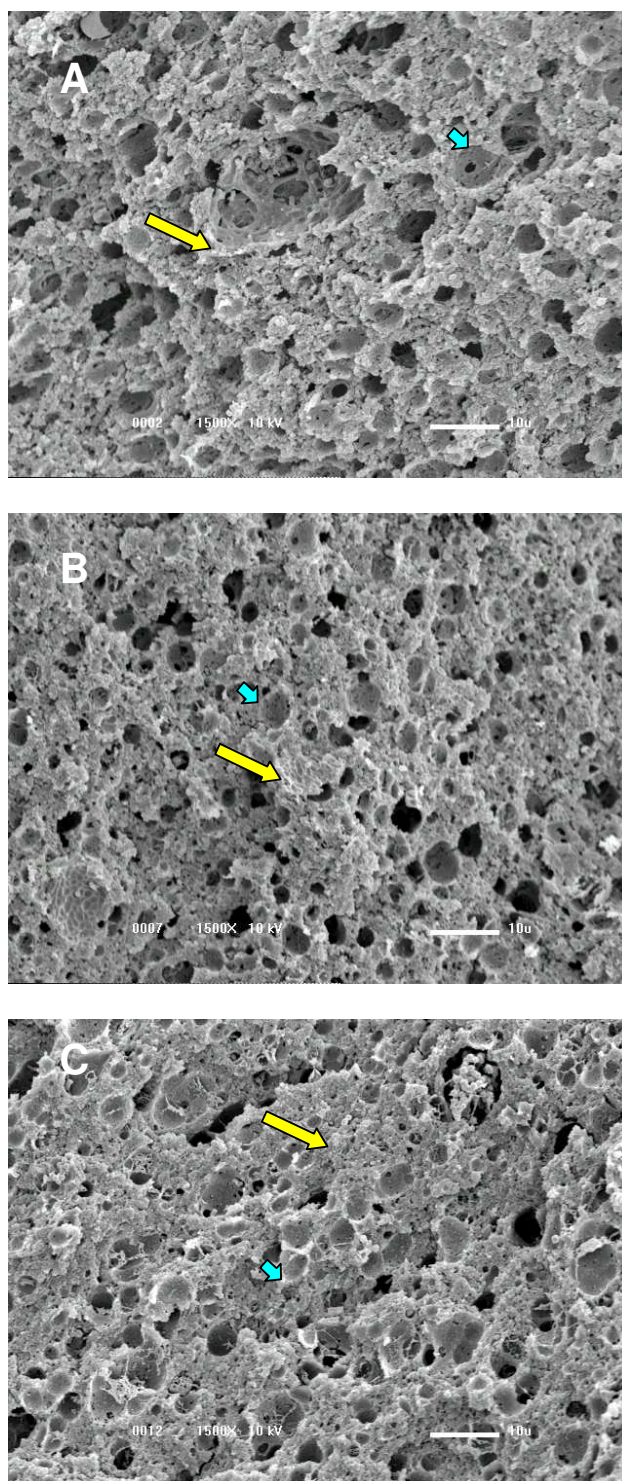


FIGURA 17. Queijo Prato com reduzido teor de gordura aos 60 dias de armazenamento refrigerado. A) QC; B) Q1,5; C) Q2,0 Setas amarelas: matriz protéica; Setas azuis: espaços ocupados pela gordura. 10u = 1,5 μ m

3.5. Análise sensorial

3.5.1. Análise sensorial descritiva (ADQ)

Os resultados das médias das notas pelos provadores treinados por atributo para cada tipo de queijo Prato com reduzido teor de gordura são apresentados na Tabela 6.

TABELA 6. Média das notas atribuídas pelos provadores treinados por atributo para as amostras. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

ATRIBUTOS	QC	Q1,5	Q2,0
Cor amarela	6,92 ^a	6,90 ^a	7,21 ^a
Aroma ácido	4,35 ^{ab}	3,92 ^b	4,76 ^a
Gosto ácido	4,76 ^a	4,48 ^a	4,77 ^a
Gosto amargo	4,16 ^c	5,08 ^a	4,60 ^b
Gosto salgado	4,54 ^a	4,08 ^a	4,80 ^a
Sabor de queijo Prato integral	6,31 ^a	5,71 ^b	6,47 ^a
Maciez	6,49 ^a	6,17 ^a	5,32 ^b
Borrachento	2,62 ^{ab}	2,46 ^b	3,08 ^a

