



GIOVANA MARIA PEREIRA ASSUMPCÃO

**CARACTERIZAÇÃO DE QUEIJO TIPO
CAMEMBERT FABRICADO COM ADIÇÃO DE
CONCENTRADOS LÁCTEOS PROTEICOS**

LAVRAS – MG

2016

GIOVANA MARIA PEREIRA ASSUMPÇÃO

**CARACTERIZAÇÃO DE QUEIJO TIPO CAMEMBERT FABRICADO
COM ADIÇÃO DE CONCENTRADOS LÁCTEOS PROTEICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dra. Sandra Maria Pinto

LAVRAS – MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Assumpção, Giovana Maria Pereira.

Caracterização de queijo tipo camembert fabricado com adição de
concentrados lácteos proteicos / Giovana Maria Pereira Assumpção. –
Lavras : UFLA, 2016.

208 p.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador(a): Sandra Maria Pinto.

Bibliografia.

1. Rendimento. 2. Perfil de textura. 3. Compostos voláteis. 4.
Proteínas lácteas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

GIOVANA MARIA PEREIRA ASSUMPÇÃO

**CARACTERIZAÇÃO DE QUEIJO TIPO CEMEMBERT FABRICADO
COM ADIÇÃO DE CONCENTRADOS LÁCTEOS PROTEICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2016.

Dra. Elisângela Elena Nunes de Carvalho	UFLA
Dr. Geraldo Márcio Costa	UFLA
Dr. Luiz Carlos Gonçalves Costa Júnior	EPAMIG/ILCT
Dr. Luiz Ronaldo de Abreu	UFLA

Dra. Sandra Maria Pinto
Orientadora

LAVRAS – MG
2016

Aos meus queridos pais, Jésus (*sempre presente*) e Gecy, que um dia me disseram que a maior herança que poderiam me deixar era a educação, eles mais uma vez estavam certos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela presença em todos os momentos, pelas oportunidades que me são concedidas todos os dias e pelo dom da vida!

Aos meus pais, Jésus (*sempre presente*) e Gecy, pelo amor, dedicação e exemplos de vida. Com vocês aprendi que é com fé e dedicação que vencemos!!! Agradeço a Deus por tê-los como pais! Amo vocês!!!!

Pai, sei que onde estiver está feliz por mais esta etapa que consegui vencer!!!

À minha família, minha mãe Gecy, aos meus irmãos Maria Alice e Marcelo, aos cunhados Fernando e Meire e ao meu esposo Alexandrino, por todo apoio, paciência e torcida. Aos meus sobrinhos, Violeta, Thamires, Artur, Bruna e Marcela, pelas alegrias, carinhos e torcidas. Vocês fazem a minha vida mais feliz!!!

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sudeste de Minas, campus Barbacena, pela liberação para a capacitação e todo apoio durante o curso. À professora e amiga Márcia Maria de Carvalho pelo apoio!

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) pela acolhida e oportunidade de aprendizado.

Aos professores do DCA, pelos ensinamentos.

À FAPEMIG pelo financiamento do projeto.

À Empresa Tate & Lyle Gemacom Tech, de Juiz de Fora, MG pelo fornecimento dos concentrados lácteos proteicos.

À minha orientadora, professora Sandra Maria Pinto, pela confiança, pelos ensinamentos, orientações, pela acolhida e pela amizade. Muito obrigada!

Ao professor Luiz Ronaldo de Abreu, pelos ensinamentos, orientações, confiança e amizade. Muito obrigada!

Aos amigos do Laboratório de Laticínios, Creuza Pedroso Amaral Resende, Sérgio Augusto Sousa Campos, Raniely Fonseca Luz, Raquel França, Elisângela Domingo, Marcel Paixão, obrigada por tudo. Faltam-me as palavras para expressar meus agradecimentos por todos estes anos de amizade, companheirismo e cooperação, vividos e compartilhados. Vocês estão em meu coração guardados para sempre.

A Creuza e ao Paulo Rogério Resende, pela acolhida em Lavras, pela amizade, carinho, confiança e por todo apoio em todos os momentos em que precisei. Obrigada por tudo!!!

Às amigas, Gilma, Gláucia, Manuela, Francylara, Tatiane, Mari, Bárbara e Raquel, obrigada pelas alegrias, por todos os momentos divididos, apoio, risadas, conversas e todas as experiências compartilhadas, vocês estão em meu coração!

À professora Elisângela Carvalho por todo apoio, orientações, profissionalismo, amizade e disponibilidade em ajudar, sempre.

À Rafaela Correia Pereira, Daniela Rodrigues, Ana Alice Andrade, Nathane Resende, Ítalo Abreu, Isabela Costa, Amilcar Machado, Fausto Júnior, Lucineia Pereira, Thais Destefani, Evandro Galvão (Dudu), Paulo Siriano, Heloisa Siqueira, Esthefanny Reis, obrigada pelo apoio, atenção e amizade, vocês são especiais!

Às laboratoristas Tina e Cidinha pela dedicação, apoio, profissionalismo e amizade!

A todos que participaram das análises sensorias. Obrigada pelo comprometimento e amizade. Sem vocês não seria possível a realização do trabalho.

Aos colegas do Curso e do Departamento, obrigada pela feliz convivência e pelos momentos compartilhados!

À Lucilene, secretária do Programa de Ciência dos Alimentos, obrigada pela atenção, apoio e profissionalismo.

E a Deus por todos vocês!!!!

...”Porque aos seus anjos Ele mandou que te guardem em todos os teus caminhos. Eles te sustentarão em suas mãos, para que não tropeces em alguma pedra”...(Salmo 90, 11)

RESUMO

Avaliou-se neste trabalho o emprego de concentrados lácteos proteicos (clp) na fabricação do queijo tipo Camembert, em relação ao rendimento de fabricação e a influência no perfil de textura durante a maturação e no perfil de compostos voláteis dos queijos, com 24 dias de maturação. Analisou-se o papel da mexedura ou não da massa do queijo no rendimento, perfil de textura e compostos voláteis. Foram utilizados dois concentrados de proteínas do soro e dois de proteínas do leite. Estimou-se o custo por meio das quantidades empregadas de matérias-primas e coadjuvantes tecnológicos em cada tratamento para se processar um quilo de queijo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Na avaliação da mexedura ou não da massa no tempo zero, utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas nos tratamentos e na produção de queijo ao longo do tempo, realizando o esquema em parcela sub-sub-divididas no tempo. Os experimentos foram executados em três repetições. A caracterização do leite foi avaliada em relação a seus valores médios. A composição centesimal dos queijos com e sem mexedura em um dia de fabricação; perdas de gordura e proteínas no soro; coeficiente GL; rendimento em l/kg e l/kg ajustado; foram submetidos à análise de variância e quando significativos teste de Tukey a 5% de probabilidade. Aos dados avaliados ao longo do tempo, aplicou-se a análise de variância e quando significativos teste de Tukey a 5% de probabilidade e Regressão, quando possível. A adição de diferentes clp ao leite, na fabricação dos queijos, não promoveu diferença significativa no rendimento, não influenciou de forma isolada na composição, no pH e na proteólise dos queijos; promoveu menor perda de proteínas no soro nos tratamentos com adição de proteínas do leite em relação aos de proteínas do soro, não influenciou de forma isolada na perda de gordura no soro, na transferência de sólidos e no perfil de textura, promoveu variação nos perfis de compostos voláteis. O trabalho mecânico realizado ou não com a massa, não promoveu diferença significativa no rendimento, influenciou de forma isolada no teor de gordura dos queijos, apresentando os tratamentos sem mexedura os maiores valores, não influenciou de forma isolada na perda de gordura no soro, no pH e na proteólise, não promoveu diferença na perda de proteínas no soro ou no aproveitamento final de sólidos, mexendo-se ou não a massa, alterou o perfil de textura em relação ao queijo controle, diminuindo a adesividade (CM), a elasticidade (CM e SM) e a resiliência (SM) e aumentando a coesividade e mastigabilidade (CM e SM), não alterou a adesividade (SM), variando o perfil de compostos voláteis. Considerando-se os menores: tempo de fermentação do leite, perda de proteína e de gordura no soro e que não há diferença estatística significativa na perda de gordura no soro sem mexedura da massa, o emprego dos clp L1 e L2 se destacaram entre os demais. A mexedura ou não da massa não influenciou no rendimento de fabricação; sugere-se que as fabricações sejam

realizadas sem a mexedura, reduzindo-se em 30 a 40 minutos o tempo de fabricação.

Palavras-chave: Rendimento. Perfil de textura. Compostos voláteis. Proteínas lácteas.

ABSTRACT

In this work it was evaluated the use of dairy protein concentrate (dpc) in cheese type Camembert, in relation to the manufacturing yields and the influence on the texture profile during maturation and profile of volatile compounds in cheese with 24 days maturation. It was evaluated the role of stirring or not of the cheese mass, in yield, texture profile and volatile compounds. Two whey protein concentrate, and two milk protein were used. It was estimated the cost by the quantity raw materials used and technological coadjuvants in each treatment to process one kg of cheese. The experimental design was completely randomized. In the evaluation of stirring or not of the mass at time zero it was used the split plot treatments and in the cheese production over time. It was used the schema plot sub-sub-divided on time. The experiments were performed in three replications. The milk characterization was evaluated in relation to its average values. The cheeses' chemical composition with and without stirring in a manufacture day; loss of fat and protein in whey; g/L coefficient; yield in L/kg and L/kg adjusted; they were subjected to variance analysis and when significant Tukey test at 5% probability. The data evaluated over time, it was applied to variance analysis and when significant Tukey test at 5% of probability and Regression, when possible. The addition of different dpc to the milk, in cheese production promoted no significant difference in yield, did not influence in isolation way in the composition, pH and in cheeses' proteolysis; promoted less loss of protein in the whey in treatments with addition of milk protein compared to whey proteins, did not influence in isolation way in the fat loss in the whey, in transfer of solids and texture profile, promoted variation in volatile compounds profile. The mechanical work performed or not with the mass, did not promoted significant difference in the yield, it influenced in isolation way in the cheese fat content, presenting the treatments without stirring the highest values, did not influenced in isolation way in the fat loss in the whey, pH and in proteolysis no difference in the loss of proteins in whey, or in the end use of solid, stirring or not the mass, alter the texture profile compared to the control cheese, reducing the adhesiveness with stirring (WS), the elasticity (WS and WOS) and resilience without stirring (WOS) and increased cohesiveness and chewiness (WS and WOS) did not alter the adhesiveness (WOS), varying the volatile compounds profile. Considering the minor: milk fermentation time, loss of protein and fat in whey and that there is no statistically significant difference in fat loss in whey without stirring mass, the use of dpc M1 and M2 stood out among the others. The stirring or not of the mass does not influence the manufacturing yield; it is suggested that the fabrications are carried out without stirring, reducing 30 to 40 minutes the manufacture time.

Keywords: Yield. Texture profile. Volatile compounds. Milk proteins.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxograma de fabricação dos queijos tipo Camembert com e sem adição de concentrado lácteo proteico, com e sem mexedura da massa. * Fabricação com mexedura; ** Fabricação sem mexedura.....	80
Figura 2	Gráfico representativo do comportamento do pH dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp, com e sem mexedura nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação.....	130
Figura 3	Gráfico representativo do IEP dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp com e sem mexedura da massa nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação.....	132
Figura 4	Gráficos representativos da análise do parâmetro de dureza dos tratamentos sem e com mexedura de queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp avaliados nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação. TC: leite padronizado; TL1: clp do leite; TS1:clp do soro; TS2: clp do soro;TL2: clp do leite	136
Figura 5	Gráfico representativo da análise de adesividade dos tratamentos sem e com mexedura de queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp avaliados nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação. TS1: clp do soro; T5 = TC leite padronizado (Controle)	140
Figura 6	Gráficos representativos da análise de elasticidade dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp sem e com mexedura avaliados nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação. TC: leite padronizado; TL1: clp do leite; TS1:clp do soro; TS2: clp do soro;TL2: clp do leite	144
Figura 7	Gráficos representativos da análise de coesividade dos tratamentos sem e com mexedura de queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp avaliados nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação. TC: leite padronizado; TL1: clp do leite; TS1:clp do soro; TS2: clp do soro;TL2: clp do leite	147
Figura 8	Gráficos representativos da análise de mastigabilidade dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp com e sem mexedura avaliados nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação. TC: leite padronizado; TL1: clp do leite; TS1:clp do soro; TS2: clp do soro;TL2: clp do leite	151
Figura 9	Gráficos representativos da análise de resiliência dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp com e sem mexedura avaliados nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação. TC: leite padronizado; TC: leite padronizado; TL1: clp do leite; TS1:clp do soro; TS2: clp do soro;TL2: clp do leite	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Definição física e sensorial das propriedades texturais dos alimentos	43
Tabela 2	Valores médios dos aspectos físico-químicos do leite para as fabricações dos queijos tipo Camembert com e sem mexedura das três repetições.....	89
Tabela 3	Composição média dos concentrados lácteos proteicos	90
Tabela 4	Teores médios dos parâmetros físico-químicos do leite padronizado e misturas (clp + leite padronizado) para a fabricação dos queijos com mexedura. Teste de média de Tukey.....	91
Tabela 5	Teores médios dos parâmetros físico-químicos do leite padronizado e misturas (clp + leite padronizado) para a fabricação dos queijos sem mexedura. Teste de média de Tukey.....	91
Tabela 6	Características das coalhadas e soros, tempos de coagulação de queijos fabricados com diferentes clp em diferentes níveis de extensão.....	93
Tabela 7	Tempo médio em minutos para acidificação das misturas (leite e clp) e do leite padronizado até 0,21% (m/v) ácido láctico após a adição da cultura láctica, nas repetições.....	96
Tabela 8	Teores médios de gordura do soro dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey	97
Tabela 9	Teores médios de proteínas, glicídio redutor expresso em lactose, acidez e pH dos soros de queijos tipo Camembert produzidos com e sem adição de clp com e sem mexedura da massa. Teste de média de Tukey	99
Tabela 10	Teores médios de umidade dos soros dos queijos tipo Camembert produzidos com e sem clp nos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey	101
Tabela 11	Teores médios de umidade dos soros dos queijos tipo Camembert produzidos com e sem clp nos tratamentos. Teste de média de Tukey	101
Tabela 12	Teores médios de extrato seco dos soros de queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos níveis de mexedura da massa. Teste de média de Tukey.....	103
Tabela 13	Teores médios de extrato seco dos soros dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp com e sem mexedura da massa nos tratamentos. Teste de Tukey	103

Tabela 14	Teores médios de cinza dos soros dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos níveis de mexedura da massa. Teste de média de Tukey	105
Tabela 15	Teores médios de gordura de queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos níveis de mexedura da massa. Teste de média de Tukey	106
Tabela 16	Teores médios de % de gordura no extrato seco dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de Tukey	107
Tabela 17	Teores médios de proteínas de queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de Tukey	109
Tabela 18	Teores médios de umidade dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey.....	111
Tabela 19	Teores médios de extrato seco dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey.....	114
Tabela 20	Teores médios de lactose dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey.....	115
Tabela 21	Valores médios de pH dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey	117
Tabela 22	Teores médios de NaCl dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey.....	118
Tabela 23	Teores médios de sal na umidade dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp nos desdobramentos dos tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey	120
Tabela 24	Valores médios de perda de gordura no soro dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp nos desdobramentos dos Tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey.....	121
Tabela 25	Valores médios de perdas de proteína no soro de queijo tipo Camembert fabricados com e sem clp com e sem mexedura da massa nos tratamentos. Teste de média de Tukey.....	123

Tabela 26	Valores médios de coeficiente GL de queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp com e sem mexedura nos tratamentos. Teste de média de Tukey	125
Tabela 27	Valores médios de rendimentos litros/kg dos tratamentos de queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp com e sem mexedura. Teste de média de Tukey	126
Tabela 28	Valores médios de rendimentos Litros/kg ajustado dos tratamentos de queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp com e sem mexedura. Teste de média de Tukey	128
Tabela 29	Valores médios de rendimentos da fabricação dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp, com e sem mexedura da massa.....	129
Tabela 30	Valores médios para adesividade dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey	139
Tabela 31	Perfil da fração volátil de queijos tipo Camembert elaborados com e sem clp com e sem mexedura da massa. Médias \pm desvio padrão	157
Tabela 32	Valores médios de rendimentos e preços estimados de produção dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp e com e sem mexedura da massa.....	175

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REFERENCIAL TEORICO	22
2.1	O queijo Camembert	22
2.1.1	A fabricação do queijo Camembert	23
2.1.2	A maturação	25
2.1.3	Principais modificações que ocorrem no queijo Camembert durante a maturação	25
2.2	Formação de compostos voláteis no queijo Camembert	32
2.3	Textura de queijos	39
2.4	Rendimento de queijos	45
2.5	Proteínas lácteas	48
2.6	Concentrados lácteos proteicos (clp) – processos de obtenção e as propriedades funcionais	52
2.6.1	Formação de compostos voláteis em concentrados lácteos proteicos	63
2.6.2	Emprego de concentrados lácteos proteicos em alimentos	67
3	OBJETIVOS	71
3.1	Objetivo geral	71
3.2	Objetivos específicos	71
4	MATERIAL E MÉTODOS	72
4.1	Leite	72
4.1.1	Concentrados lácteos proteicos	72
4.1.2	Análises do leite	73
4.1.2.1	Análises físico-químicas para seleção do leite para a fabricação dos queijos	73
4.2	Determinação da composição centesimal dos clp	74
4.2.1	Definição dos concentrados lácteos proteicos para a fabricação dos queijos tipo Camembert e dos níveis de extensão	74
4.2.3	Análises das misturas (leite e clp) e do leite padronizado	75
4.3	Fabricação do queijo tipo Camembert	76
4.3.1	Preparo da solução com o <i>Penicillium camemberti</i>	77
4.3.2	Preparo da cultura láctica mesofílica	77
4.3.3	Preparo da salmoura	77
4.3.4	Coadjuvante de coagulação	78
4.3.5	Coagulante	78
4.3.6	Análises do soro	78
4.3.7	Cálculo do rendimento do queijo Camembert	78
4.3.8	Análises dos queijos tipo Camembert	81

4.3.8.1	Amostras.....	81
4.3.8.2	Caracterização dos queijos tipo Camembert com um dia de fabricação	81
4.3.8.3	Determinação da proteólise	82
4.3.8.4	Perfil de textura	83
4.3.8.5	Umidade.....	83
4.3.8.6	pH.....	84
4.3.8.7	Compostos voláteis	84
4.3.8.8	Estimativa de custo	85
4.4	Delineamento experimental e análise estatística	86
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	89
5.1	Análises físico-químicas do leite para a fabricação dos queijos.....	89
5.2	Determinação da composição média dos clp	89
5.3	Análises físico-químicas do leite e misturas (clp + leite padronizado) para a fabricação dos queijos com e sem mexedura	90
5.4	Avaliações em pré- testes em condições de laboratório para a definição dos clp e dos níveis de extensão a serem utilizados	92
5.5	Fabricação dos queijos tipo Camembert	95
5.5.1	Análises dos soros dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem mexedura da massa	97
5.5.1.1	Gordura	97
5.5.1.2	Proteína, glicídio redutor expresso em lactose, acidez e pH	98
5.5.1.3	Umidade.....	100
5.5.1.4	Extrato seco	102
5.5.1.5	Cinzas.....	104
5.5.2	Caracterização dos queijos tipo Camembert após a fabricação	106
5.5.2.1	Gordura	106
5.5.2.2	Proteína	108
5.5.2.3	Umidade.....	110
5.5.2.4	Extrato seco	113
5.5.2.5	Cinzas.....	114
5.5.2.6	Glicídio redutor expresso em lactose	115
5.5.2.7	pH.....	117
5.5.2.8	NaCl.....	118
5.5.2.9	Sal na umidade.....	119
5.5.3	Rendimento dos queijos tipo Camembert	121
5.5.3.1	Perda de gordura no soro - Método Técnico	121
5.5.3.2	Perda de proteína no soro - Método Técnico	122
5.5.3.3	Coefficiente GL	124

5.5.3.4	Rendimento L/kg	125
5.5.3.5	Rendimento em L/kg ajustado a 51% de umidade.....	127
5.5.4	Avaliações dos queijos tipo Camembert durante a maturação	129
5.5.4.1	pH.....	129
5.5.4.2	Umidade, proteína e gordura	131
5.5.4.3	Determinação da proteólise	132
5.5.4.3.1	Índice de extensão da proteólise (IEP).....	132
5.5.4.3.2	Índice de profundidade da proteólise (IPP)	134
5.5.4.4	Perfil de textura dos queijos tipo Camembert	135
5.5.4.4.1	Dureza.....	135
5.5.4.4.2	Adesividade	139
5.5.4.4.3	Elasticidade	141
5.5.4.4.4	Coesividade	145
5.5.4.4.5	Mastigabilidade.....	148
5.5.4.4.7	Resiliência.....	152
5.6	Perfil de compostos voláteis dos queijos tipo Camembert	156
5.7	Estimativa de custos	174
6	CONCLUSÕES.....	176
	REFERÊNCIAS	178

1 INTRODUÇÃO

No Brasil é fabricada uma grande variedade de queijos, que refletem a nossa própria formação cultural. Há queijos tipicamente brasileiros e há outros inspirados nos conhecimentos queijeiros trazidos ao país por franceses, dinamarqueses, italianos e, mais recentemente, queijos introduzidos por hábitos alimentares ingleses e americanos. As versões originais foram adaptadas às condições e à oferta de leite nas diferentes bacias leiteiras e foram se adequando às preferências do consumidor brasileiro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DAS INDÚSTRIAS DE QUEIJO - ABIQ, 2015).