Em uma mesma linha, médias acompanhadas de letras em comum não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O perfil sensorial dos queijos Prato com reduzido teor de gordura são mostrados na Figura 18. O centro da figura representa o ponto zero da escala e a intensidade aumenta do centro para a periferia. A média de cada atributo por

amostra é marcada no eixo correspondente, onde o perfil sensorial é traçado pela conexão dos pontos.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os três queijos para os atributos intensidade de cor amarela e gosto ácido e gosto salgado (Tabela 6). O Q1,5 foi o que apresentou maior intensidade de gosto amargo. Esta é provavelmente a causa para as menores médias atribuídas pelos provadores ao sabor de queijo Prato integral do Q1,5. Observa-se na Tabela 6, que o QC e o Q2,0 apresentaram um melhor sabor de queijo Prato integral. Em relação à textura, o QC e o Q1,5 apresentaram-se mais macios do que o Q2,0. Esses resultados confirmam os testes de relaxação onde os queijos QC e Q1,5 se apresentaram mais macios ao final do tempo de estocagem.

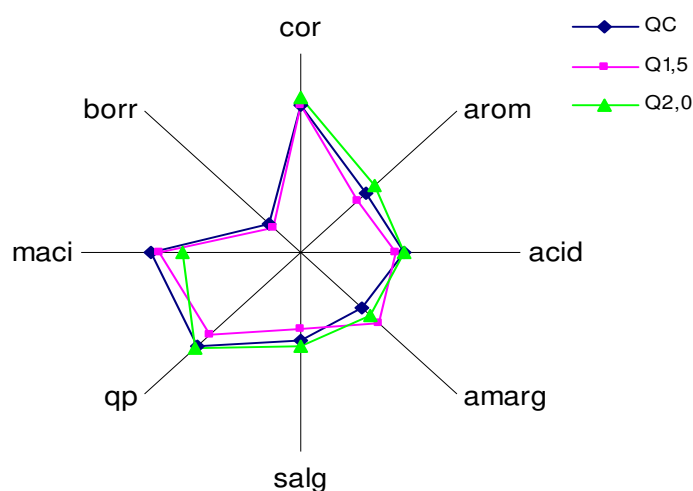


FIGURA 18. Perfil sensorial dos queijos fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

Os resultados da ADQ dos queijos Prato com reduzido teor de gordura foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP) evidenciando as características sensoriais de cada tratamento.

No gráfico da ACP (Figura 19), os atributos são representados como vetores, os quais caracterizam as amostras que se localizam próximas a eles. As amostras são representadas por triângulos, sendo cada vértice uma repetição. O Q2,0 apresentou maiores intensidades de aroma ácido e textura mais borrachenta. A maior intensidade de sabor de queijo Prato integral foi apresentada pelos queijos QC e Q2,0. Já os queijos mais macios foram o QC e o Q1,5.

Quanto maior a decomposição do vetor nos eixos componentes, maior sua importância para diferenciar as amostras. Os atributos aroma ácido, gosto ácido, sabor de queijo Prato tradicional, maciez e borrachento explicaram 57,21% da variabilidade ocorrida entre as amostras no primeiro componente principal (CP1). A pouca variabilidade explicada pelo segundo CP foi devido principalmente aos atributos cor, gosto amargo e gosto salgado.