Pelas estimativas da ABIQ, o consumo per capita de queijos no Brasil deverá alcançar 11 quilos, em média, em 2030, depois de ter avançado 76% entre 2005 e 2013. Considerando o consumo total, o avanço foi de 8% a 9% ao ano, em média, nos últimos anos. O aumento do consumo fora de casa - em restaurantes, por exemplo - foi uma das principais razões para o crescimento da demanda por queijos e, além disso, devido ao avanço da renda da população, à ampliação da oferta da indústria de queijo de produtos à venda no mercado. Isto se deve aos investimentos feitos por alguns fabricantes e também à maior difusão da culinária étnica e ao estímulo em experimentar sensações sensoriais diferentes. No Brasil há um mercado diversificado de famílias de queijos. Os chamados queijos especiais ou finos é um segmento que vem se consolidando no mercado brasileiro (MILKPOINT, 2014)

De origem francesa, o Camembert é um queijo de presença crescente no Brasil. Junto ao queijo Brie, estes dois queijos representam a produção de queijos maturados por mofo branco que desde 2012, ultrapassa 2 mil toneladas (PEREIRA, 2014).

A proteína presente no queijo é responsável por reter quase a totalidade da umidade do queijo. Em termos de rendimento, isso significa que qualquer

perda de proteína significa não apenas perda de massa proteica, mas também da água que seria retida por essa massa (VIOTTO; CUNHA, 2006).

Os trabalhos realizados com a coalhada no tanque podem influenciar no rendimento do queijo e devem ser observados, de forma cuidadosa, a velocidade do corte e o tamanho dos grãos, a intensidade e o tempo de agitação da massa; fatores que influenciam nas perdas de sólidos, conforme observado em estudos de Everard et al. (2008).

Diferentes tecnologias foram experimentadas e testadas, e algumas estão bem estabelecidas de como integrar as proteínas de soro de leite para fabricação de queijo. Proteínas do soro do leite coagulado podem ser incorporadas em princípio, tanto numa forma nativa e em um estado desnaturado em queijo (LAWRENCE, 1989, 1993a, 1993b). Na sua forma nativa, elas podem ser mantidas durante o processamento, quando membranas de ultrafiltração são utilizadas para concentração total ou parcial do soro de leite (HINRICHS, 2001).

Em uma forma desnaturada tecnologias diferentes estão disponíveis, dentre elas a adição de proteínas lácteas para a matriz do queijo em forma de concentrado proteico de soro (WPC) ou concentrado proteico de leite (MPC). (HINRICHS, 2001).

Na literatura científica especializada, há carência de estudos sobre o uso de WPC e MPC em queijos maturados por fungos na superfície, que avaliem as modificações texturais e o perfil dos compostos voláteis dos mesmos.

A justificativa para o emprego da tecnologia para o incremento do teor proteico do leite via adição de concentrados proteicos do leite, se apoia na possibilidade do aumento do rendimento, pelo fato da proteína aumentar o teor de sólidos totais do leite e reter maior teor de água na massa, além da redução do volume de soro produzido com mais sólidos para processamento adicional (BALLINGER, 2001).

Diante do exposto, este trabalho visa à investigação do efeito da incorporação de diferentes concentrados lácteos proteicos (WPC E MPC) no leite, para a fabricação do queijo tipo Camembert, no rendimento, no perfil de textura, no perfil de compostos voláteis e no custo destes queijos. Aliado a este objetivo, será avaliado também o papel do trabalho mecânico com a coalhada (mexedura ou não da massa do queijo), nos mesmos parâmetros citados acima.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 O queijo Camembert

O queijo Camembert pode ser definido como sendo um queijo fabricado com o leite de vaca, de formato cilíndrico de 10 a 11,5 cm de diâmetro, suave, com a casca mofada (branca). Ele deve conter 110g de extrato seco por unidade e o teor de gordura no extrato seco deve ser superior a 40%. O peso de um Camembert maturado deve situar-se entre 240 e 280 gramas, isso exige o emprego de cerca de dois litros de leite. O queijo Camembert é um queijo maturado mais popular da França, tendo sua origem na Região da Normandia. Acredita-se que data de cerca de 1790, e, foi atribuída a uma esposa de um fazendeiro, chamado Marie Harel, da pequena aldeia de Camembert. Embora os primeiros feitos em fazendas, o Camembert tem sido fabricado por empresas industriais, desde o início do século XX. O fabrico de queijos maturados com superfície coberta de mofo tornou-se progressivamente generalizado na França, seguido por outros países da União Europeia. O Camembert fabricado na Normandia cumpre certas normas de fabricação que o beneficia por uma denominação de origem protegida (DOP, Camembert de Normandie). Por outro lado, o nome de "Camembert" não é protegido e é utilizado para os queijos fabricados noutros locais na França ou em outros países (SPINNIER; GRIPON, 2004).

O Camembert tradicional é feito a partir de leite cru com a adição de um fermento láctico. O Camembert, sem denominação de origem, é fabricado a partir de leite cru ou pasteurizado (SPINNIER; GRIPON, 2004).

O queijo Camembert brasileiro é geralmente de boa qualidade, com características próximas ao original francês. A enformagem é feita sempre após uma mexedura da coalhada que pode durar entre 40 a 50 minutos, dependendo

de uma série de fatores. Geralmente o queijo é colocado no mercado tão logo se apresente inteiramente coberto de mofo, ou seja, com cerca de 12 a 14 dias. Daí, a maturação propriamente dita vem a ocorrer nas prateleiras dos pontos de venda (FURTADO, 1989).

2.1.1 A fabricação do queijo Camembert

Em protocolo de fabricação do queijo Camembert, estabelecido por Furtado (2013), o leite padronizado com cerca de 3 a 3,2% de gordura é pasteurizado e com este teor de gordura do leite se consegue um queijo com no mínimo de 45% de gordura no extrato seco. A próxima etapa é a pré-maturação do leite com 1% de fermento láctico mesofílico, cultura composta por *Lactococcus lactis* subsp *lactis* e *Lactococcus lactis* subsp *cremoris*, a temperatura de 32°C até 0,21-0,22g de ácido láctico/100 mL, leite com culturas propagadas ou por 40 minutos com cultivos concentrados diretos. Pode ser adicionado nesta etapa 1/3 do *Penicillium camemberti* ao leite, que deve ser previamente reidratado na véspera do uso, em água com 2% de cloreto de sódio e mantido entre 5 a 10°C até o momento do uso. A adição do coalho deve ser feita tão logo o leite atinja 0, 21 a 0,22 g de ácido láctico/litro de leite e o período de coagulação pode variar ente 30 a 90 minutos.

De acordo com Ribeiro (2012), o corte da coalhada deve ser feito em cubos de 1,5 cm de aresta, seguido de um repouso de dez minutos. A mexedura deve ser realizada lentamente em torno de 30 minutos, com a finalidade da dessora do grão.

Após a massa enformada, não se realiza a prensagem, uma vez que a moldagem se dá com o peso da própria massa. Procede-se as viragens com intervalos de 15 minutos após a enformagem, 30 minutos após a primeira viragem e 60 minutos

após a segunda viragem. Os queijos devem ser deixados a fermentar até pH entre 4,7- 4,8, que pode ocorrer em 24 horas em temperatura entre 20°C a 25°C.

A complexidade do processo de desidratação dos queijos de pasta mole reside na manutenção do equilíbrio desidratação / acidificação. Com efeito, esse equilíbrio vai estabelecer as propriedades físicas e químicas no pré-queijo que irá induzir atividades microbianas e enzimáticas durante a maturação. A acidificação aumenta a porosidade da coalhada, permite uma melhor drenagem e paralelamente, induz uma solubilização dos minerais e, por conseguinte, uma desmineralização da coalhada (SICARD, 2010).

A próxima etapa é a salga que deve ser realizada em salmoura a 20% de sal, por 1 hora. Para queijos macios com fungo na superfície, a salga é essencial para a correcta implantação da microbiota de superfície durante o curso da maturação (SICARD, 2010).

A etapa que se segue é a pulverização abundante do *Penicillium camemberti* com solução previamente preparada. Após 30 minutos, viram-se os queijos e completa-se a operação de pulverização. Os queijos devem ser encaminhados para a câmara de maturação (10-12°C, 90 a 95% de umidade relativa do ar) e deixando secar sob ventilação normal até o dia seguinte, quando as grades podem ser cobertas com panos para evitar o ressecamento da casca (FURTADO, 2013).

A maturação do queijo pode variar em torno de 12 a 30 dias em temperaturas de 10 a 12°C com umidade relativa entre 90 a 95%, sendo posteriormente embalados em papel alumínio e mantidos à temperatura entre 10 a 12°C até a comercialização (RIBEIRO, 2012).

O Camembert apresenta-se ideal para consumo entre 25 (vinte e cinco) a 50 (cinquenta) dias de fabricação, mas não há regras para o consumo. Nesta fase o pH do queijo pode atingir 7,0 e apresentar sabor acentuado. O rendimento

médio de fabricação é de 8-8,5 litros/kg, ou aproximadamente dois litros de leite por forma de queijo (230 gramas) (FURTADO, 2013).

2.1.2 A maturação

A maturação do queijo é uma etapa de digestão enzimática dos componentes que dará ao queijo as características sensoriais esperadas pelos consumidores. O queijo consiste num complexo ecossistema. Agentes da maturação que constituem este ecossistema são os microrganismos nativos e os microrganismos semeados. A ação dos agentes da maturação estará condicionada pelos dados do ambiente de maturação, isto é, a temperatura, a composição do ar (vapor de água, oxigênio, dióxido de carbono e amônia) e a umidade relativa do ar. Estes três elementos, os agentes da maturação, o meio ambiente e os substratos interagem entre si (LECLERCQ-PERLAT; CORRIEU; SPINNLER, 2007).

2.1.3 Principais modificações que ocorrem no queijo Camembert durante a maturação

O metabolismo do lactato é talvez o evento de maior importância no amadurecimento da superfície de queijos maturados por fungos, como o Camembert. Logo depois da fabricação, a superfície destes queijos torna-se colonizada por microorganismos secundários. Inicialmente, *Geotrichum candidum* e leveduras crescem, mas eles são logo seguidos por um crescimento denso de *Penicillium camemberti* (McSWEENEY; FOX, 2004). O *G. Candidum* e *P. camemberti*, rapidamente metabolizam o lactato a CO₂ e O₂, iniciando a desacidificação da superfície do queijo. A desacidificação provoca um gradiente de pH a partir do centro do queijo para a sua superfície e o lactato difunde-se

neste mesmo sentido. Em queijo muito maduro, a amônia (NH_3) é produzida na superfície e difunde-se pela coalhada.

À medida que o pH da superfície do queijo aumenta, o fosfato de cálcio precipita sob a forma de uma camada $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, o que resulta em um gradiente de fosfato de cálcio do centro para a superfície e a migração de fosfato de cálcio para a superfície. Redução na concentração de fosfato de cálcio, em conjunto com o aumento do pH e da proteólise, resulta em amolecimento do interior, o que é característico do queijo tipo Camembert maturado (McSWEENEY; FOX, 2004).

Alterações à matriz de queijo podem influenciar também as taxas de migração de compostos aromatizantes por meio da coalhada ou a liberação de compostos voláteis aromatizantes (ENGEL et al., 2001). O metabolismo de lactato e o aumento do pH na superfície destes queijos tem um grande efeito indireto sobre a proteólise por ação aumentada da plasmina. A plasmina e o coagulante residual são os principais responsáveis pela proteólise durante a maturação destes queijos já que as enzimas produzidas pelo *P. camemberti* permanecem na superfície e não se difundem para o queijo (MCSWEENEY; FOX, 2004).

A proteólise e a lipólise são também processos importantes que ocorrem durante a maturação de queijos curados com fungos na superfície. Resultados da proteólise de coalho, plasmina, e enzima microbiana, incluindo também aqueles a partir de *P. camemberti*, enquanto que resultados da lipólise, provenientes da lipase a partir de bactérias, fungos, e levedura, como *P. camemberti* e *G. candidum*. As moléculas de aroma e voláteis são importantes produtos oriundos da proteólise e da lipólise (GRIPON, 1997).

A proteólise é o mais complexo evento bioquímico primário que ocorre na maior parte dos queijos durante o amadurecimento. Em relação aos fenômenos proteolíticos que ocorrem durante a maturação do queijo podem-se

estabelecer as seguintes diferenciações: a proteólise primária, que compreende as reações responsáveis pela formação de peptídeos de peso molecular intermediário ou alto, a partir da caseína, influenciando o desenvolvimento da textura (ROSENBERG et al., 1995), e, a proteólise secundária em que intervém as proteases microbianas, originando peptídeos de cadeia curta e aminoácidos a partir dos quais se formam substâncias voláteis e não voláteis (RANK; GRAPPIN; OLSON, 1985).

As proteinases e peptidases que catalisam a proteólise em queijo durante o amadurecimento, originam a partir de diferentes fontes primárias, ou seja, o agente coagulante, o leite, as bactérias produtoras e não produtoras de ácido láctico e os microrganismos secundários, como por exemplo, *Penicillium camemberti* em queijo Camembert e um complexo de bactérias Gram-positivas na superfície de queijos. Uma das principais fontes de enzimas proteolíticas em muitas variedades de queijo é o coagulante residual, muitas vezes a quimosina, que permanece presa na coalhada após a drenagem do soro. Até 30% da atividade do coagulante adicionado ao leite, permanece na coalhada dependendo de fatores tais como, o tipo de enzima, temperatura de cozimento e o pH no momento da drenagem do soro (UPADHYAY et al., 2004).

A especificidade da quimosina em todas as caseínas é conhecida. Em solução, a quimosina cliva a β -caseína em sete locais (VISSER; SLANGEN, 1977), muitos dos quais estão localizados perto do centro hidrofóbico C-terminal β caseína e a clivagem destes locais (por exemplo, Tyr193 Leu192-) podem resultar na produção de peptídeos hidrofóbicos de cadeia curta, que são amargos. O principal local de ação da quimosina na α ₁-caseína (α ₁-CN) é Phe23-Phe24 (MCSWEENEY et al., 1993), onde resulta na produção de um pequeno peptídeo (α ₁-CN f1-23) que é hidrolisado rapidamente por proteinases das bactérias starters. A quimosina cliva a α ₁-caseína em uma série de outros sítios, particularmente Leu101-Lys102, que é hidrolisado em muitos queijos durante o

amadurecimento. A α_2 -caseína é mais resistente à hidrólise pela quimosina do que a α_1 -caseína; os locais de clivagem da quimosina em α_2 -caseína são restritos para as regiões hidrófobas da molécula (sequências 90-120 e 160-207) (MCSWEENEY et al., 1994). Embora a para- κ -caseína tenha vários locais potenciais de clivagem da quimosina, esta hidrólise não acontece em solução ou em queijo (GREEN; FOSTER, 1974). Isto pode refletir o nível relativamente elevado de estrutura secundária na κ -caseína em comparação com as outras caseínas (SWAISGOOD, 1992).

O leite é uma importante fonte de enzimas proteolíticas. A principal proteinase natural do leite é a plasmina, e com pH de ação ótimo de aproximadamente 7,5 a 37°C. O mais importante substrato da plasmina, no queijo é a β -caseína, que a hidrolisa em três locais, Lys28-Lys29, Lys105-His106 e Lys107-Glu108, para produzir γ_1 -CN (CN- β f29-209), γ_2 -CN (CN β -f106-209), γ_3 -CN (β -CN f108-209), protease peptona PP8 rápido (β -CN f1-28), PP8 lento (f29-105 β -CN e f29-107) e PP5 (β -CN f1-105 e 1-107). Plasmina é também muito importante em queijos curados por mofo, em que o pH aumenta durante a maturação, afastando-se do pH ideal da quimosina no sentido do pH ideal da plasmina (UPADHYAY et al., 2004).

Bactérias do ácido láctico são as primeiras espécies a crescer na coalhada. O seu papel principal é o consumo de lactose, a produção de ácido láctico e de produção e precursores de compostos de aroma. No queijo de pasta mole, os fermentos lácticos utilizado na indústria são acidificantes, compostos de bactérias mesófilas (*Lactococcus* subsp. *Lactis*, *L.* subsp. *Cremoris*) de microbiota aromática (*L. lactis* subsp. *diacetylactis*, LC. Mesenteroides) e bactérias termófilas (*S. thermophilus*) (CHOISY et al., 1997).

Bactérias da superfície como micrococcaceae e corineformes desempenham um papel importante na superfície de queijos. Apresentam caráter aeróbico, são resistentes ao sal, mas são sensíveis ao pH ácido, são envolvidas

na proteólise e na produção de compostos aromáticos ou aos seus precursores (CHOISY et al., 1997). São capazes de utilizar aminoácidos como a única fonte de energia e, especialmente, degrada a metionina com a produção de derivados de metanotiol e enxofre (RICHARD; ZADI, 1983).

O *Penicillium camemberti* possui um sistema proteolítico composto de diversas proteases que possuem pH ideal de 6,0 e outras por volta de 8,5. Estas proteases que são produzidas na superfície, maturam os queijos em direção ao centro, estabelecendo um gradiente de pH e de teor de proteínas solúveis (FURTADO, 2013). O *Penicillium camemberti* sintetiza também metaloproteínase e aspartato protease que são ativas em pH 5,5-6,0 e 4,0 respectivamente, pois clivam melhor as α_1 -caseínas comparadas às β -caseínas (FURTADO, 2013).

As leveduras são particularmente importantes pelo seu papel na neutralização da coalhada. Sua ação proteolítica reduz a amargura da coalhada e a ação lipolítica permite a liberação de compostos aromáticos voláteis. As principais leveduras que são características do queijo Camembert são o *Kluyveromyces marxianus*, o *Kluyveromyces lactis* e *Geotrichum candidum*. *Kluyveromyces marxianus* sua principal função é a desacidificação da massa por degradação da lactose. Após esgotar a lactose da superfície o *K. marxianus* metaboliza o lactato (LECLERCQ-PERLAT et al., 2004), reduzindo o risco de pós-acidificação. Esta estirpe também produz acetato de etilo, que confere odor de maçã verde fermentado e é característica do início de maturação de um Camembert (LECLERCQ-PERLAT et al., 2006).

O *Geotrichum candidum* desempenha um papel chave em queijos, uma vez que permite desacidificação da coalhada por consumir lactatos, mas também participa na quebra de peptídeos amargos produzidos pelo *Penicillium camemberti*. O *G. candidum* promove a coesão e secagem da crosta e libera aromas típicos do queijo Camembert. A utilização do *G. candidum* na fabricação

do Camembert a partir de leite pasteurizado fornece produtos que ajudam na obtenção de um sabor mais tradicional. Além disso, seu crescimento rápido dá-lhe um papel junto ao *K. marxianus* para lutar contra contaminantes (incluindo *Mucor*). Ele cresce desde o primeiro dia, o crescimento aumenta entre os 4º e 5º dias e estabiliza entre os 10º- 12º dia (SICARD, 2010).

Em queijo Camembert, a lipólise é devida às atividades das esterases liberadas pelas bactérias do ácido láctico, pela lipoproteína residual, lipase do leite, e as lipases de leveduras e fungos (COLLINS; MCSWEENEY; WILKINSON, 2003; MALLATOU; PAPA; MASSOURAS, 2003). A lipólise está envolvida no sabor e traços aromáticos positivos, mas também pode estar envolvido em sabores rançosos. (LECLERCQ-PERLAT; CORRIEU; SPINNLER, 2007).

Durante o amadurecimento, a lipólise é importante porque a gordura contribui para três principais características sensoriais: (1) a textura, (2) a solubilidade dos componentes aromáticos, e (3) no sabor e compostos precursores de aromas (COLLINS; MCSWEENEY; WILKINSON, 2003).

O *Penicillium camemberti* possui um sistema lipolítico muito forte, produzindo uma lipase exocelular ativa na faixa de pH de 3,5 a 11,5, com o ideal em torno de 8,5. Essas lipases atacam a ligação éster dos triacilgliceróis, liberando ácidos graxos que conferem sabor ao queijo. Estima-se que 2,5% dos triacilgliceróis originais estejam sob a forma de ácidos graxos livres (FURTADO, 2013).

O mecanismo de formação de sabor pode ser resumido em três etapas principais. No triacilglicerol, ocorre inicialmente a hidrólise da ligação éster entre o triacilglicerol e os ácidos graxos, liberando-os, os ácidos graxos livres são oxidados e descarboxilados com liberação de CO₂ e formação de metil cetonas que conferem sabor e aroma pronunciados. Dependendo da estrutura do ácido graxo, cadeia curta ou longa, saturado ou insaturado; são convertidos em

outros componentes como aldeídos, cetonas, peróxidos e outros, por meio de reações diversas (oxidação, descarboxilação, saponificação), que conferirão sabor e aroma típicos de queijo maturado (KARDELL; FURTADO; LOURENÇO NETO, 1995).

O *Geotrichum candidum* é lipolítico e produz duas lipases extracelulares com pH ótimo de ação de 6,5. A lipase I apresenta atividade específica mais alta para ácidos graxos insaturados de cadeia longa, o que explica o alto grau de ácido oleico no Camembert. A lipase II libera ácidos graxos de cadeia média saturado na posição (C8, C10, C12 e C14) (LAW, 1997).

Durante a maturação acontecem numerosas relações de interações entre os microrganismos. Estas interações podem ser ligadas entre as populações de microrganismos ou indiretamente por intermédio das substâncias produzidas por estes microrganismos. As interações podem ser positivas (estímulo ao crescimento) ou negativas (inibição do crescimento e da atividade metabólica, por competição ou produção de substâncias inibitórias). A associação do *G. candidum* x *P. camemberti* x *K. Marxianus* permite a desacidificação mais rápida da coalhada, agindo favoravelmente sobre o desenvolvimento da microbiota da superfície e esta age de forma antagonista aos contaminantes como o *Mucor* (MOUNIER, 2005).

A associação do *G. candidum* x *P. camemberti* apresenta uma complementariedade metabólica. O *G. candidum* hidrolisa peptídeos de baixa massa molecular, permitindo maior assimilação dos peptídeos e aminoácidos pelo *P. camemberti* além da utilização destes como fonte de carbono. A atividade proteolítica do *P. camemberti* permite a utilização de pequenos e médios peptídeos pelo *G. Candidum*. Esta interação pode originar também defeito que impede que *P. camemberti* se implante e origine o defeito do tipo “pele de sapo” que se forma na superfície da coalhada, modificando a textura e qualidade sensorial do queijo (AZIZA, 2006).

2.2 Formação de compostos voláteis no queijo Camembert

A produção de componentes de aroma é um fator importante no desenvolvimento da qualidade sensorial dos queijos de pasta mole e sempre envolve mudanças químicas e microbiológicas (BERGER et al., 1999; MOLIMARD; LE-QUERE; SPINNLER, 1997). Ela é afetada por muitos fatores, pela atividade dos microrganismos e enzimas (proteases e lipases), pela composição do queijo (proporções caseína / umidade e sal / umidade) e condições ambientais (pH e temperatura de maturação) (MOLIMARD; LE-QUERE; SPINNLER, 1997).

Os numerosos compostos voláteis e não voláteis envolvidos no sabor e aroma do queijo são derivados principalmente de três principais vias metabólicas: do catabolismo da lactose, lipídios e proteínas. As moléculas resultantes são principalmente, álcoois, cetonas, metilcetonas ésteres, ácidos graxos, compostos sulfurados e lactonas (DUMONT et al., 1974; KUBICKOVA; GROSH, 1998a, 1998b; MCSWEENEY; SOUSA, 2000; MOLIMARD; SPINNLER, 1996).

Além de aspectos ligados à fisiologia e psicologia, a percepção do aroma depende, principalmente, da natureza e concentração dos voláteis e também da sua disponibilidade, o que pode ser modulado por propriedades físico-químicas e interações dos componentes da matriz do alimento (BAKKER, 1995).

Muitas vias metabólicas estão envolvidas na biossíntese dos álcoois que são encontrados no queijo: metabolismo da lactose, redução da metilcetona, metabolismo de aminoácidos, bem como a degradação de ácidos linoléico e linolênico (MOLIMARD; SPINNLER, 1996). O 1-octen-3-ol é um álcool muito comum em queijo Camembert e a ocorrência desse álcool está relacionada com metabolismo do *Penicillium camemberti* (KARAHADIAN; JOSEPHSON; LINDSAY, 1985b). Tem como característica notas verdes e de cogumelos e sua

baixa percepção de limiar, contribui significativamente para os perfis de aroma desse tipo de queijo, além disso, a intensidade do odor de álcool pode ser aumentada pela presença da sua cetona correspondente a 1-octen-3-ona (KUBÍCKOVÁ; GROSCH, 1997).

O 1-octen-3-ol representa 5-10% de compostos voláteis em Camembert. Por outro lado, ele está presente em quantidades muito pequenas em Camembert jovem, só aparece no final de maturação do queijo e é um resultado do metabolismo secundário (SPINLER; GROSJEAN; BOUVIER, 1992). Em relação ao álcool primário, o 3-metilbutan-1-ol está presente em, relativamente, grandes quantidades no Camembert e tem uma nota floral alcoólica. O fenil-2-etanol tem uma nota floral de rosa (ROGER; DEGAS; GRIPON, 1988). Este álcool é um dos principais compostos em Camembert após 7 dias de maturação, a uma concentração de 1,15 mg/kg⁻¹. A sua concentração estabiliza em cerca de 1 mg.kg⁻¹, no final de amadurecimento (LEE; RICHARD, 1984).

O etanol, propan-2-ol, butan-2-ol, octan-2-ol e nonan-2-ol também são encontrados na maioria dos queijos de pasta mole. Etanol e álcoois de cadeia linear curta tem um papel limitado no aroma do queijo, mas são os precursores de diversos ésteres. A título de desaminação oxidativa ou transaminação, aminoácidos podem ser transformados para α -cetoácidos os quais podem então ser descarboxilados para aldeídos. Os aldeídos podem ser reduzidos para os álcoois primários correspondentes ou oxidados a ácidos. Os produtos resultantes da redução de aldeídos incluem 2-metilpropanol, 3-metil-butanol, 2-metil-butanol, 3-metilpropanol e feniletanol. A produção de feniletanol de fenilalanina parece ser principalmente realizada por leveduras. Na mesma maneira, *P. camemberti* cataboliza a valina para 2-metilpropanol e leucina 3-metil-butanol (LEE; RICHARD, 1984).

As cetonas são constituintes comuns da maioria dos produtos lácteos. Devido aos seus odores típicos e os seus baixos limiares de percepção, cetonas,

e, especialmente, metilcetonas, são principalmente conhecidas por sua contribuição ao aroma de queijos maturados por fungo na superfície. A síntese destes compostos está relacionada com a atividade enzimática do *P. camemberti* ou do *G. candidum* (CURIONI; BOSSET, 2002). Um importante odorante do queijo Camembert é 1-octen-3-ona que tem sido comumente associado a odores de cogumelos. A produção deste composto por *P. camemberti* provavelmente deriva das vias dos ácidos linoléico e linolênico (KARAHADIAN; JOSEPHSON; LINDSAY, 1985a, 1985b). O 2,3-butanodiona (diacetil) é um importante composto de aroma, que confere notas amanteigadas ao queijo e foi identificado como um componente chave do aroma do Camembert. Este componente é obtido a partir do piruvato, resultante do metabolismo de lactose e citrato. A produção deste composto é devido, principalmente, à atividade das bactérias produtoras de ácido láctico, especialmente *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar *diacetylactis* e *Leuconostoc* spp. (WELSH; MURRAY; WILLIAMS, 1989). Este composto volátil é apreciado pela sua nota amanteigada e foi identificada como um componente chave do aroma do Camembert (CURIONI; BOSSET, 2002).

O *Penicillium camemberti* é conhecido pela sua capacidade de produzir cetonas com número ímpar de carbonos quando cultivada em substratos como óleo de soja, óleo de semente de palma e em especial queijo (JOLLIVET; BELIN, 1993). A produção deste composto por *P. camemberti* provavelmente deriva de vias dos ácidos linoléico e linolênico (KARAHADIAN; JOSEPHSON; LINDSAY, 1985a, 1985b).

Os agentes principais na formação de metilcetonas em queijos curados são os fungos e tem como precursores os ácidos graxos. Metilcetonas são formadas numa via metabólica que está ligada a β -oxidação via *P. camemberti* e *Geotrichum candidum* possuem um sistema enzimático, que permite um desvio da β -oxidação normal. O ácido graxo livre é oxidado a β -cetoacil-CoA. A ação

de uma tiolase produz uma β -cetoácido que é rapidamente descarboxilado por uma β -ceto-acil descarboxilase para dar uma metilcetona com um carbono a menos do que ácido graxo inicial (SPINNLER; GRIPON, 2004).

A presença de diferentes δ - e γ -lactonas em queijos macios, tais como Camembert, pode ser de importância para o aroma final devido às suas notas frutadas e seu baixo limiar de percepção. Lactonas, na verdade, são geralmente associadas com odores acentuados de pêssego, damasco e coco. Uma das mais comuns lactonas importantes identificadas no queijo é δ -decalactona que é um composto odorante chave do Camembert (CURIONI; BOSSET, 2002).

Lactonas são ésteres cíclicos em que o ácido e as funções álcool pertencem à mesma molécula. Alguns mecanismos de geração de lactonas em queijos têm sido sugeridos, mas nenhum deles já foi provado (CURIONI; BOSSET, 2002). Precursores da lactona são ácidos graxos hidroxilados. A esterificação intramolecular acontece sob a ação do pH e / ou microrganismos.

A ação de microrganismos nunca foi claramente demonstrada no queijo. Hidroxiácidos, que são precursores diretos de lactonas, estão presentes em triglicérides no leite. Lipases podem liberá-los e eles são, então, ciclizados para formar lactonas. Mesmo assim, ácidos graxos hidroxilados podem vir do catabolismo normal de ácidos graxos e podem ser gerados a partir de ácidos graxos insaturados, por ação de lipoxigenases (SPINNLER; GRIPON, 2004).

Ésteres são voláteis comuns em queijos. Reações de esterificação ocorrem entre ácidos graxos de cadeia curta e média e álcoois primários e secundários derivados de fermentação da lactose ou de catabolismo de aminoácidos (BOSSET; LIARDON, 1984). O fenil etil acetato é um dos mais importantes ésteres aromáticos e confere um odor floral ao queijo Camembert (KUBÍCKOVÁ; GROSCH, 1997) e no sétimo dia de maturação, é o composto principal no perfil aromático (ROGER; DEGAS; GRIPON, 1988). A maioria dos ésteres encontrados no queijo são descritos como tendo notas doce, frutada e

florais. Estes compostos podem minimizar a nitidez e a amargura transmitida por ácidos graxos e aminas, respectivamente (GALLOIS; LANGLOIS, 1990).

A presença de grandes quantidades de ésteres em queijos maturados, fabricados com fungos em sua superfície, indica que estes estejam relacionados na produção de ésteres. O acetato de etila foi detectado entre os voláteis produzidos por mais de uma, entre dez cepas testadas de *Penicillium camemberti*, em trabalho de Jollivet, Belin e Vayssier (1993). Larsen (1998) identificou o formato de etilo, acetato de etilo e butanoato de etilo produzidos por *Penicillium camemberti*. Alguns estudos sugerem que as lipases dos fungos usados na fabricação de queijos produzem ésteres via esterificação. Leblanc et al. (1998), relataram a síntese de acetato valerato, butanoato de etila, por lipase de *Penicillium camemberti* via esterificação.

Furanos são geralmente formados pela degradação térmica de frutose, na presença de aminas e aminoácidos via reação de Maillard e as características do aroma deste composto em 1,0%, estão associados às notas doces, levemente torradas com tons terrosos (BURDOCK, 2010).

Pirazinas foram relacionados como importantes contribuintes para o sabor do queijo. A 3-isopropil-2-metoxipirazina é um composto originado a partir da degradação de L-valina (GALLOIS, 1984) e no queijo Camembert, esta pirazina é responsável pelo defeito de aroma de batata podre como citado por Molimard e Spinnler (1996). No queijo Cheddar britânico é responsável pela formação de uma característica de terra (SURIYAPHAN et al., 2001). A presença de pirazinas em alimentos processados é geralmente associada com escurecimento não enzimático durante o aquecimento ou durante maturação prolongado à temperatura moderada (MAGA, 1982).

O composto sulfurado mais comum em queijo é o metional (3-metilthiopropional). Este volátil, que pode ser produzido por degradação de Strecker, tem uma característica de batata cozida e acre odor pungente, além de

desempenhar um papel importante nos perfis de aroma de queijos, como Camembert (BONNARME et al., 2001). Metanotiol é outro importante composto sulfurado. Ele deriva da metionina e pode ser um precursor para outros compostos de enxofre tais como dimethyldisulphide (DMDS) e dimethyltrisulphide (DMTs) através de reações oxidativas. Muitos microrganismos são capazes de produzir metanotiol a partir de metionina, especialmente o *G. candidum* e o *P.camemberti* (JOLLIVET et al., 1994). DMS é um produto do metabolismo do ácido propiónico e é formado por bactérias a partir da metionina. Ele foi considerado como um odorante principal de Camembert (CURIONI; BOSSET, 2002).

Os ácidos graxos são importantes, ou mesmo predominantes componentes do sabor de muitos tipos de queijos. Os ácidos graxos não são apenas compostos de aroma, mas também servem como precursores de metilcetonas, álcoois, lactonas e ésteres. Durante a maturação de queijo, ácidos graxos livres, contendo quatro ou mais de átomos de carbono, podem se originar de lipólise da gordura do leite ou da repartição de aminoácidos (URBACH, 1993). Lipólise pode ser devido à ação de lipases de bactérias nativas do leite, no caso do queijo feito de leite cru. Bactérias do ácido láctico presente em culturas starters são geralmente apenas fracamente lipolíticas. No entanto, a maior parte dos ácidos graxos, possuindo entre 4 e 20 átomos de carbono, são provenientes de lipólise de triglicéridos por fungos. A menor proporção de ácidos graxos livres, tendo geralmente entre 2 e 6 átomos de carbono, originam a partir da degradação da lactose e aminoácidos. Os ácidos graxos mais curtos também podem ser derivados a partir de cetonas, ésteres e aldeídos por oxidação (MOLIMARD; SPINLER, 1996).

É também importante notar que os valores de pH do queijo afeta a concentração de ácidos graxos voláteis. É, de fato, a forma não dissociada destes ácidos que é aromático. Esta forma é encontrada na fase gordurosa do queijo,

enquanto que a fase aquosa contém tanto formas dissociadas quanto ionizadas (SPINNLER; GRIPON, 2004). Um pH baixo reduz a ionização e aumenta a volatilidade dos ácidos. O ácido butanóico (butírico) tem um odor rançoso e desempenha um papel importante no sabor de muitos tipos de queijos como Camembert. No entanto, grandes quantidades deste ácido volátil, que pode ter origem a partir de fermentação do ácido butírico, são indesejáveis (LE QUÉRÉ et al., 1996).

Ácidos graxos de cadeia curta tem um impacto considerável no sabor, mas intensiva lipólise é indesejável na maioria das variedades de queijo pelo desenvolvimento de rancidez. Os ácidos graxos livres devem ser contrabalançados com outros compostos aromatizantes para desenvolver um aroma apreciado (BOSSET; GAUCH, 1993; FOX; SINGH; MCSWEENEY, 1995; MARILLEY; VICKERS; REINECCIUS, 2008).

Os terpenos são metabolitos secundários de plantas derivadas biossinteticamente a partir de unidades de isopreno. Produzidos, em parte, para defesa contra microrganismos e insetos (EISENREICH; ROHDICH; BACHER, 2001). Passa através do animal, para o leite com pequenas alterações e ocorrem em produtos lácteos em níveis altamente dependentes do fornecimento pela dieta e esta propriedade já foi explorada por muitos autores (CORNU et al., 2005; COULON et al., 2004; FAVARO et al., 2005; FERNÁNDEZ-GARCIA et al., 2008).

Um grande número de compostos de aroma possui uma estrutura que pode ser decomposta em unidades de isopreno (C_5H_{10}). Esta particularidade representa a característica comum a todos os terpenos, que, portanto, apresentam a fórmula geral $(C_5H_{10})_n$. Assim, os compostos terpênicos podem ser classificados quanto ao número de carbonos, como hemiterpenos ($n = 1$), monoterpenos ($n = 2$), sesquiterpenos ($n = 3$), diterpenos ($n = 4$), triterpenos ($n = 6$), tetraterpenos ($n = 8$), também conhecidos por carotenos, e politerpenos ($n >$

8), as chamadas borrachas. Para monoterpenos, outra classificação se baseia na ciclização de sua cadeia carbônica. Assim, eles podem ser monoterpenos acíclicos (moléculas abertas), monocíclicos, bicíclicos ou tricíclicos. Por definição, o termo “terpeno” designa os representantes da família dos hidrocarbonetos, sem grupos funcionais na molécula (FONTANILLE, 2002).