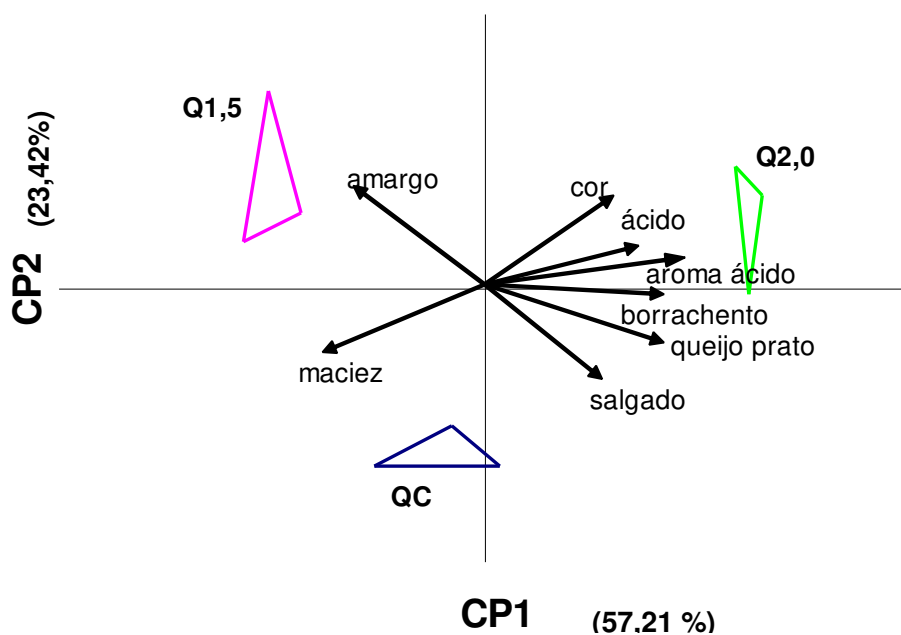


FIGURA 19. Análise de Componentes principais para atributos sensoriais de queijo Prato com reduzido teor de gordura fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração. QC = queijo controle; Q1,5 = queijo fabricado com retentado FC 1,5; Q2,0 = queijo fabricado com retentado FC 2,0.

3.5.2. Teste de aceitação

A Tabela 7 apresenta a média das notas atribuídas pelos provadores para as amostras de queijo Prato com reduzido teor de gordura.

TABELA 7. Média das notas atribuídas pelos provadores para as amostras de queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração (n = 40 provadores).

ATRIBUTOS	QC	Q1,5	Q2,0
Aparência	7,53 ^a	7,17 ^a	7,17 ^a
Aroma	7,17 ^a	7,10 ^a	7,27 ^a
Sabor	7,30 ^a	6,90 ^a	7,00 ^a
Textura	7,37 ^a	6,90 ^{ab}	6,33 ^b
Impressão global	7,43 ^a	7,03 ^a	7,10 ^a
Intenção de compra	4,27 ^a	3,73 ^b	3,93 ^{ab}

Médias acompanhadas de letras em comum na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

Os três queijos não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) em relação à aceitação dos atributos aparência, aroma, sabor e impressão global. Logo, o uso de retentados de baixo fator de concentração não prejudicou a qualidade do queijo Prato com reduzido teor de gordura.

Embora não haja diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as médias das notas atribuídas para o atributo sabor, houve comentários por parte dos provadores que queijo Q1,5 apresentava sabor amargo. Os dados da ADQ (Tabela 6) confirmam esse resultado.

Em relação à textura, o queijo controle apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) quando comparado ao Q2,0. Os provadores comentaram que o Q2,0

apresentavam uma textura borrachenta e dura, em concordância com os resultados da ADQ (Tabela 6).

É interessante notar que, as notas médias para todos os atributos foram altas, apesar dos queijos serem fabricados com reduzido teor de gordura.

A Figura 20 mostra o histograma de freqüências para o atributo intenção de compra. A maior parte dos provadores certamente ou provavelmente comprariam os queijos QC e Q2,0. Dentre os três queijos, o Q1,5 foi o que apresentou menor nível de aceitação, já que 40% dos provadores tinham dúvidas ou provavelmente não comprariam o produto. Os resultados acima refletem as diferenças encontradas, pelos provadores treinados (ADQ), para o atributo sabor de queijo Prato integral, onde os queijos QC e Q2,0 apresentaram as maiores notas (Tabela 6).