2.3 Textura de queijos

A textura é uma propriedade extremamente complexa, constituída por diferentes parâmetros interrelacionados. Nos alimentos, os atributos de textura desempenham um papel importante nas decisões de compra e consumo, sendo um dos atributos dominantes na preferência dos consumidores (GUNASEKARAN; AK, 2003).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1993), a textura é definida como todas as propriedades reológicas e estruturais (geométricas e de superfície) de um alimento, perceptíveis pelos receptores mecânicos, táteis e eventualmente pelos receptores visuais e auditivos.

A textura do queijo depende da composição química e da força das interações entre os elementos estruturais que compõem a sua micro e macroestrutura. As propriedades físicas são influenciadas pela composição inicial do leite, processo tecnológico e condições de maturação. Os fatores mais importantes na determinação das propriedades físicas são as condições das partículas de caseína no queijo, bem como as interações entre as moléculas e a quantidade de cálcio associado a essas partículas, além da extensão da proteólise (FOX et al., 2000; GUNASEKARAN; AK, 2003), estando a proteólise relacionada às alterações estruturais devido à quebra da rede proteica responsável pela integridade da matriz (DELGADO et al., 2012).

A matriz proteica de um queijo novo consiste em moléculas de α_1 -caseínas ligadas por meio de interações hidrofóbicas entre aminoácidos terminais. Inicialmente, a renina hidrolisa a ligação Phe24 e Val 25 da α_1 -caseína, levando a formação da caseína- α_1 -1 com a quebra da matriz proteica. Esta quebra específica é responsável pela diminuição da firmeza que ocorre no estágio inicial da maturação. A acentuada influência do NaCl na proteólise da α_1 -caseína, justifica a sua grande importância na textura dos queijos (FOX, 1987).

A retenção das proteínas do soro interfere no desenvolvimento das características sensoriais e de textura típicas do queijo. Quanto maior o teor de proteína do soro presente, maiores são as diferenças nas propriedades funcionais dos queijos (LAWRENCE, 1989).

Souza (2014), ao avaliar a influência de variações nas proporções de clp de soro e clp de leite no perfil de textura de queijo processados, registrou alterações (diminuição) na dureza, mastigabilidade, elasticidade e adesividade deste produto, quando se aumentou a proporção de concentrado proteico de soro.

Em trabalho de Rehman, Farkye e Yim (2003), a adição de concentrado de proteína de leite aumentou a dureza do queijo Mozzarella.

O efeito do concentrado protéico de soro na textura de sobremesas lácteas sem gordura avaliado em trabalho de Vidigal et al. (2012), indicaram que a adição de WPC nas formulações, contribuiu para melhorar as propriedades texturais, exceto para adesividade e coesividade, o que é atribuído a sua capacidade de retenção de água e propriedades gelificantes. O que segundo Antunes, Motta e Antunes (2003), a β -lactoglobulina é o principal agente de gelificação devido à presença de grupo sulfidrílico livre.

A maior elasticidade das formulações suplementadas com CMP está fortemente relacionada com a formação de pontes dissulfeto intermoleculares (SHIMADA; CHEFTEL, 1989).

As características de textura dos queijos mudam significativamente durante a estocagem, devido ao crescimento microbiano, a perda de umidade, a atividade enzimática (degradação de proteína) e a difusão do sal (CERVANTES; LUND; OLSON, 1983).

A textura do queijo é geralmente limitada às sensações experimentadas durante o mastigar, sugerindo o papel preponderante das propriedades mecânicas. No entanto, além da força e deformação que ocorrem em parte da mastigação, outros processos, tais como a manipulação da massa através da mistura com a língua e também com a saliva, resulta em percepções sensoriais únicas de textura, que mesmo sendo difícil é possível medir instrumentalmente (FOEGEDING; DRAKE, 2007).

De acordo com Shoemaker et al. (1992), a avaliação das propriedades reológicas dos queijos é tão importante quanto à avaliação do sabor e aroma.

A descrição e a classificação das sensações perceptíveis das características de textura são realizadas por meio da análise do perfil de textura (TPA), a qual pode ser realizada por meio de medidas sensoriais e instrumentais (SILVA, 2006).

Testes de força de compressão e quantificação por meio dos parâmetros mecânicos, a partir do registro das curvas da força de deformação, são a base da avaliação da textura por métodos instrumentais (SZCZESNIAK, 2002). A análise do perfil de textura (TPA) se assemelha a ação de compressão dos dentes molares durante a mastigação, o que possibilita uma previsão de características de textura antes mesmo de o produto ser consumido (DELGADO et al., 2012).

Da interpretação gráfica do TPA, obtêm-se parâmetros importantes sobre as propriedades texturais dos alimentos, nomeadamente, a dureza, a adesividade, a coesividade, a elasticidade, a mastigabilidade, a gomosidade e a resiliência (ALVARENGA, 2000; GUNASEKARAN; AK, 2003; MACHADO,

2003; RIBEIRO, 1998). A Tabela 1 apresenta as definições físicas e sensoriais dos parâmetros de textura.

Tabela 1 Definição física e sensorial das propriedades texturais dos alimentos

Propriedade textural	Definição física	Definição sensorial
Dureza	Força necessária para obter uma dada deformação	Força requerida para a compressão de uma substância entre os dentes molares (para sólidos) ou entre a língua e o palato (semisólidos).
Adesividade	Trabalho necessário para vencer as forças de atração entre a superfície do alimento e as superfícies com as quais este entra em contato	Força requerida para remover o material que adere ao palato durante o processo normal de comer
Coesividade	Força das ligações internas que definem a estrutura do alimento	Grau ao qual uma substância é comprimida entre os dentes, antes de romper.
Elasticidade	Velocidade na qual um material deformado volta à condição não deformada, depois que a força de deformação é removida.	Grau para o qual o produto volta à sua forma original, depois da compressão com os dentes.
Gomosidade	É considerado um parâmetro secundário obtido a partir dos parâmetros primários: dureza x coesividade. Energia requerida para desintegrar um alimento semisólido até o ponto de deglutição. É o produto de baixo grau de dureza x alto grau de coesividade.	Densidade que persiste durante a mastigação: energia requerida para desintegrar um alimento semisólido ao ponto ideal para a deglutição.
Mastigabilidade	É considerado um parâmetro secundário obtido a partir dos parâmetros: gomosidade x elasticidade. Energia requerida para mastigar um alimento sólido até a deglutição	Tempo (s) requerido para mastigar uma amostra, a uma velocidade constante da aplicação de força para reduzi-la a consistência adequada para a deglutição.
Resiliência	Medida de quanto a amostra se recupera de sua deformação tanto em termos de velocidade tanto em termos de suas forças derivadas.	É um parâmetro que não pertence à análise de perfil de textura tradicional, mas vem sendo aplicada por desenvolver uma visão da recuperação elástica da amostra, sendo que quanto maior o comportamento elástico, maior a resiliência. (EXTRALAB, 2010)

Adaptado de Alvarenga (2000), Bourne (2002), Civille e Szczesniak (1973), Extralab (2010), Machado (2003), Nollet e Toldrá (2010) e Ribeiro (1998)

Em relação ao queijo Camembert, a parte externa do queijo sofre considerável modificação da textura e a coalhada que é firme no início do amadurecimento, torna-se mais tarde suave e frágil. O amolecimento é visível em corte transversal do queijo que se estende gradualmente em direção ao centro. Estas alterações foram anteriormente atribuídas ao nível elevado de proteólise criado pelo *P. camemberti*. No entanto, a difusão de proteases fúngicas é limitada e pode afetar apenas a alguns milímetros. A mais importante mudança causada por *P. camemberti* é estabelecimento de um gradiente de pH a partir da superfície para o centro, devido ao consumo de ácido láctico e a produção de amoníaco. Este gradiente de pH pode ser simulado por incubação do Camembert jovem (3 dias de amadurecimento sem inoculação com *Penicillium*) numa atmosfera amoniacal. O amoníaco dissolve-se na coalhada e, após o equilíbrio, o gradiente de pH estabelecido é expresso pelo amolecimento do queijo; este processo é mais evidente perto da superfície, onde o pH é mais alto (VASSAL; GRIPON, 1984).

O aumento do pH, por conseguinte, modifica a interação proteína-proteína e interações proteína-água. Também muda a capacidade de absorção de água e a solubilidade das caseínas. De acordo com Noomen (1983), as condições físico-químicas (teor de água e pH) em Camembert, sozinhas, não podem explicar o amolecimento, o que também pode ser relacionado com a ação do coalho, embora, queijos experimentais, não contendo coalho e incubadas numa atmosfera amoniacal não amolecem, mas tornam-se duros e elásticos, enquanto que o queijo com atividade de coalho amolece. O amolecimento de Camembert poderia, assim, ser explicado por três processos: quebra de uma porcentagem da α -caseína pelo coalho, aumento do pH causado pela microbiota da superfície e à migração para o exterior de Ca^{2+} em resposta ao gradiente de pH.

A migração de cálcio e fósforo é controlada principalmente pela relação entre estes dois elementos, em vez da concentração absoluta de cada um (LE

GRANDE et al., 1983). A adição de cloreto de cálcio não resulta em uma migração mais pronunciada de fosfato, ao passo que a adição de fosfato de sódio resulta num aumento do escoamento de cálcio. Portanto, o fósforo é o elemento limitador na migração do fosfocálcico, que é irreversível; contrariamente à migração de potássio e alguns oligoelementos (Fe, Zn) (LE GRAET; BRULE, 1988). As modificações da composição mineral do queijo resultante a partir da diminuição da quantidade de alguns elementos minerais no centro e seu aumento na superfície desempenham um papel durante a maturação, nomeadamente em matéria do crescimento da flora e da maturação dos queijos (NOOMEN, 1983). A migração de fosfato de cálcio e a precipitação fosfocálcico na superfície têm uma influência sobre as características reológicas da camada externa e da coalhada (LAWRENCE; CREAMER; GILLES, 1987; SOLORZA; BELL, 1998; VASSAL et al., 1986).

2.4 Rendimento de queijos

No processo de fabricação de queijos, o rendimento se torna uma medida importante para se avaliar o aspecto econômico da fabricação e expressar os resultados das experiências de fabricação de queijo (EMMONS, 1993).

O rendimento da transformação do leite em queijo é a expressão matemática da quantidade de queijos obtida a partir de uma quantidade dada de leite. Outras expressões podem ser usadas, como, a litragem usada para fabricar um queijo ou um quilo de queijo, ou então a proporção de um constituinte ou de um grupo de constituintes do leite que são retidos no queijo (extrato seco desengordurado, proteínas, gordura) que é chamada de coeficiente de recuperação. A gordura é o elemento de maior recuperação (82 a 98%), seguido pelas matérias protéicas (73 a 80%). Esquemáticamente, aumentando o caráter

lático do queijo, ele tende a aumentar o rendimento e coeficientes de recuperação (MIETTON et al., 1994).

O rendimento de queijo é influenciado por muitos fatores, incluindo a composição do leite, quantidade e variantes genéticas de caseína, pré-tratamentos do leite, tipo de coagulante, pelo corte e pelos parâmetros de fabricação (BANKS et al., 1981; FENELON; GUINEE, 1999; WALSH et al., 1998). As caseínas são concentradas na coalhada durante a coagulação do leite; sua proporção em relação às proteínas totais pode, perceptivelmente, flutuar sob o efeito da genética ou fatores fisiológicos, mas aparentemente não proporcionalmente ao nível do teor de proteínas (COULON et al., 1998). Parâmetros de conservação do leite (tempo e temperatura) podem resultar em perdas de gordura e proteína durante o processo de fabricação de queijos e, portanto, explicar o rendimento do queijo (VERDIER-METZ; COULON; PRADEL, 2001).

Durante o corte da coalhada, perdas parciais de componentes sólidos do leite no soro são impossíveis de não acontecer (DE PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009). Assim, quando é feito o corte, muitos glóbulos de gordura são expostos em cada superfície cortada e são desprendidos das superfícies dos cubos (grãos), passando ao soro durante sua manipulação (FURTADO; WOLFSCHOON-POMBO, 1979).

A gordura e caseína são os dois componentes do leite que são primários na recuperação no processo de fabricação de queijos e estão diretamente relacionados ao rendimento de queijo, uma vez que é a caseína o componente-chave para tornar-se a matriz da coalhada que aprisiona os glóbulos de gordura (WENDORFF, 2002).

O aumento do rendimento do queijo pode ser influenciado por diversos fatores, como por exemplo, quando são aumentados os teores de gordura e proteína de leite pela manutenção ou re-incorporação de proteínas do soro, e

através da integração de outros componentes do leite, tais como lactose ou cinzas, bem como água (HINRICHS, 2001).

Tecnologias diferentes já foram experimentadas e testadas, e algumas já estão bem estabelecidas para integrar proteínas de soro de leite em queijo, e assim, melhorar a utilização da matéria-prima, leite. Proteínas do soro podem ser incorporadas em princípio, tanto em sua forma nativa e em um estado desnaturado na fabricação de queijo (LAWRENCE, 1989). Na sua forma nativa, quando são usadas membranas de ultrafiltração para a concentração parcial ou total do leite. Em forma desnaturada diferentes tecnologias estão disponíveis: o tratamento térmico elevado do leite, a fim de fixar as proteínas do soro nas caseínas de modo que elas são retidas na matriz do queijo, a combinação de aquecimento a alta temperatura e tecnologia de membranas; incorporação no leite para fabricação do queijo, da proteína do soro particulada, modificada termicamente (HINRICHS, 2001). Dentro desta perspectiva a adição de extensores proteicos ao leite para a fabricação de queijos tem sido empregada nas fabricações com finalidades diversas, como por exemplo, o uso como recursos tecnológicos para aumentar o rendimento de queijos (CHERREY, 1978).

Os extensores são normalmente formulações concentradas que contenham alto teor do constituinte principal de interesse, no caso de extensor proteico, opta-se por concentrados de proteínas lácteas com boa capacidade de formar gel e que estejam disponíveis no mercado (COSTA JÚNIOR; ABREU, 2006), além da capacidade de retenção de água, de formação de emulsão, de geleificação solubilidade, formação de espuma e propriedades emulsificantes (CARUNCHIA WHETSTINE; CROISSANT; DRAKE, 2005).

Enquanto o clp de Soro (WPC) é obtido pelo tratamento do subproduto da produção do queijo, o clp de Leite (MPC) é resultado da concentração direta do leite desnatado. Nos dois casos a obtenção dos produtos envolve processos de

separação e concentração. Além de WPC e MPC, também são gerados nestes processos as caseínas, caseínatos, isolado proteico de soro (WPI), hidrolisado proteico de soro (WPH) e isolado proteico de leite (MPI). A escolha do clp precisa levar em conta sua funcionalidade, ou seja, que contribuições sensoriais e tecnológicas trarão ao produto, além dos benefícios nutricionais. Proteínas concentradas de leite e de soro apresentam comportamentos distintos, principalmente no que se refere à solubilidade, gelatinização, coagulação, hidratação, estabilidade térmica, viscosidade, emulsificação e formação de espuma, por isso sua escolha deverá levar em consideração o meio onde será aplicado, as características do processo e a contribuição desejada ao produto final (FOOD INGREDIENTS, 2015).

2.5 Proteínas lácteas

O leite contém de 30 a 36 g/L de proteína total de alta qualidade nutritiva. Existem basicamente seis produtos genéticos majoritários da glândula mamária: as α 1 caseínas, α 2 caseínas, β -caseínas, κ - caseínas, β lactoglobulinas e α -lactoalbuminas. Assim, as proteínas do leite ficam classificadas como caseínas ou soroproteínas (FOX, 2003). As proteínas do leite são essenciais para a formação de géis lácteos, como queijo ou iogurte, encontradas em formato globular solúvel, as caseínas, respondendo por 26-28 g.kg⁻¹. A caseína encontra-se organizada no leite sob a forma de micelas esféricas e pode ser definida como a proteína precipitada pela acidificação do leite a um valor de pH próximo a 4,6, sendo assim insolúvel em seu ponto isoelétrico (WALSTRA et al., 2006).

As caseínas são as α 1-caseína, β -caseína, κ -caseína e α 2-caseína (CAYOT; LORIENT, 1998). Em todos os tipos de géis de lácteos, as micelas de caseína são a base essencial na rede de proteínas (HOLT; HORNE, 1996; KRUIF, 1998; VAN VLIET et al., 1989).

Embora as caseínas representem aproximadamente 2,5% da massa total de leite, as micelas ocupam aproximadamente 10% do volume. As micelas podem ser moderadamente aquecidas ou resfriadas sem significativa agregação ou perturbações das suas estruturas básicas. A alta estabilidade térmica das caseínas permite a produção de derivados lácteos esterilizados com mudanças físicas e químicas relativamente pequenas (SOUZA, 2014). Por outro lado, elas são facilmente desestabilizadas, ou por tratamento com enzimas proteolíticas, ou por acidificação, formando os coágulos que são a bases de queijos e de produtos do tipo iogurte (DALGLEISH; CORREDIG, 2012). As caseínas contêm altos níveis de prolina a qual está largamente presente nas estruturas α e β (17% do total de resíduos da β -CN). As micelas de caseínas contêm aproximadamente 0,8% de fósforo, mas o grau de fosforilação varia nas caseínas individualmente. As porções de fosfato estão ligadas às caseínas como fosfomonoésteres de serina (SOUZA, 2014).

As micelas de caseína apresentam estrutura supramolecular, cujo arranjo molecular ainda não foi totalmente esclarecido. Vários modelos são encontrados na literatura para representar as micelas de caseína. Um destes modelos inclui o chamado “nucleo-revestido”, (SOUZA, 2014) onde as caseínas são fosfoproteínas que, em sua forma natural, apresentam-se, formando agregados ou partículas (micelas) contendo as caseínas α S1, α S2 e β , em sua parte central e a caseína κ , que se distribui em parte no corpo da micela e em parte na superfície, conferindo-lhe estabilidade físico-química e outro modelo denominado de “estrutura de subunidades”, cujo termo submicela é acrescido (FOX; MCSWEENEY, 1998, 2003; HORNE, 2009; KRUIF; HOLT, 2003; ROLLEMA, 1992).

As unidades estruturais da micela (submicelas) são unidas pela presença de fosfato de cálcio coloidal. As proporções das diferentes caseínas nas micelas são 4: 1: 4: 1,3 para α S₁, α S₂, β e κ caseínas, respectivamente, mantidas unidas

por interações hidrofóbicas e pontes salinas. Outros modelos consideram a micela como uma estrutura proteica de rede porosa (de conformação não fixa), na qual as submicelas parecem permanecer ligadas por aglomerados (clusters) de fosfato de cálcio; dessa forma, as submicelas se agregam até a formação completa da micela, em que a caseína κ se posiciona na superfície da micela; a porção C-terminal da caseína κ (glicopeptídeo) projeta-se para fora da superfície da micela, formando uma camada esponjosa que previne, por repulsões estéricas e eletrostáticas, qualquer agregação posterior de submicelas (SGARBIERI, 2005).

A κ -caseína possui regiões de grande hidrofília em sua molécula, se orientando para o lado de fora da micela, enquanto que as demais se orientam para o interior. Isto ocasiona um impedimento estérico e eletrostático a aglomeração da micela (WALSTRA; VAN VLIET, 1986). Possui ainda uma região de maior hidrofília na parte terminal da molécula, a partir do aminoácido 106, sendo a sua região inicial hidrofóbica (SOUZA, 2014).

As caseínas, particularmente αS_1 , αS_2 e β , são proteínas de estruturas abertas com predominância de estruturas primárias (randomizadas) e secundárias em folhas e pouca estrutura em α -hélice, o que se deve, em parte, ao elevado conteúdo de prolina distribuída regularmente em toda a cadeia polipeptídica. A estrutura aberta e flexível confere às caseínas excelentes, propriedade surfactante na formação de emulsões e espuma, na formação de géis e resistência térmica à desnaturação. As estruturas terciárias das caseínas ainda não foram completamente determinadas (SGARBIERI, 2005).

Proteína do soro do leite representa cerca de 18-20% de proteínas totais do leite. Esta fração contém quatro proteínas principais: β -lactoglobulina (β -Lg), α -lactalbumina (α -la), a albumina do soro do sangue (BSA) e a imunoglobulina (Ig). Estas proteínas representam 50%, 20% e 10% de fração de proteína de soro de leite, respectivamente. Devido à composição de aminoácidos diferente

(ĐORĐEVIĆ, 1987; MORR, 1985; MULLVIHIL; DONOVAN, 1987; WIT; KLARENBECK, 1984), proteínas do soro de leite têm diferentes estruturas globulares. Estas proteínas possuem níveis elevados de estruturas secundária, terciária e na maioria dos casos, as estruturas quaternárias.

As principais proteínas de soro de leite, β -Lg e α -La estão bem caracterizados. β -Lg é uma pequena proteína globular (36,6 kDa) com estrutura secundária e terciária definida. Em solução aquosa, a um pH de 5-7 e à temperatura ambiente predominantemente está presente como um redutor feito de duas subunidades idênticas. A massa molecular de cada subunidade é de 18,3 kDa (CAESSENS; VISSER; GRUPPEN, 1997; WIT; KLARENBECK, 1984). Ela é composta de 162 resíduos de aminoácidos; 84 destes são aminoácidos essenciais e quatro resíduos cisteinil. β -Lg contém duas ligações de dissulfureto e um grupo sulfidril (Cys 121) que está enterrada no interior da proteína nativa, mas fica exposta e ativa após a desnaturação da proteína por vários agentes (incluindo calor) e pode, em seguida, sofrer interações sulfidril por dissulfureto, com o próprio ou outras proteínas (FOX, 2003; GALANI; OWUSU APENTEN, 1999; SAWYER; KONTOPIDIS; WU, 1999; SWAISGOOD, 1986). Estas interações acontecem a pH 7,0 (GODOVAC-ZIMMERMANN; BRAUNITZER, 1987; MULLVIHILL; DONOVAN, 1987; WIT; KLARENBECK, 1984) e a gama de temperatura entre 60-65 ° C.

β -Lg é susceptível de associação e dissociação. O comportamento de associação é dependente do pH (BOYE; ISMAIL; ALLI, 1996; DALGALARONDO et al., 1990; FARRELL JÚNIOR; THOMPSON, 1974; SAWYER; KONTOPIDIS; WU, 1999). Na faixa de pH de 5,2 (ponto isoelétrico) a 7,5 (faixa que compreende o pH do leite e do soro) e à temperatura ambiente, todas as variantes genéticas estudadas da β -Lg existem como um dímero estável de dois monómeros unidos por ligações não covalentes com massa molar de 36,7 kDa (WONG et al., 1999). Devido à alta repulsão

eletrostática, a pH 3,5 β -Lg dissocia-se em monómeros reversíveis (SWAISGOOD, 1986). Em meio alcalino as dissociações dos dímeros também acontece, existe um equilíbrio entre o pH 6,9 e 8,8. Mudanças conformacionais também acompanham esta dissociação (WONG et al., 1999).

A α -lactoalbumina representa aproximadamente 20% das proteínas do soro bovino (3,5% das proteínas totais do leite), ela é uma pequena proteína de aproximadamente 14 kDa (FOX, 2003). α -lactalbumina é uma cadeia polipeptídica simples, feita de 123 resíduos de aminoácidos; 67 deles são de aminoácidos essenciais. É relativamente rica em triptofano (4 resíduos por molécula) e contém aproximadamente 1,9% de enxofre, os quais são responsáveis por 4 pontes dissulfeto intramoleculares por mol (FOX, 2003) e não tem grupos sulfidril livres.

A α -lactoalbumina é uma metalo-proteína com um átomo de cálcio que lhe possibilita a ligação com outras proteínas, tendo com isso a tendência a polimerizar. Em valores de pH inferiores a 5,0, ocorre uma mudança na estrutura da proteína, uma vez que a acidificação do meio conduz à liberação do íon Ca^{2+} a uma desnaturação reversível e a um processo de agregação, sendo este mais acentuado em temperaturas próximas dos 55°C. A remoção do cálcio da α -lactoalbumina produz mudanças conformacionais profundas equivalentes ao que ocorre na desnaturação ácida (WIT, 1998).

2.6 Concentrados lácteos proteicos (clp) – processos de obtenção e as propriedades funcionais

Os concentrados lácteos proteicos, obtidos a partir de soro, inicialmente foram usados como substitutos de leite e como fonte de proteína em formulações infantis. A aplicação é abundante, hoje, em setores diferentes da indústria de alimentos (COSTA JÚNIOR; ABREU, 2006).

Os tradicionais produtos lácteos protéicos, leite em pó desnatado (SMP) e o soro em pó (WP), têm uma longa história de uso como ingredientes nos produtos alimentícios, por exemplo, nas bebidas, sorvetes, pães e bolos entre outros. O SMP pode ser classificado quanto ao índice de desnaturação protéica (WPNI) como baixo, médio e alto tratamento térmico. Leite em pó com alta concentração de proteína variando entre 500 g.kg-1 a 850 g.kg-1 são normalmente classificados como concentrados protéicos de leite (MPC), sendo os principais o MPC56, MPC70 e MPC85, onde o número é referente à concentração aproximada de proteína (STEPHANI, 2010).

Diferentes etapas de fabricação estão presentes nas manufaturas destes produtos. As diferentes características de funcionalidades dos clps de grande interesse tecnológico como: solubilidade, absorção e retenção de água e de gordura, capacidade emulsificante e estabilidade das emulsões, capacidade espumante e estabilidade de espuma, geleificação, formação de filmes comestíveis e biodegradáveis, formação de micropartículas, melhoria nas propriedades sensoriais e na aceitação dos produtos (MODLER, 2000; WONG et al., 1996) dependem, fundamentalmente relacionadas com as suas propriedades estruturais / conformações física, química e estas incluem: o tamanho, a forma, a composição de aminoácidos e a sequência de carga, e a sua distribuição, a razão hidrofílica / hidrofóbica, o conteúdo de estrutura secundária, terciária e quaternária e a sua distribuição, arranjo dos segmentos polipeptídicos e a rigidez / flexibilidade da proteína em função das condições externas. Fatores, tais como as condições de processamento, o método de isolamento, os fatores ambientais, pH, temperatura, força iônica e de interação com outros componentes alimentares, alteram as propriedades funcionais das proteínas do soro do leite (MCCRAE; LAW; LEAVER, 1999). Tais alterações, no entanto, são simplesmente manifestações de alterações nas características

conformacionais e estruturais das proteínas causadas por estes fatores externos (JOVANOVIĆ; MAĆEJ; BARAĆ, 2005).

A obtenção de concentrados lácteos proteicos, mais especificamente de WPC é feita pela remoção de quantidade suficiente de constituintes não proteicos do soro pasteurizado, de modo que o produto acabado em pó contenha teores de proteína superiores a 33%. (CARUNCHIA WHETSTINE; CROISSANT; DRAKE, 2005)

As etapas básicas para produzir um concentrado de proteína de soro incluem a combinação de diferentes processos como clarificação, ultrafiltração (UF), nanofiltração (NF), diafiltração (DF), osmose reversa, troca iônica, evaporação e secagem por spray dryer (HOBMAN, 1992).

Depois que o soro de leite é produzido, este é clarificado para remover resíduo de queijo ou de caseína. Tradicionalmente, a centrifugação é usada para clarificar, e, este passo é extremamente importante como quaisquer lípidos residuais não removidos, poderiam levar a incrustação na membrana no passo seguinte e sabores no produto final (BODYFELT; TOBIAS; TROUT, 1988; VARNAM; SUTHERLAND, 1995). Esta solução é então concentrada, utilizando ultrafiltração, que separa a proteína de soro de leite a partir de lactose e outros componentes de baixa massa molecular.

A ultrafiltração é uma técnica de separação de membrana de pressão ativado, que separa fisicamente proteína de soro de leite e gordura a partir de lactose e minerais usando uma membrana que separa estes componentes com base no tamanho molecular (HUFFMAN, 1996). A UF controla a composição, melhora a funcionalidade do ingrediente e aumenta a pureza da proteína de soro de leite (HUFFMAN, 1996; ONWULATA, 2008; VARNAM; SUTHERLAND, 1995).

A UF é caracterizada por um consumo de energia significativamente baixo em comparação aos processos tradicionais de evaporação, os quais

produzem uma mistura de proteínas do soro e lactose de valor muito inferior (DI GIACOMO; DEL RE; SPERA, 1996). O processo não envolve, como nos processos de concentração convencionais, a mudança do estado físico da água. Isto se revela de importância, quando se tem em conta a elevada quantidade de energia para se evaporar a água (cerca de 25 kW/m^3) (PORTER; NELSON, 1980).

A UF é um processo baseado na separação por meio da diferença de tamanho entre as partículas e os poros da membrana e na utilização de gradiente de pressão como força motriz. Este processo é geralmente utilizado para a retenção de macromoléculas e colóides presentes em solução (MULDER, 1996). As membranas comerciais de UF são especificadas por meio de sua massa molar de corte (MMC), cuja unidade mais utilizada é o Dalton (Da). A MMC é definida como a massa molar para qual a membrana, apresenta uma retenção igual a 90 a 95% (BOLDASSO, 2008).

A diferença de pressão, entre os lados opostos da membrana por sua vez, é a principal força responsável pela separação nos processos de ultrafiltração. Quanto maior a pressão, até certo limite, maior será a permeação (ZYDNEY, 1998). Deve-se, também, respeitar o limite de resistência física da membrana, pois as pressões muito elevadas podem ocorrer alteração na seletividade das membranas, permitindo a passagem de solutos que, as pressões normais não permeiam (JULIANO; PETRUS; TORRANO, 1987).

É possível atingir 25% a 35% de sólidos usando a UF. Dependendo da concentração de proteína desejada, o soro pode ser evaporado a níveis mais elevados de sólidos, antes de ser seco por pulverização. O soro de leite concentrado é então seco por pulverização para produzir um pó fino que pode ser utilizada em muitos sistemas de alimentação diferentes. A UF não promove a desnaturação das proteínas do soro mantendo as propriedades funcionais dos concentrados lácteos proteicos inalterados (GIRALDO-ZUÑIRA, 2004). O

processo descrito acima é geralmente usado para produtos com conteúdo de proteína mais baixos, mas a fim de produzir proteína em pó com mais de 50% de proteína, outro passo deve ser adicionado (HUFFMAN, 1996; ONWULATA, 2008). Este passo adicional é a DF, e, a UF ocorre após, mas antes da secagem por pulverização.

A DF é um processo de membrana que aumenta a concentração de proteína, remove minerais e lactose a partir de retentado, que aumenta a pureza da proteína de soro de leite e aumenta ainda mais a funcionalidade da proteína (HOFFMANN, 1996; ONWULATA, 2008). A DF é, essencialmente, um passo de lavagem (JOHNSON; LUCEY, 2006). Água purificada é comumente utilizada. O número de estágios de DF e o volume de água utilizada dependem do projeto, do tipo de operação da planta de UF e da especificação desejada do produto final. Os processos de UF e DF do soro são geralmente realizados a aproximadamente 50°C. Esta temperatura é considerada ideal, pois nela uma boa taxa de fluxo é alcançada e a desnaturação térmica das soroproteínas é evitada. (SOUZA, 2014).

O processo de UF do leite desnatado permite que as micelas de caseína e as proteínas do soro sejam retidas. A temperatura de UF tem grande impacto sobre a composição do concentrado. Altas temperaturas resultam em altas taxas de fluxo de permeado e baixa retenção de componente de baixa massa molecular. Como na obtenção de concentrados com alto teor de proteínas do soro, a DF é aplicada para a produção de MPC com alta concentração de proteínas, normalmente acima de 700 g.kg⁻¹ de proteína na base seca. Geralmente, nenhuma etapa de pré-aquecimento é necessária. Depois da UF e DF do SMP, o retentado é evaporado para aumentar a concentração de sólidos e depois desidratado em câmara de secagem (STEPHANI, 2010).

Muitos produtos a base de soro são produzidos pela técnica de secagem em *spray dryer* utilizando atomizador de bico. Usando tipicamente temperaturas

de 160-180°C e 80-90°C para as temperaturas do ar de entrada e saída, respectivamente, sempre com um correto processo de evaporação, esta técnica é bem estabelecida e não resulta em excessivo dano às soroproteínas. Para produtos, onde o estado nativo das soroproteínas é requerido, tais como no caso do WPC e WPI em pó, uma secagem em dois estágios poderia ser usada com rigorosos controles das temperaturas do ar de entrada e especificamente na de saída (TAMINE, 2009).

O princípio da secagem de um líquido em spray dryer consiste em pulverizar o produto no interior de uma câmara de secagem, na forma de pequenas gotículas, em uma corrente de ar quente para obtenção de um pó (CARIĆ et al., 2009). Quando um produto é colocado em uma corrente de ar com baixa umidade relativa (pressão de 1554 Pa) e temperatura elevada (em média 200 °C) espontaneamente é formada uma diferença de temperatura e pressão parcial da água entre o alimento e o ar, conseqüentemente, ocorrerá uma transferência de energia na forma de calor do ar para o produto e uma transferência de água do produto para o ar (SCHUCK; JEANTET; CARVALHO, 2010).

As pequenas gotículas formadas e a grande área superficial das mesmas levam a uma rápida evaporação da água, a uma temperatura relativamente baixa, o que minimiza os danos térmicos ao produto (SCHUCK, 2002).

Um avanço significativo foi alcançado com a secagem em dois estágios, em que o processamento do produto é realizado em um período de tempo maior, até alguns minutos, promovendo, portanto um maior equilíbrio termodinâmico. Isso envolve uma considerável redução na temperatura do ar de saída (para aumentar o conteúdo de umidade do pó) e também um aumento na temperatura do ar de entrada e da taxa de fluxo do pó, sem o risco de desnaturação térmica, devido ao aumento do conteúdo de umidade do pó durante este primeiro estágio (proteção térmica) (SCHUCK, 2009). Entretanto, condições de alta temperatura

de saída (>80°C) podem proporcionar reações (parte reação de Maillard entre a lactose e as proteínas) que diminuem o valor nutricional do produto (GUYOMARC'H et al., 2000).

As propriedades naturais dos componentes do leite são essencialmente pouco modificadas pela secagem em condições moderadas. A distribuição do tamanho das micelas de caseína, a estabilidade térmica e as características de coagulação por quimosina, são substancialmente recuperadas pela reconstituição do leite após a secagem (STEPHANI, 2010).

A evaporação é um processo de desidratação que consiste na retirada da umidade do produto. Com a concentração, vários efeitos podem ser observados nas propriedades do leite e/ou soro, como o aumento das interações na condutividade elétrica, na densidade, na viscosidade, na força iônica. Por outro lado diminui a ionização, o teor de cálcio iônico, o pH e a atividade de água (COELHO, 2002; SILVA et al., 1997). Sob condições normais de evaporação com temperaturas abaixo de 70°C, as alterações nas proteínas nesta etapa de fabricação são comparativamente menores que aquelas ocorridas durante a etapa de pré-aquecimento (SINGH; CREAMER, 1991).

Antes da evaporação e secagem, o soro ou o leite passam por um pré-aquecimento. O principal objetivo deste pré-aquecimento que se realiza a temperaturas que variam entre 72°C por 15 segundos, a 120°C por 2 minutos é assegurar que o mesmo, entre no primeiro efeito do evaporador em condições de ebulição, alterar as características de funcionalidade do pó, provocar a desnaturação protéica das soroproteínas, interações das soroproteínas com as micelas de caseínas e agregação/dissociação das últimas (ANEMA, 2009; O'CONNEL; FOX, 2003; SINGH; CREAMER, 1991).

A desnaturação das soroproteínas afeta a conformação tridimensional e as características funcionais das mesmas. Alterações na conformação proteica podem afetar a termodinâmica de ligação com a água, por alterar a

disponibilidade de sítios polares ou sítios de hidratação. A transição da conformação globular compacta da molécula de proteína para a conformação aleatória, resulta no aumento da área superficial disponível e exposição de peptídeos e cadeias laterais de aminoácidos, antes escondidos que, desta forma, podem interagir com a água (KINSELLA, 1982).

As soroproteínas são proteínas termo-lábeis e a ordem de instabilidade térmica é: Igs > BSA > β LG A > β LG B > α LA (DANNENBERG; KESSLER, 1988; OLDFIELD; SINGH; TAYLOR, 1998).

O comportamento térmico das soroproteínas é governado, principalmente, pelas propriedades da β -lactoglobulina que, por sua vez, são afetadas pelo pH do meio, lactose, cloreto de sódio, ions cálcio e outros. (SOUZA, 2014).

Desnaturação térmica de soroproteínas é um processo de duas etapas. O primeiro passo é o desdobramento, que pode ser reversível ou irreversível e inclui agregação, que geralmente segue após desdobramento irreversível (WIT; KLARENBECK, 1984). Tratamentos térmicos causam alterações significativas de estruturas de soroproteínas do leite. Consequentemente, estes tratamentos alteram as suas propriedades físico-químicas, incluindo solubilidade em água, capacidade de retenção de água, emulsificação, formação de espuma e propriedades de gelificação (DJORDJEVIC, 1987). Contrariamente às caseínas, as soroproteínas são desnaturadas completamente após 5 minutos de aquecimento a 90 °C. A desnaturação de soroproteínas de leite começa a 65 °C, mas principalmente ocorre durante o aquecimento do leite a uma temperatura acima de 80 °C (MAČEJ, 1983).

De acordo com Duranti et al. (1989), aquecimento a 85 °C é crítica para a desnaturação das soroproteínas. O grau de desnaturação da soroproteína é muitas vezes determinado pelo β -Lg, uma vez que representa cerca de 50% das soroproteínas (ĐORĐEVIĆ, 1987; MORR, 1985). Geralmente, a desnaturação

térmica do β -Lg ocorre em duas fases, primária e secundária. Na primeira fase, dímeros se dissociam e quatro monômeros interagem por meio de grupos sulfidril e formam pequenos agregados. Formação de pequenos agregados ocorre a temperaturas superiores a 70 °C (KIRCHMEIER; KAMAL; KLOSTERMEYER, 1985; MORR, 1985), enquanto que a velocidade máxima de agregação é atingida na faixa de 80-85°C (DONOVAN; MULLVIHILL, 1987; RHAM; CHANTON, 1984).

Na segunda fase, os pequenos agregados interagem por meio de interações não específicas e formam agregados de massa molecular elevada. De acordo com Elfagm e Wheelock (1978a, 1978b), esta fase ocorre a temperaturas mais elevadas do que a fase inicial. Fatores incluindo pH, a concentração de sal, açúcar e proteínas têm influência significativa no comportamento térmico de β -Lg. Vários autores relataram desnaturação térmica dependente do pH de β -Lg (BOYE; ISMAIL; ALLI, 1996; ELFAGM; WHEELLOCK, 1978a, 1978b; HILLIER; LYSTER; CHEESEMAN, 1979). Esta proteína é mais sensível a pH 9,0; enquanto a perda de estruturas secundárias começa a 51 °C. A pH 6,0, ocorre a desnaturação térmica a 78°C, enquanto que a pH 5,5 é iniciada a 76 °C (WIT; KLARENBECK, 1984). Estabilidade térmica máxima de β -Lg foi registrada a pH 3,0 (BOYE; ISMAIL; ALLI, 1996).