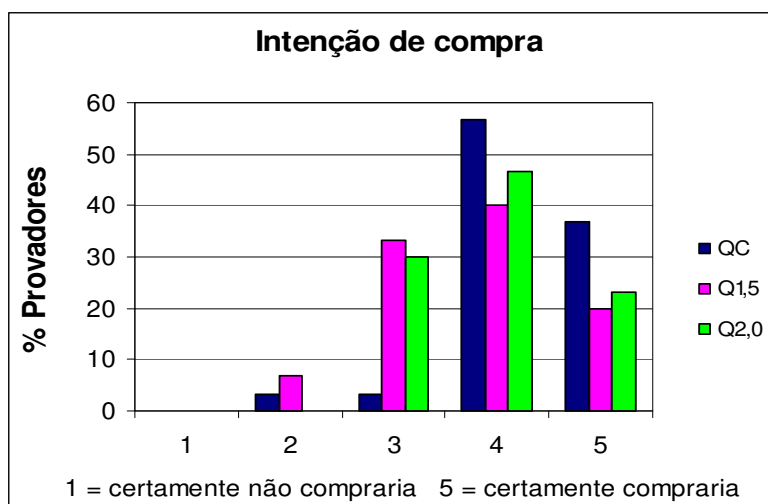


FIGURA 20. Histograma de freqüências da avaliação sensorial dos queijos Prato com reduzido teor de gordura fabricados a partir de leite não concentrado (controle) e de retentados de baixo fator de concentração em relação à intenção de compra.

4. CONCLUSÕES

A utilização de diferentes fatores de concentração na fabricação do queijo Prato com reduzido teor de gordura não influenciou significativamente a composição química dos queijos. O pH, a capacidade de derretimento e os níveis de proteólise aumentaram com o tempo de armazenamento, mas não foram afetados pelas diferenças no FC do leite. O teste de relaxação apresentou um aumento da maciez e diminuição da elasticidade dos queijos com o decorrer do tempo de estocagem. Em relação à microestrutura, os queijos apresentaram uma matriz protéica ligeiramente mais densa, à medida que se aumentou o FC. Os queijos fabricados a partir de retentados tiveram boa aceitação, apesar do reduzido teor de gordura. De acordo com a ADQ, os queijos QC e Q2,0 apresentaram maior intensidade de sabor de queijo Prato integral sendo esse atributo o responsável pela maior intenção de compra desses queijos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Association Of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington, 1995. 109 p.
- Atherton, H. V.; Newlander, J.A. **Chemistry and testing of dairy products**. 4. ed. Westport: AVI, 396p, 1981.
- Barros, C. M. V.; Cardello, H. M. A. B.; Viotto, W. H. Perfil sensorial de queijos Prato de baixo teor de gordura comercializados na cidade de Campinas - SP. Recife: SBCTA, 2004. **CD-ROM do 19º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**.
- Blakesley, R. W.; Boezi , J. A. **Chemistry and testing of dairy products**. 4 ed. Westport: AVI, 1977. 396 p.
- Bynum, D. G.; Barbano, D. M. Whole milk reverse osmosis retentates for cheddar cheese manufacturing: chemical changes during ageing. **J.Dairy Sci.**, v. 68, n. 1, p. 1-10, Jan., 1985.
- Brasil, Ministério da Saúde – Secretaria de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar, Portaria nº. 27, de 13 de janeiro de 1998.
- Cunha, C. R.: **Efeito do uso de retentados de baixo fator de concentração no rendimento, proteólise e propriedades viscoelásticas de queijo Minas Frescal de baixo teor de gordura fabricado a partir de leite ultrafiltrado**. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Unicamp, Campinas, SP, Brasil (2002).

Farkye, N. Y.; Kiely, L. J.; Allshouse, R. D.; Kindstedt, P. S. Proteolysis in Mozzarella cheese during refrigerated storage. **J. Dairy Sci.**, v. 74, p. 1433-1438, 1991.

Ferreira, D.N.: **Influencia do uso de retentados de baixo fator de concentração no rendimento e na qualidade da mussarela de reduzido teor de gordura feita por acidificação direta.** Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Unicamp, Campinas, SP, Brasil (2004)

Fox, P.F.; Guinee, T.P.; Cogan, T.M.; McSweeney, P.L.H. **Fundamentals of cheese science.** 1998. 587p.

Furtado, M. M.; Lourenço Neto, J. P. M. L. **Tecnologia de Queijos. Manual Técnico para a Produção Industrial de Queijos.** São Paulo: Dipemar, 1994. Cap. 15: Minas Frescal, p. 73-75., 1994

Kosikowski, F. V.; Mistry, V.V. **Cheese and fermented milk foods.** 3 ed. Westport: AVI, 1997. 728p.

Mistry, V.V. Low fat cheese technology. **Int. Dairy J.**, v 11, p.413-422, 2001.

Richardson, G.H. **Standard Methods for Examination of Dairy Products.** American Publ. Health Assoc, Washington, 1985.