Concentrados de proteína de leite (MPC) podem ser obtidos de várias formas diferentes. Etapas de processamento incluem concentração do leite desnatado por UF, diafiltração e evaporação antes de pulverização secagem. Então é um pó com alta concentração de proteína e sem lactose.

Durante o tratamento térmico, proteínas do leite podem interagir e formar complexos químicos. Complexo de proteína entre α -La e β -Lg, α -La e κ -caseína, bem como ocorre complexo entre β -Lg e κ -caseína. Na literatura, os complexos químicos entre as proteínas do leite são conhecidos como coagregados de proteínas de leite (ELFAGM; WHEELLOCK, 1977, 1978a;

MAČEJ, 1983, 1989). Muitos estudos têm sido realizados para identificar o mecanismo de formação coagregados. Na literatura disponível, duas teorias explicam o mecanismo de formação dos coagregados. De acordo com a primeira teoria, é um processo de dois passos. Nas primeiras etapas, a proporção de agregados depende das concentrações iniciais individuais das proteínas de soro de leite (α -La e β -Lg, principalmente). Estes complexos, subsequentemente associam-se com as micelas de caseínas enquanto aquecidas (CORREDIG; DALGLEISH, 1996).

A segunda teoria (MOTTAR et al., 1989) sugere que a altas temperaturas, β -LG desnatura em primeiro lugar e interage com as caseínas. A maior interação parece envolver reações de permuta de tiol-dissulfureto entre a β -LG desnaturada e κ -caseína na superfície da micela. O complexo formado apresenta pronunciadas propriedades hidrofóbicas. A superfície recém-formada é irregular com vários filamentos que se originam a partir da β -lactoglobulina. A uma temperatura mais elevada (90 °C / 10 min) α -lactalbumina desnatura e liga-se aos filamentos da β -lactoglobulina, preenchendo assim as "lacunas" na superfície da micela, que é convertida da forma irregular em forma esférica regular. Devido à presença de α -lactalbumina há um aumento nas propriedades hidrofílicas dos complexos. Maior teor de α -lactalbumina influencia propriedades hidrofílicas mais pronunciadas das coagregados em pH 4,5. Vários autores (CORREDIG; DALGLEISH, 1996; MAČEJ, 1983; MAČEJ; JOVANOVIĆ, 2000; MOTTAR et al., 1989) investigaram a influência de diferentes fatores de processamento, incluindo o modo de tratamento térmico, a temperatura e a duração do aquecimento, pH do soro e do leite e da concentração de proteína na formação coagregados. O grau de formação de complexo é influenciado pelo regime do tratamento térmico. A interação entre as soroproteínas e as caseínas aumenta com o aumento de temperatura de 75 a 90 °C. A temperaturas mais elevadas, as interações são mais rápidas, mas a

quantidade de complexo formado é menor. Para Maćej (1989), o grau de formação de complexos a 87 °C / 10 min. é o mesmo que a 90, 95°C / 10 min. O grau destas interações é determinado pelas condições de transferência de calor. Durante a pasteurização HTST α -lactalbumina reage mais lentamente e ao menor grau do que β -lactoglobulina (CORREDIG; DALGLEISH, 1996). Condições de transferência de calor durante a esterilização UHT (direta ou indireta) também influencia a taxa e o grau de formação dos complexos. Ele é menor durante a esterilização direta do que durante a esterilização UHT indireta. A associação de soroproteínas desnaturadas com micelas é dependente do pH. As investigações realizadas em sistemas modelo de leite aquecido, sugeriu que estas associações diminuíram à medida que o pH aumentou de 6.3 para 7.3. Anema e Li (2003) registraram altos níveis de interações no pH 6,50-6,55, e baixos níveis de interações no pH 6,7. Associações das soroproteínas modificam as superfícies das micelas de caseína e podem ser capazes de influenciar a funcionalidade de alguns ingredientes lácteos reconstituídos.

A indústria de alimentos passou por mudanças intensas, principalmente nos últimos dois séculos com o advento de novas tecnologias que permitiram uma grande revolução na forma como os alimentos são preparados, armazenados e consumidos. Entre os diversos processos que foram criados e são continuamente aprimorados, as técnicas de concentração foram particularmente importantes porque permitiram não só a otimização de processos e a redução de resíduos gerados pela indústria, mas também como explorar características de frações específicas destes produtos. O leite é um ótimo exemplo para estas mudanças, e hoje é possível a separação de seus componentes em lactose, minerais, proteínas de leite, proteínas de soro ou misturas em proporções pré-definidas destes nutrientes (FOOD INGREDIENTS, 2015).

2.6.1 Formação de compostos voláteis em concentrados lácteos proteicos

As soroproteínas devem idealmente ter um sabor suave para facilitar a sua aplicação em alimentos (DRAKE; MIRACLE; WRIGHT, 2009), mas o sabor destes produtos é altamente variável por causa de muitos fatores, incluindo a fonte original de soro de leite, o processamento e maturação (CARUNCHIA WHETSTINE; CROISSANT; DRAKE, 2005; GALLARDO-ESCAMILLA; KELLY; DELAHUNTY, 2005; MAHAJAN; GODDIK; QIAN, 2004; WRIGHT et al., 2006, 2009).

O sabor do soro de leite é um dos fatores limitantes no seu uso generalizado. Tem sido sugerido que aromas anormais tais como diacetil, gosto ácido e amargo sejam os principais atributos sensoriais que limitam o uso das soroproteínas em produtos suaves (MCGUGAN; LARMOND; EMMONS, 1979; QUACH; CHEN; STEVENSON, 1999). Como soro de leite é transformado em WPC80 e WPI, existem muitas fontes potenciais de formação de sabor, porque o soro líquido é agrupado (às vezes de diferentes tipos de queijo) antes de ser processado em WPC80 e WPI. Existem muitas fontes de variabilidade do sabor. Swaisgood (1996) afirmou que a oxidação lipídica era a principal fonte de off-flavors em ambos, soro de leite líquido e seco, embora o soro de leite contenha apenas pequena quantidade de lipídio. Outros estudos têm confirmado uma grande variedade de produtos voláteis de oxidação de lipídios no soro em estado líquido, no soro de leite e produtos de soro de leite, incluindo metil-cetonas, aldeídos e ácidos graxos livres (CARUNCHIA WHETSTINE et al., 2003; HIDALGO; KINSELLA, 1989; KARAGUL-YUCEER; DRAKE; CADWALLADER, 2003; MAHAJAN; GODDIK; QIAN, 2004; MILLS, 1993). A proteólise é também importante no sabor do soro de leite. As enzimas proteolíticas, incluindo quimosina sobre o soro, podem promover a degradação de aminoácidos, levando à formação de

sabor indesejável (AMUNDSON, 1984; HOLMES; DUERSCH; ERNSTROM, 1977). A variabilidade no tipo e na concentração de aminoácidos livres no soro também foi relatada (MAVROPOULOU; KOSIKOWSKI, 1972; MILLS, 1993) e pode ser uma fonte de variabilidade do sabor do soro de leite em produtos secos.

As proteínas também podem ligar-se a compostos voláteis de sabor durante o processamento (STEVENSON; CHEN, 1996), contribuindo assim para a formação de sabor no produto final.

Em pesquisa desenvolvida por Carunchia Whetstine, Croissant e Drake (2005), foram identificados e caracterizados compostos voláteis de aroma-ativo que contribuem para o sabor em WPC 80 e WPI em produtos de diferentes fabricantes, bem como diferentes tipos de queijo. Os resultados indicam, não surpreendentemente, que as proteínas do soro de leite das mesmas instalações têm semelhantes (mas, não necessariamente idênticos) perfis de sabor sensoriais e instrumentais. Quarenta e um potentes compostos de aroma-ativo em WPC e 28 potentes compostos de aroma-ativo em WPI foram detectados. Em ambos WPC e WPI 80 foram identificados aldeídos, cetonas, e ácidos graxos livres. Os aldeídos hexanal, octanal, nonanal, e decanal foram previamente identificados em ambos os soros secos e líquidos (CARUNCHIA WHETSTINE et al., 2003; KARAGUL-YUCEER; DRAKE; CADWALLADER, 2003; LEE et al., 1996; STEVENSON; CHEN, 1996). Estes compostos são formados durante a oxidação de lipídios, que produz além do aldeído, cetonas e álcoois (FRANKEL; NEFF; SELKE, 1981). Como há menor teor de gordura em WPI comparado ao WPC 80 (cerca de 0,5% vs. 5%, respectivamente), havia menos aroma- ativo produtos de oxidação de lipídios identificados em WPI em comparação com WPC 80.

1-octen-3-ona, dienal, e (Z) -4-heptenal todos foram relacionados como fontes de off-flavors em produtos lácteos que tenham sido submetidos a

oxidação (MORR; HA, 1991). Aldeídos insaturados foram anteriormente identificados em pó de soro de leite doce (MAHAJAN; GODDIK; QIAN, 2004) e são formados a partir da auto-oxidação de ácidos graxos insaturados. A concentração relativa de aldeídos de cadeia curta foi superior no WPC 80 que no WPI em consonância com o maior teor de gordura do WPC 80. Estes aldeídos de cadeia curta têm limites baixos de aroma. No entanto, compostos de baixa massa molecular podem ser encapsulados pela proteína em WPC e WPI 80 (STEVENSON; CHEN, 1996), o que aumentaria os seus valores de patamar. Portanto, os valores limiares para estes compostos em WPC e WPI 80 secos por pulverização pode ser muito maior do que limiares em água ou tampão. Foram identificados também os ácidos butanóico, hexanóico, octanóico, nonanóico em ambos WPC80 e WPI.

Compostos gerados termicamente, tais como pirrolines, pirazinas, e furanonas foram também identificados. Estes são esperados porque WPC 80 e WPI sofrem secagem por pulverização em que a lactose residual pode reagir com proteínas para formar produtos de reação de Maillard ou sofrer reações de caramelização (FRIEDMAN, 1996; MAHAJAN; GODDIK; QIAN, 2004). 2-Acetil-1-pirrolina teve alta na maioria das amostras. Este composto tem um limiar muito baixo de odor e contribui para sabores cozidos no soro de leite fluido fresco (KARAGUL-YUCEER; DRAKE; CADWALLADER, 2001, 2004; KARAGUL-YUCEER; CADWALLADER; DRAKE, 2002; KARAGUL-YUCEER; DRAKE; CADWALLADER, 2003). 3-Hidroxi-4,5-dimetil-2 (5H) -furanona também apresentaram altos valores em todos WPC 80. Este composto foi previamente identificado como um aroma chave componente de soro doce de leite em pó (MAHAJAN; GODDIK; QIAN, 2004). 2,5-Dimetil-4-hidroxi-3-(2H) -furanona (o furaneol) foi encontrada em alguns WPC80 e WPI. Este composto foi anteriormente identificado em soro de leite doce em pó (MAHAJAN; GODDIK; QIAN, 2004) e é um produto da degradação do açúcar .

Foram identificados quatro compostos de enxofre no soro: metional, dissulfureto de dimetilo, e dimetil-eter trissulfureto foram previamente identificados em soro de leite (KARAGUL-YUCEER; DRAKE; CADWALLADER, 2003; MAHAJAN; GODDIK; QIAN, 2004). Metional é um produto formado a partir da degradação da metionina. Dissulfureto de dimetilo e dimetil-eter trissulfureto são compostos formados a partir da degradação da metionina em sulfureto de dimetilo e em seguida, em metanotiol dissulfureto de dimetilo e dimetil-trissulfureto (BENDALL, 2001). 2-metoxifenol (guaiacol) foi encontrado em todos WPC 80. Este composto pode ser formado a partir da degradação de aminoácidos aromáticos.

A 2,3-butanodiona (diacetil) tem um aroma amanteigado e tem sido documentado em muitos produtos lácteos fermentados, e soro de leite líquido e soro de leite doce em pó (KARAGUL-YUCEER; DRAKE; CADWALLADER, 2003; MAHAJAN; GODDIK; QIAN, 2004). Foi encontrada em WPC 80 em níveis baixos. Este composto é produzido durante a fermentação láctica pela descarboxilação oxidativa do ácido α -acetolático (CRONIN; RISPIN, 1996).

Existem vários compostos em WPC e WPI 80 que são formados a partir de triglicilgliceróis durante a pasteurização de leite (BADINGS; NEETER, 1980; EL SODA et al., 1995). Estes incluem δ -lactonas e γ -lactonas. Lactonas geralmente exibem aromas de coco de pêssego (SINGH; DRAKE; CADWALLADER, 2003). O mecanismo de formação de lactona é não oxidativo e os precursores destes compostos são ácidos graxos δ -hidroxi- ácidos esterificados na gordura do leite (DIMICK; WALKER; PATTON, 1969).

3-Metoxi-4-hidroxibenzaldeído (vanilina) também foi identificado em WPC 80, mas não em WPI. Valina origina de lignina de planta (COBB; PATTON; GRILL, 1963). Vanilina não foi anteriormente identificado em WPC 80 ou WPI, mas foi identificada em leite em pó desnatado (KARAGUL-

YUCEER; CADWALLADER; DRAKE, 2002; KARAGUL-YUCEER; DRAKE; CADWALLADER, 2001).

Havia mais compostos de aroma-ativa in WPC80 do que em WPI. O WPC 80 continha maior teor mineral (cinza) que o WPI, o que pode corresponder a maior produção ou detecção de mais compostos de aroma ativo. Além disso, proteínas podem ligar em compostos voláteis (QUACH; CHEN; STEVENSON, 1999) e assim a capacidade de ligação volátil é maior em WPI, o que poderia explicar a presença de mais compostos de aroma-ativo na WPC 80 do que em WPI.

Evans et al. (2010) caracterizaram e compararam a composição em componentes voláteis de WPC80% e SPC80% obtidos a partir do mesmo leite, fabricados na planta piloto e compararam com 5 marcas comerciais de WPC 80%.

O SPC 80% apresentou menor teor de gordura e maior pH em comparação com WPC fabricado na planta-piloto e WPC comercial. Diferenças nos compostos voláteis foram registradas. WPC da planta-piloto geralmente tinham concentrações mais elevadas assim como um maior número de produtos de oxidação de lipídios, do que os dos SPE fabricado na planta-piloto. Da mesma forma, os produtos de oxidação de lipídios eram geralmente mais elevados em amostras de WPC 80% comercial em comparação com o SPC e WPC produzido na planta-piloto. Estes resultados sugerem que parâmetros adicionais de processamento comerciais contribuíram para estes resultados.

2.6.2 Emprego de concentrados lácteos proteicos em alimentos

As proteínas lácteas são uma excelente maneira de fortificar e ajudar a aumentar o valor nutricional global de alimentos (TUNICK, 2008).

As soroproteínas podem ser usadas em muitos sistemas alimentares. Uma importante aplicação é em produtos de carne, onde até 20% de proteínas da carne pode ser substituída com soroproteínas ou em produtos de peixe processado como um agente de ligação. Produtos proteicos de soro de leite também podem ser usados em iogurtes e queijos onde melhoram o rendimento e a consistência (JAYAPRAKASHA; BRUECKNER, 1999).

Enquanto o Concentrado de soro (WPC) é obtido pelo tratamento do subproduto da produção do queijo, o concentrado de leite (MPC) é resultado da concentração direta do leite desnatado. Nos dois casos a obtenção dos produtos envolve processos de separação e concentração. Além de WPC e MPC, também são gerados nestes processos as caseínas, caseínatos, isolado proteico de soro (WPI), hidrolisado proteico de soro (WPH) e isolado proteico de leite (MPI). A escolha do clp precisa levar em conta sua funcionalidade, ou seja, que contribuições sensoriais e tecnológicas trarão ao produto, além dos benefícios nutricionais. Proteínas concentradas de leite e de soro apresentam comportamentos distintos, principalmente no que se refere à solubilidade, gelatinização, coagulação, hidratação, estabilidade térmica, viscosidade, emulsificação e formação de espuma, por isso sua escolha deverá levar em consideração o meio onde serão aplicadas, as características do processo e a contribuição desejada ao produto final. Mesmo em uma mesma categoria de concentrados lácteos proteicos, há diferenças significativas de acordo com o teor de proteína e forma de obtenção do produto. Um exemplo disso é a diferença de estabilidade térmica entre WPC 34 e WPC 80, onde o WPC 80 tem desempenho inferior nesse critério. Neste sentido, o uso de WPC 34 é mais recomendado para queijos processados e requeijão que o WPC 80, por exemplo. Se comparados, os diferentes produtos proteicos concentrados MPC e WPC, as diferenças serão ainda mais significativas e, em muitos casos, a substituição não é possível. Evidentemente isso vai variar de uma aplicação para outra e deve ser objeto de

estudo. MPC apresenta um excelente resultado em lácteos fermentados, sendo amplamente usado na produção de petit suisse, iogurte grego e cream cheese (FOOD INGREDIENTS, 2015).

Com o aumento da concentração proteica, pode ocorrer a modificação da textura dos géis, resultando em aumento da firmeza e intensificando a retenção de água pela matriz (MANGINO, 1984), considerando-se que dentre as características funcionais das proteínas destacam-se a capacidade de retenção de água que refere-se à resistência de uma matriz proteica para perder água sob a ação da força da gravidade e a ação mecânica realizada nos processamentos e pela capacidade de fixação de água que se define em gramas de água fixadas por grama de proteínas, embora ambas estejam positivamente relacionadas, a capacidade de retenção de água é influenciada por fatores ambientais como temperatura, pH, além da conformação proteica, a fixação de água depende em grande parte da composição aminoacídica da proteína (FENNEMA; PARKIN; DAMODARAN, 2010). As proteínas também podem ligar-se a compostos de aroma e afetar as propriedades sensoriais dos alimentos. Para que uma proteína funcione como boa carreadora de aroma ela deve ligar-se estreitamente aos aromas, retê-los durante o processamento e liberá-los durante a mastigação. As proteínas não se ligam aos compostos de aroma com igual afinidade. Fatores como temperatura, pH, presença e tipos de sais, umidade, estrutura e conformação da proteínas influenciam a fixação do aroma pela proteína (FENNEMA; PARKIN; DAMODARAN, 2010).

Caro et al. (2011), ao avaliarem a adição de leite desnatado e MPC ao leite na fabricação de queijo Oaxaca com reduzido teor de gordura, concluíram que o uso de MPC apresentou vantagem sobre leite desnatado em que resultou em maiores rendimentos reais de queijo.

Francolino et al. (2010), obtiveram aumento do rendimento de fabricação do queijo Mozzarella adicionado de MPC ao leite, em relação ao

queijo controle (sem adição de MPC) que deveu-se à mais elevada retenção de proteína e ao ligeiro maior teor de umidade do queijo que foi relacionada à capacidade da proteína para reter água.

Em queijo Minas frescal fabricados com extensores, os rendimentos econômicos (L/kg) da fabricação de queijos, antes e após a salga, foram 22,3% e 22,2% maiores, respectivamente, que no processo tradicional (COSTA JÚNIOR, 2006).

Concentrado de proteína do leite (MPC), fabricado pela secagem por pulverização de retentado de ultrafiltração, tem altas concentrações de caseína e de cálcio e o enriquecimento de leite integral com MPC deve, portanto, aumentar rendimentos e melhorar a qualidade do queijo. Concentrados de proteína do leite já são utilizados na França e na Dinamarca para a fabricação de Camembert, Feta e Ricotta (PEDERSON; OTTOSEN, 1992).

Durante a preparação de queijo Cheddar, com a adição do WPC, Banks et al. (1987) obtiveram o aumento de rendimento de 9,96% (queijo preparado pelo processo tradicional) para 10,31% (amostras em que o WPC é adicionado depois da extração do soro) e para 11,21% (amostras em que o WPC é adicionado durante a inoculação com a cultura “starter”).