Spadoti, L. M. **Avaliação de propriedades do queijo tipo Prato obtido por modificações no processo tradicional de fabricação.** 229p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

Stone, H.; Siedel, J. L.; Oliver, S.; Woolsey, A., R. C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technol**, v. 28, n. 11, p. 24-34, 1974.

Tamime, A. Y.; Kálab, M.; Davies, G.; Younis, M. F. Microstructure and firmness of processed cheese manufactured from cheddar cheese and skim milk powder cheese base. **Food Structure**, v. 9, p. 23-37, 1990.

Taras, M. J. Standard methods for the examination of water and waste water. **American Public Health Association**, 1971.

YUN, J. J.; KIELY, L. J. , KINDSTEDT, P. S.; BARBANO, D. M. Mozzarella Cheese: impact of milling pH on functional properties. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3639-3647, 1993.

CONCLUSÃO GERAL

As três marcas comerciais de queijos Prato com reduzido teor de gordura analisadas não apresentaram diferença em relação à composição química. Os queijos da marca B apresentaram os maiores índices de profundidade de proteólise, maior maciez e menor elasticidade. Os resultados da ADQ mostraram que os atributos intensidade de cor amarela, gosto ácido, gosto salgado e sabor de queijo Prato integral foram os responsáveis pelas diferenças no perfil sensorial entre as marcas estudadas. A ADQ e o teste de aceitação revelaram que o queijo da marca B foi o que apresentou características sensoriais mais próximas ao do queijo Prato integral. O uso de cultura adjunta no queijo da marca B, provavelmente, contribuiu para uma proteólise secundária mais pronunciada e com isso uma melhoria nas propriedades reológicas e sensoriais dos queijos. A adição de *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta em queijos experimentais não influenciou os índices de extensão de proteólise, os parâmetros viscoelásticos e a evolução da microbiota do queijo durante o período de cura. Os queijos fabricados com *Lactobacillus helveticus* apresentaram maiores índices de profundidade de proteólise refletindo em melhor sabor e textura, confirmados pelos resultados da análise sensorial (ADQ e teste de aceitação). Conseqüentemente, o uso de *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta também aumentou a intenção de compra, sendo que 80% dos consumidores certamente ou provavelmente comprariam o QLh. A utilização de retentados de baixo fator de concentração (FC 1,5 e 2,0) na fabricação do queijo Prato com reduzido teor de gordura resultou em queijos com composição química semelhante ao queijo controle. Houve uma tendência do aumento do rendimento

dos queijos fabricados com retentados devido a maior tendência de recuperação de proteína e gordura nos queijos e menores perdas desses componentes no soro. O pH, a capacidade de derretimento e os níveis de proteólise aumentaram com o tempo de armazenamento, mas não foram afetados pelas diferenças no FC do leite. Os queijos tornaram-se mais macios e menos elásticos com o decorrer do tempo de estocagem devido ao aumento dos níveis de proteólise primária. Em relação à microestrutura, os queijos apresentaram uma matriz protéica ligeiramente mais densa, à medida que se aumentou o FC. Em geral, os queijos fabricados a partir de retentados tiveram boa aceitação, apesar do reduzido teor de gordura. Os queijos QC e Q2,0 apresentaram maior intensidade de sabor de queijo Prato integral sendo esse atributo o responsável pela maior intenção de compra desses queijos.

De acordo com os resultados obtidos no trabalho, o uso do *Lactobacillus helveticus* como cultura adjunta apresentou bom potencial no sentido de melhorar a textura, o sabor e, principalmente, a aceitação sensorial global do queijo Prato com reduzido teor de gordura. No caso do *Lactobacillus casei*, mais estudos devem ser realizados para a seleção de uma cepa mais proteolítica, e que seja mais efetiva para melhorar a qualidade do queijo. O uso de retentados de baixo fator de concentração mostrou-se viável na produção de queijo Prato com reduzido teor de gordura, pois permitiu a padronização da matéria prima, produzindo um queijo com qualidade constante, além de promover um ligeiro aumento no rendimento de fabricação dos queijos em relação ao processo tradicional. Dentre os fatores de concentração estudados, o uso de FC 2,0 foi o

que resultou em queijos com a maior intenção de compra e aceitação igual ao do queijo Prato integral.