Adição de 5 e 10% de WPC com 35 e 55% de teor proteico, na fabricação do queijo Cheddar aumentou o rendimento em 1,4% em relação ao controle para as porcentagens de 5% (em 35 e 55% de teor proteico), em 2,0% para a porcentagem de 10% (em 35%) e em 6,4% para a porcentagem de 10% em (55% de teor proteico) (BALDWIN et al., 1986).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade tecnológica do emprego de diferentes concentrados lácteos proteicos (clp) na fabricação do queijo tipo Camembert.

3.2 Objetivos específicos

- a) avaliar qual (is) concentrado (s) lácteo (s) protéico (s) adicionado (s) ao leite na fabricação do queijo tipo Camembert proporciona (m) melhor rendimento na fabricação;
- b) avaliar a influência da adição de diferente (s) concentrado (s) lácteo (s) protéico (s) ao leite, para a fabricação do queijo tipo Camembert, no perfil de textura dos queijos, nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação;
- c) avaliar o perfil de compostos voláteis dos queijos tipo Camembert fabricados com adição de diferentes concentrados protéicos ao leite, com 24 dias de maturação;
- d) avaliar a influência do trabalho mecânico, realizado ou não com a coalhada, (mexedura ou não da massa do queijo), no rendimento, perfil de textura e no perfil de compostos voláteis;
- e) avaliar a viabilidade econômica do uso dos diferentes concentrados lácteos protéicos ao leite na fabricação dos queijos tipo Camembert.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Leite

Foram utilizados leites de vacas recém-ordenhadas do rebanho leiteiro da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

4.1.1 Concentrados lácteos proteicos

Os concentrados lácteos protéicos foram fornecidos pela empresa Tate & Lyle Gemacom Tech, de Juiz de Fora, MG.

Foram utilizados dois concentrados proteicos de leite e dois concentrados proteicos de soro em duas concentrações proteicas, assim identificados:

- a) L1 (concentrado proteico de leite com 42% de teor proteico);
- b) L2 (concentrado proteico de leite com 60% de teor proteico).

E dois concentrados proteicos de soro:

- a) S1 (concentrado proteico de soro com 42% teor proteico);
- b) S2 (concentrao proteico de soro com 80% teor proteico).

A identificação dos tratamentos usada em todo o texto foi feita conforme descrito abaixo, com referência aos tipos de concentrados (L= leite e S= soro) e suas concentrações proteicas (1= menor concentração e 2= maior concentração) e o tratamento controle, que se refere ao leite padronizado sem adição de clp.

- a) TL1;
- b) TL2;
- c) TS1;
- d) TS2 e
- e) TC (Tratamento controle).

O termo concentrado lácteo proteico será abreviado em todo o texto e será descrito por (clp).

4.1.2 Análises do leite

As amostras de leite para as análises físico-químicas foram coletadas antes da pasteurização e analisadas no laboratório de análises físico-químicas do laticínio do Departamento de Ciência dos Alimentos DCA/UFLA.

4.1.2.1 Análises físico-químicas para seleção do leite para a fabricação dos queijos

Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas do leite cru:

- a) gordura: O teor de gordura (% m/v) das amostras de leite foi determinado pelo método butirométrico de Gerber (BRASIL, 2006);
- b) densidade a 15°C: A densidade (g/L) do leite foi determinada utilizando termolacto-densímetro (BRASIL, 2006);
- c) proteína: O nitrogênio total do leite foi determinado pelo método de Kjeldahl (BRASIL, 2006). O nitrogênio solúvel foi determinado em tampão de acetato a pH 4,6 e nitrogênio não protéico em ácido tricloroacético (TCA) 12% de acordo com Bynum e Barbano (1985), seguido por Micro Kjeldahl (BRASIL, 2006). O fator utilizado para conversão dos teores de nitrogênio para proteína, foi de 6,38;
- d) sólidos totais: Disco calculador de Ackermann (BRASIL, 2006);
- e) acidez titulável: foi determinada pelo método de titulação com hidróxido de sódio 0,11mol/L (solução Dornic), empregando-se o indicador solução alcóolica de fenolftaleína a 1% (m/v) neutralizada (BRASIL, 2006);

- f) pH: foi determinado por método potenciométrico, com potenciômetro da marca Tecnal (modelo Tec-3MP) previamente calibrado, efetuando-se quatro leituras por amostra (BRASIL, 2006);
- g) resíduo mineral fixo (cinzas) m/m: O teor foi determinado por incineração a 550°C (BRASIL, 2006);
- h) teor percentual de lactose (m/v): foi determinado pelo Método de Cloramina T (BRASIL, 2006).

4.2 Determinação da composição centesimal dos clp

- a) Teores percentuais (m/m) de umidade e sólidos totais: método em estufa a $85 \pm 2^\circ\text{C}$ (BRASIL, 2006);
- b) teor percentual (m/m) de proteína: obtida pelo método Kjeldahl, com base nos teores de nitrogênio total e não-protéico (BRASIL, 2006). O fator utilizado foi 6,38;
- c) teor percentual (m/m) de gordura: método de Roesse-Gottlieb, que utiliza extração (BRASIL, 2006);
- d) resíduo mineral fixo (cinzas) m/m: incineração da amostra, após dessecação (BRASIL, 2006);
- e) teor percentual de lactose (m/v): foi determinado pelo Método de Cloramina T (BRASIL, 2006).

4.2.1 Definição dos concentrados lácteos proteicos para a fabricação dos queijos tipo Camembert e dos níveis de extensão

Foram realizados pré-testes em laboratório, com os dois concentrados lácteos proteicos de leite (L1 e L2) e dois concentrados lácteos proteicos de soro (S1 e S2), com diferentes teores proteicos, em diferentes níveis de extensão em

relação ao teor de proteína do leite. Para definir os níveis de extensão para cada clp, foi utilizado o histórico de avaliações e resultados realizados e descritos no estudo de Costa Júnior (2006) com extensores proteicos em queijo Minas frescal e foram testados os seguintes níveis de extensão: 100%, 80%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20% e 10% .

As quantidades, em gramas, dos clp adicionados ao leite para obtenção das misturas com os níveis de extensão desejados, foram calculadas por balanço de massa.

Nesta etapa, foram avaliados os seguintes parâmetros: o tempo necessário para o leite atingir a acidez de 0,21g ácido láctico/100 mL leite, após a adição da cultura láctica, antes da adição do coalho (pré-maturação); as quantidades de cloreto de cálcio e coagulante necessários para coagulação das misturas e do leite padronizado sem clp (controle). Foi estabelecido 90 minutos como tempo máximo para a coagulação e para a avaliação das características das coalhadas e dos soros em cada tratamento, tempo máximo para a coagulação de queijos Camembert, de acordo com tecnologia proposta por Furtado e Lourenço Neto (1994). Foram utilizados 500 mL de leite para cada tratamento.

4.2.3 Análises das misturas (leite e clp) e do leite padronizado

- a) Densidade (g/L) a 15°C: foi determinada utilizando termolactodensímetro (BRASIL, 2006);
- b) teor percentual (m/m) de gordura: foi determinado pelo método butirométrico de Gerber (BRASIL, 2006);
- c) teor percentual (m/m) de proteína: O nitrogênio total do leite foi determinado pelo método de Kjeldahl (BRASIL, 2006). O nitrogênio solúvel foi determinado em tampão de acetato a pH 4,6 e nitrogênio não protéico em ácido tricloroacético (TCA) 12% de

acordo com Bynum e Barbano (1985), seguido por Micro Kjeldahl (BRASIL, 2006). O fator utilizado para conversão dos teores de nitrogênio para proteína foi 6,38;

- d) teor percentual (m/m) de resíduo mineral fixo (cinzas): foi determinado por incineração a 550°C (BRASIL, 2006);
- e) teor percentual (m/m) de sólidos totais: foi determinado segundo a fórmula de Fleishmann, em percentual (m/v), conforme descrito por Brasil (2006) e;
- f) teor percentual de lactose (m/v): foi determinado pelo Método de Cloramina T pela IN nº68 (BRASIL, 2006);
- g) pH determinado com potenciômetro da marca Tecnal (modelo Tec-3MP) previamente calibrado, efetuando-se quatro leituras por amostra (BRASIL, 2006).

4.3 Fabricação do queijo tipo Camembert

Os queijos foram fabricados de acordo com Furtado e Lourenço Neto (1994), com modificações.

Depois de selecionado o leite, este foi padronizado no seu teor de gordura para 3,2% (m/m), conforme sugerido por Furtado e Lourenço Neto (1994). Foram empregados quinze litros de leite em cada tratamento, em cada fabricação. Os queijos foram fabricados em três repetições para a massa com mexedura e em três repetições para a massa sem mexedura em dias distintos.

Os clp foram adicionados em cinco litros de leite em temperatura ambiente, homogeneizados e após, os dez litros de leite restantes foram misturados a cada tratamento e transferidos para os tanques de fabricação. O leite padronizado (controle) e as misturas (leite padronizado e clp) foram pasteurizados a 65°C/30 minutos e após, foi ajustada a temperatura (32°C) e

coletados 350 mL de amostra de cada tratamento dos tanques de fabricação para análises e após, foi adicionada a cultura láctica mesofílica contendo *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* e *Lactococcus lactis* subsp *lactis* (DVS- R704 - Christian Hansen).

4.3.1 Preparo da solução com o *Penicillium camemberti*

O *Penicillium camemberti* (Christian Hansen) foi preparado 24 horas antes do uso. Foi diluído 1,0 grama de inóculo em 5 litros de água pasteurizada e resfriada para temperatura de 20°C. Depois de diluído foi mantido sob refrigeração a 10°C até o momento do uso.

4.3.2 Preparo da cultura láctica mesofílica

O conteúdo da embalagem da cultura láctica mesofílica composta de *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* e *Lactococcus lactis* subsp *lactis* (DVS - R704 - Christian Hansen) suficiente para coagular 500 litros de leite (50 U), foi diluído em 500 mL de leite desnatado (UHT) a 5°C e fracionado em porções de 15 mL em vidros previamente esterilizados e armazenados a -18°C até o momento do uso, quando foram descongelados.

4.3.3 Preparo da salmoura

Foram preparados 3 litros de salmoura a 20% (m/v) de NaCl para cada quilo de queijo, para cada tratamento. A solução foi pasteurizada a 65°C/30 minutos e resfriada a 15°C e mantida sob refrigeração durante todo o tempo de uso.

4.3.4 Coadjuvante de coagulação

Foram utilizados 40 mL/100 litros de leite de cloreto de cálcio (CaCl_2) em solução a 50%, conforme indicado pelo fabricante.

4.3.5 Coagulante

Foi utilizado o coagulante CHY-MAX® da Christian Hansen, na dosagem indicada pelo fabricante, 1mL/10 litros de leite. As etapas de fabricação estão apresentadas na Figura 1.

4.3.6 Análises do soro

As análises de gordura, densidade, nitrogênio total e sólidos totais foram realizadas seguindo-se as metodologias descritas no item 5.1.2.1

4.3.7 Cálculo do rendimento do queijo Camembert

O rendimento da fabricação do queijo, expresso em litros de leite por quilo de queijo (L kg^{-1}), foi obtido pela divisão do volume total de leite (L) pela massa total dos queijos (kg) após 24 horas de fabricação.

O rendimento foi ajustado ao teor de umidade de 51% de acordo com Furtado (2003), utilizando a fórmula descrita por Furtado (2005),

$$l/\text{kgA} = \frac{V(100 - U_p)}{P \times \text{ST}}$$

onde:

V= volume de leite em litros; U_p =% de umidade pretendida; P= produção de queijos (kg); ST= sólidos totais.

Também foram calculadas as cifras de perda de gordura (1) e de proteínas (2) no soro, pelo Método Técnico, de acordo com Furtado (2005) conforme as fórmulas abaixo:

$$\% \text{ perda de gordura no soro} = \frac{(\text{kgl} - P) \times 100}{(\text{kgl}/\text{DI}) \text{ GI} \times \text{Ds}} \quad (1)$$

onde, kgl=quilos de leite;

P= produção de queijo em quilos;

Gs=% gordura do soro;

DI(densidade a 15°C) do leite;

GI=% gordura do leite;

Ds=densidade do soro (15°C).

(2) Utiliza-se a mesma fórmula (1), substituindo-se o índice de gordura pelo índice de proteína do soro.

E o aproveitamento final de sólidos totais do queijo por litro de leite trabalhado (coeficiente GL) pela fórmula (3)

$$\text{g ST/l} = \frac{\text{ST} \times \text{P} \times 10}{\text{V}} \quad (3)$$

ST= sólidos totais

P= produção de queijo em quilos

V= volume de leite em litros

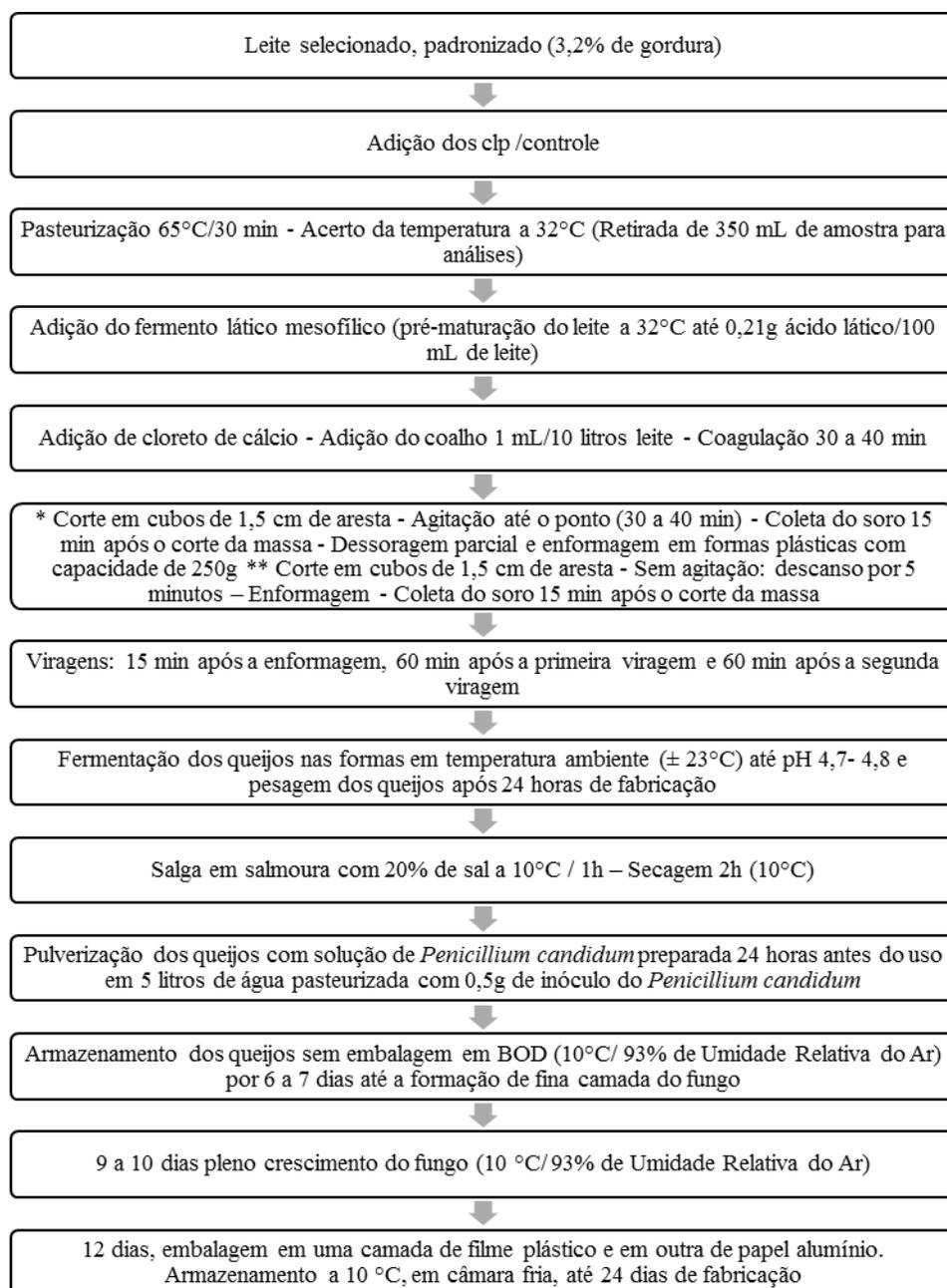


Figura 1 Fluxograma de fabricação dos queijos tipo Camembert com e sem adição de concentrado lácteo proteico, com e sem mexedura da massa.
* Fabricação com mexedura; ** Fabricação sem mexedura

4.3.8 Análises dos queijos tipo Camembert

4.3.8.1 Amostras

Foi coletado, aleatoriamente um queijo (amostra) de cada tratamento em cada repetição. Este procedimento foi adotado em todos os tempos (0, 12 e 24 dias de maturação), nas análises de perfil de textura, pH, umidade e proteólise, em cada repetição.

Para análise do perfil de compostos voláteis foi coletada amostra de queijos com 24 dias de maturação em cada repetição.

4.3.8.2 Caracterização dos queijos tipo Camembert com um dia de fabricação

- a) Umidade: O teor de umidade foi obtido pelo método gravimétrico e calculado por diferença (100% - porcentagem de extrato seco total), (BRASIL, 2006);
- b) proteína total: O conteúdo de nitrogênio total dos queijos foi determinado empregando-se o método Micro Kjeldahl, compreendendo as fases de digestão, destilação e titulação (BRASIL, 2006). Foi utilizando o fator 6,38 para estimativa do teor de proteína total;
- c) resíduo mineral fixo (cinzas): o teor foi determinado pela eliminação da matéria orgânica a temperatura de 550°C, obtendo-se resíduo mineral fixo (BRASIL, 2006);
- d) pH: determinado com potenciômetro da marca Tecnal (modelo Tec-3MP) previamente calibrado, efetuando-se quatro leituras por amostra (BRASIL, 2006);

- e) acidez titulável: A porcentagem de ácido láctico dos queijos foi determinada pelo método de titulação com hidróxido de sódio 0,10 mol/L, em presença de fenolftaleína (solução indicadora), conforme descrito por Brasil (2006);
- f) gordura total: O teor de gordura total das amostras de queijo foi determinado pelo método Butirométrico (m/m) para queijo, utilizando-se centrífuga, tipo Gerber (BRASIL, 2006). Os teores de gordura no extrato seco (GES) foram calculados dividindo-se os teores de gordura do queijo pelo seu teor de extrato seco total;
- g) gordura no extrato seco (GES) foi calculado dividindo-se os teores de gordura do queijo pelo seu teor de extrato seco total;
- h) teor percentual (m/m) lactose: foi determinado pelo Método de Cloramina T (BRASIL, 2006);
- i) sal: Método potenciométrico (BRASIL, 2006);

$$\text{sal na umidade: } \frac{\% \text{ cloretos}}{\% \text{ cloretos} + \% \text{ de umidade}} \times 100$$

Análise dos queijos tipo Camembert durante a maturação

4.3.8.3 Determinação da proteólise

A proteólise dos queijos foi avaliada por meio da determinação dos teores de nitrogênio solúvel, em tampão de acetato a pH 4,6 e em ácido tricloroacético (TCA) 12% de acordo com Bynum e Barbano (1985), seguido por Micro Kjeldahl (BRASIL, 2006).

Os índices de extensão e profundidade de proteólise foram calculados, respectivamente, pelas seguintes fórmulas:

- a) Índice de Extensão da Proteólise (IEP) = (NS pH 4,6/NT) x100
- b) Índice de Profundidade da Proteólise (IPP) = (NS TCA 12%/NT) x100

4.3.8.4 Perfil de textura

A textura instrumental dos queijos foi determinada em texturômetro Stable Micro Systems® Modelo TA-XT2i (Goldaming, England). O procedimento adotado foi o de dupla compressão, carga de 5 kg, utilizando-se um cilindro de acrílico (probe) de 20 mm de diâmetro (P20), com velocidade de deslocamento de 1,0 mm/s e distância percorrida de 10,0 mm. A taxa de deformação foi programada para 50%. Cada peça de queijo foi cortada em cilindros de 2,5 cm de diâmetro por 2,0 cm de altura. Foram determinados os parâmetros: dureza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade, gomosidade, adesividade e resiliência (GONZÁLEZ; GIOIELLI; OLIVEIRA, 1998). As análises foram realizadas em triplicata. O texturômetro trabalhou conectado ao computador e os resultados obtidos foram calculados pelo software Exponent Lite.

4.3.8.5 Umidade

O teor de umidade (m/m) foi obtido pelo método gravimétrico e calculado por diferença (100% - porcentagem de extrato seco total) (BRASIL, 2006).

4.3.8.6 pH

O pH dos queijos foi determinado com potenciômetro da marca Tecnal (modelo Tec-3MP) previamente calibrado, efetuando-se quatro leituras por amostra (BRASIL, 2006).

4.3.8.7 Compostos voláteis

A análise de compostos voláteis foi realizada na Central de Análises e Prospecção Química do Departamento de Química, da UFLA, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

Os compostos voláteis foram extraídos pela técnica de microextração em fase sólida (SPME). A fibra de polidimetilsiloxano /divinilbenzeno (PDMS / DVB, 65 μm , Supelco) foi utilizada para a partição dos compostos voláteis presentes na amostra. Quatro gramas de queijo, com 24 dias de fabricação, obtidas de partes diferentes da amostra (casca e centro), foram transferidos para um vial com capacidade de 10 mL. As amostras foram agitadas a uma velocidade constante de 250 rpm e aquecidas a 40 °C durante 30 minutos. A fibra foi exposta ao headspace do frasco do vial, contendo a amostra. Após 15 minutos de exposição à fibra em temperatura ambiente, a seringa foi imediatamente levada ao injetor do cromatógrafo gasoso, no qual os compostos voláteis foram dessorvidos, a 220°C, por 2 minutos.

A identificação dos compostos voláteis foi realizada por cromatografia gasosa associada à espectrometria de massas. Para isso, foi utilizado aparelho Shimadzu CG-2010, com detector seletivo de massas modelo QP5050A, sob as seguintes condições operacionais: coluna capilar de sílica fundida de 30 m x 0,25 mm e 0,25 μm de espessura, tendo como fase estacionária 5% de difenil e 95% de polidimetilsiloxano (DB5); temperatura do injetor de 220°C;

programação da coluna com temperatura inicial de 40°C, sendo acrescidos 3°C a cada minuto até atingir 240°C; gás de arraste hélio, com 1,8 mL min⁻¹ na coluna; taxa de split 1:8; volume injetado de 1 µL e pressão inicial na coluna de 100 kPa.

As condições do EM foram: detector seletivo de massas operando por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; velocidade de varredura 1000 m/z s⁻¹; intervalo de varredura de 0,5 fragmentos/segundos e fragmentos detectados de 29 e 600 Da. Cada componente foi, tentativamente, identificado por comparação dos seus índices de retenção relativos à coinjeção de uma solução padrão de *n*-alcanos (C8-C20, Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) e por comparação dos espectros de massas do banco de dados da biblioteca Wiley (Wiley 8. FFNSC.1.2.lib e LIB) e de literatura (ADAMS, 2007). Os índices de retenção foram calculados usando a equação de Van den Dool e Kratz (1963) e para as atribuições foram consultados índices de retenção de literatura (ADAMS, 2007). As concentrações dos constituintes presentes na fração volátil foram expressas pela porcentagem de área do cromatograma total de íons (área normalizada em porcentagem).

4.3.8.8 Estimativa de custo

Estimou-se o custo dos queijos tipo Camembert controle e de cada tratamento adicionado de clp por meio da identificação das quantidades empregadas de matérias-primas (leite e clp), e coadjuvantes tecnológicos (agente coagulante, cloreto de cálcio, cloreto de sódio, cultura lática e *Penicillium camemberti*), em unidades de massa, empregados em cada tratamento. A partir destes valores calculou-se o custo para se processar 100 litros de leite. Os resultados foram expressos em reais.

4.4 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em que foram comparados cinco tratamentos (TL1, TL2, TS1, TS2 e TC, compostos por diferentes clp. Ao levar-se em consideração a utilização de mexedura (fabricação com e sem mexedura da massa) para produção de queijo no tempo zero (um dia de produção) utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas nos tratamentos e para avaliar a produção de queijo ao longo do tempo, chamado de tempo de estocagem (0, 12 e 24 dias), utilizou-se ainda o esquema em parcela sub-sub-divididas no tempo. Os experimentos foram realizados em três repetições, a unidade experimental constituiu-se de um queijo.

A caracterização do leite foi avaliada em relação a seus valores médios. Os dados de composição centesimal dos queijos com e sem mexedura em um dia de fabricação; perdas de gordura e proteínas no soro; coeficiente GL; rendimento do queijo em l/kg e l/kgA; foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativos aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Aos dados de estocagem, avaliados ao longo do tempo, aplicou-se também a análise de variância (ANOVA) e ao apresentar diferenças significativas os testes de Tukey a 5% de probabilidade e de Regressão, quando possível.

O software usado para a avaliação estatística foi o Statistical Analysis System – SAS (2014) com os pacotes: proc means; proc glm; proc mixed e proc anova.

Modelo estatístico utilizado:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij};$$

onde:

Y_{ij} - o valor observado para a variável avaliada no queijo em relação ao tratamento i na repetição j ; $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ; $j = 1, 2$ e 3

μ - média geral do experimento;

T_i - efeito do tratamento, sendo $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

e_{ij} - erro experimental associado à observação Y_{ij} , que por hipótese tem distribuição normal, com média 0 e variância σ^2 ;

Modelo estatístico em parcela sub-dividida para tratamentos:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + M_j + T_i * M_j + e_{ijk};$$

onde:

Y_{ijk} - o valor observado para a variável avaliada no queijo em relação ao tratamento i , mexedura j e repetição k ; $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ; $j = 1$ e 2 ; $k = 1, 2$ e 3 ;

μ - média geral do experimento;

T_i - efeito do tratamento, sendo $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

M_j - efeito da mexedura, sendo $j = 1$ e 2 ;

$T_i * M_j$ - interação entre o tratamento e a utilização de mexedura;

e_{ijk} - erro experimental associado à observação Y_{ijk} , que por hipótese tem distribuição normal, com média 0 e variância σ^2 ;

Modelo estatístico em parcela sub-sub-dividida no tempo:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + M_j + H_k + T_i * M_j + T_i * H_k + H_k * M_j + T_i * M_j * H_k + e_{ijkl}$$

onde:

Y_{ijkl} - o valor observado para a variável avaliada no queijo em relação ao tratamento i , mexedura j e repetição k ; $i= 1, 2, 3, 4$ e 5 ; $j= 1$ e 2 ; $k= 1, 2$ e 3 ; $l=1, 2$ e 3 ;

μ - média geral do experimento;

T_i - efeito do tratamento, sendo $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

M_j - efeito da mexedura, sendo $j= 1$ e 2 ;

H_k - efeito do tempo, sendo $k=1, 2$ e 3 ;

$T_i * M_j$ - interação entre o tratamento e a utilização de mexedura;

$T_i * H_k$ - interação entre o tratamento e o tempo;

$M_j * H_k$ - interação entre a mexedura e o tempo;

$T_i * M_j * H_k$ - interação entre o tratameto, mexedura e tempo;

e_{ijkl} - erro experimental associado à observação Y_{ijk} , que por hipótese tem distribuição normal, com média 0 e variância σ^2

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises físico-químicas do leite para a fabricação dos queijos

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises físico-químicas para a seleção do leite utilizado nas fabricações dos queijos tipo Camembert.

Tabela 2 Valores médios dos aspectos físico-químicos do leite para as fabricações dos queijos tipo Camembert com e sem mexedura das três repetições

Aspectos físico-químicos	Leite para fabricação de queijos com mexedura	Leite para fabricação de queijos sem mexedura
Acidez (g de ácido láctico/100 mL leite)	0,16	0,16
pH	6,68	6,75
Densidade (g/L)	1030	1030,13
Gordura % (m/m)	4,2	4,0
Proteína% (m/m)	4,0	4,0
Lactose % (m/m)	4,8	4,9
Cinzas % (m/m)	0,70	0,71
Extrato seco total % (m/m)	13,5	13,39
Extrato seco desengordurado% (m/m)	9,3	9,39

De acordo com os resultados obtidos da avaliação dos aspectos físico-químicos do leite empregado nas fabricações dos queijos tipo Camembert, estes atenderam aos padrões previstos na Instrução Normativa nº62 de dezembro de 2011, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2011).

5.2 Determinação da composição média dos clp

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises dos clp empregados nas fabricações dos queijos tipo Camembert com e sem mexedura da massa.

Tabela 3 Composição média dos concentrados lácteos proteicos

Constituintes %(m/m)	S1	S2	L1	L2
EST	94,94	94,31	95,16	95,5
Umidade	5,06	5,69	4,84	4,5
Proteína	49,3	76,69	47,53	54,42
Gordura	2,25	5	1,5	0,75
RMF	3,6	2,25	6,07	6,91
Lactose	39,79	10,37	40,06	33,42

S1= proteína de soro com 49,3% de teor proteico, S2 = proteína de soro com 76,69% de teor proteico, L1 = proteína do leite com 47,53% de teor proteico. L2 = proteína do leite com 54,42% de teor proteico. RMF = resíduo mineral fixo

Estes resultados estão próximos aos encontrados por Tamine (2009), que classifica como produto, com muito alto teor de proteína, os concentrados de soro com valores entre 72-81% de teor proteico, encaixando nesta referência o clp de soro S2 e o clp S1, classificado como de médio teor de proteína. Os concentrados de proteínas de leite não apresentam classificações quanto aos teores proteicos, mas os cpl L1 e L2 apresentam valores semelhantes aos encontrados pelo autor acima citado. Tanto os concentrados lácteos proteicos de soro e de leite apresentam também composições semelhantes ao citado por Tamine (2009) em relação à gordura, carboidratos, cinzas, extrato seco total e umidade. Composições semelhantes para os clp de soro foram encontradas por Yada (2004) e U.S. Dairy Export Council - USDEC (2002).

5.3 Análises físico-químicas do leite e misturas (clp + leite padronizado) para a fabricação dos queijos com e sem mexedura

As Tabelas 4 e 5 apresentam os valores médios das características físico-químicas do leite padronizado e misturas empregados nas fabricações dos queijos com mexedura e sem mexedura respectivamente.

Tabela 4 Teores médios dos parâmetros físico-químicos do leite padronizado e misturas (clp + leite padronizado) para a fabricação dos queijos com mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamento mexedura*	Gordura % m/m	Proteína % m/m	Umidade % m/m	E.S % m/m	Cinzas % m/m	Lactose % m/m	Acidez ¹	Den. g/L	Relação proteína/gordura
TC	3.20 c	4.00 c	87.30 a	12,70c	0.70 b	4.80c	0,16 b	1030c	1,25
ML1	3.56 b	5.21 a	84.90c	15.10a	0.87ab	5.46 a	0,16 b	1033.4a	1,46
MS1	4.26 a	5.56 a	84.23 c	15.77a	0.75 b	5.20 b	0,17a	1033.6 a	1,30
MS2	3.52 b	4.50 b	86.14b	13.86b	0.76ab	5.08bc	0,16 b	1032.8ab	1,27
ML2	3.24 c	5.61 a	84.35 c	15.65a	0.89a	5.46 a	0,17 a	1033.0 a	1,73
CV	1.69%	4.29%	0.57%	1.64%	6.99%	1.74%	12.7%	0.058%	

* TC: tratamento controle: leite padronizado; ML1: mistura de leite padronizado + proteína do leite a 47,53% de teor proteico; MS1: mistura de leite padronizado + proteína do soro a 49,3% de teor proteico, MS2: mistura de leite padronizado + proteína do soro a 76,69% de teor proteico, ML2: mistura de leite padronizado + proteína do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 5 Teores médios dos parâmetros físico-químicos do leite padronizado e misturas (clp + leite padronizado) para a fabricação dos queijos sem mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamento sem mexedura*	Gordura % m/m	Proteína % m/m	Umidade % m/m	E.S % m/m	Cinzas % m/m	Lactose % m/m	Acidez ¹	Den. g/L	Relação proteína/gordura
TC	3.20c	4.00cd	87.19a	12,81c	0.71b	4.90 c	0,16c	1030,1c	1,25
ML1	3,57b	5.22 ab	84.97c	15.02a	0.77b	5.46a	0,16b	1033b	1,46
MS1	4.30a	5.41a	84.87c	15.13a	0.91a	5.10b	0,17a	1033.2b	1,25
MS2	3.50b	4.35bc	86.32b	13.68b	0.75b	5.08bc	0,16b	1032.4b	1,24
ML2	3.32c	5.50a	84.21c	15.79a	0.91a	5.46a	0,17a	1034.2a	1,65
CV	1.61%	6.87%	0.43%	2.62%	7.46%	1.74%	29.05%	0.10%	

* TC: tratamento controle: leite padronizado; ML1: mistura de leite padronizado + proteína do leite a 47,53% de teor proteico; MS1: mistura de leite padronizado + proteína do soro a 49,3% de teor proteico, MS2: mistura de leite padronizado + proteína do soro a 76,69% de teor proteico, ML2: mistura de leite padronizado + proteína do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹ g de ácido láctico/100 mL leite

A análise de variância mostrou haver diferença significativa entre as composições de todas as misturas (leite padronizado + clp e o leite padronizado). Em análise de contraste, que comparou a composição do leite padronizado em relação às demais misturas, o leite padronizado obteve menores valores em relação à gordura, proteína, lactose. Estes resultados podem ter sido influenciados em função da composição dos clp utilizados apresentarem valores expressivos destes constituintes, contribuindo para as maiores diferenças nas misturas.

Em relação aos teores proteicos, pequenas diferenças a menor ou a maior em relação aos níveis de extensão pretendidos também foi observada.

Os maiores valores de cinzas foram registrados nas misturas cujo clp usado também apresentou maior teor neste componente. O mesmo comportamento foi observado para os registros dos menores valores.

Quanto à acidez foram observados os maiores valores nas misturas que apresentaram os maiores teores em proteína. As caseínas e a albumina são umas das substâncias responsáveis pela acidez “aparente” juntamente com os fosfatos e citratos (minerais) e o gás carbônico (CO₂) dissolvido. Amostras de leite com acidez titulável mais elevada (dentro da faixa normal) podem apresentar, em média, teores de proteína e minerais maiores do que aquelas com valores menores destes componentes (OLIVEIRA, 2015), que foi observado neste estudo.

5.4 Avaliações em pré- testes em condições de laboratório para a definição dos clp e dos níveis de extensão a serem utilizados

A Tabela 6 apresenta os resultados dos parâmetros avaliados em pré-teste para a definição dos clp e dos níveis de extensão a serem utilizados.

Tabela 6 Características das coalhadas e soros, tempos de coagulação de queijos fabricados com diferentes clp em diferentes níveis de extensão

Níveis de extensão	Concentrados lácteos proteicos/ características das coalhadas, dos soros e tempos de coagulação.			
	S1	S2	L1	L2
100%,80%	Não houve coagulação em 90 minutos	Não houve coagulação em 90 minutos	Não houve coagulação em 90 minutos	Não houve coagulação em 90 minutos
60%	Tc: 90 minutos. Coalhada muito frágil. Soro opaco	Não houve coagulação em 90 minutos	Tc: 90 minutos. Coalhada muito frágil. Soro esbranquiçado, turvo.	Tc: 90 minutos. Coalhada muito frágil. Soro turvo.
50%	Tc: 90 minutos. Coalhada frágil. Soro opaco	Não houve coagulação em 90 minutos	Tc: 90 minutos. Coalhada frágil. Soro esbranquiçado, turvo.	Tc: 90 minutos. Coalhada frágil. Soro amarelado, turvo.
40%	Tc: 40 minutos. Coalhada com aspecto normal. Soro esverdeado	Tc: 90 minutos. Coalhada muito frágil. Esbranquiçado opaco	Tc: 90 minutos. Coalhada frágil. Soro esbranquiçado, turvo.	Tc: 40 minutos. Coalhada com aspecto normal. Soro esverdeado transparente.
30%	Tc: 70 minutos. Coalhada frágil. Soro amarelado, opaco.	Tc: 90 minutos. Coalhada muito frágil. Soro amarelado, opaco.	Tc: 40 minutos. Coalhada com aspecto normal. Soro esverdeado, transparente.	Tc: 70 minutos. Coalhada frágil. Soro amarelado, opaco.
20%	Tc: 70 minutos. Coalhada muito frágil. Soro esbranquiçado	Tc: 90 minutos. Coalhada frágil. Soro esbranquiçado, opaco.	Tc: 70 minutos. Coalhada frágil. Soro amarelado, opaco.	Tc: 70 minutos. Coalhada frágil. Soro amarelado, opaco.
10%	Tc: 70 minutos. Coalhada frágil. Soro amarelado, opaco.	Tc: 40 minutos. Coalhada com aspecto normal. Soro esverdeado, transparente.	Tc: 70 minutos. Coalhada frágil. Soro amarelado, opaco.	Tc: 70 minutos. Coalhada frágil. Soro esbranquiçado, opaco.
TC	Tempo de coagulação: 40 minutos. Coalhada com aspecto normal. Soro esverdeado, transparente.			

S1: clp do soro a 49,3% de teor proteico; S2: clp do soro a 76,69% de teor proteico; L1: clp do leite a 47,53% de teor proteico; TL2: clp do leite a 54,42% de teor proteico. TC: Tratamento controle. Tc: tempo de coagulação

Foram observadas diferenças entre os tratamentos, nos tempos de coagulação nas características das coalhadas e dos soros produzidos, em cada fabricação.

Para a avaliação das coalhadas, o tempo máximo considerado para a coagulação foi de 90 minutos e de acordo com as características apresentadas, de consistência da coalhada e dos aspectos dos soros prosseguiu-se ou não com os testes. Nos tratamentos onde foram empregados os clp S1 e L2 em 40% de extensão, conseguiu-se coalhadas e soros com aspectos normais com 40 minutos de coagulação e para os tratamentos L1 e S2 com 30% e 10% de extensão respectivamente, também com 40 minutos. O TC atingiu a coagulação em 40 minutos.

De posse destes resultados, decidiu-se trabalhar com os seguintes clp e níveis de extensão: S2 (clp soro a 76,69% de teor proteico) em 10% de extensão; S1 (clp soro a 49,3% de teor proteico) em 40% de extensão; L1 (clp leite a 47,53% de teor proteico) em 30% de extensão e L2 (proteína do leite a 54,42% de teor proteico) em 40% de extensão. Foram empregadas as doses de fermento láctico, cloreto de cálcio (40 mL/100 litros de leite) e coagulante (1mL/10litros de leite) recomendadas pelos fabricantes.

Alguns fatores influenciam fortemente a coagulação do leite: como a temperatura, o pH, que quanto mais próximo do pH ótimo de ação da enzima (aproximadamente pH 6,0) melhor a ação do coalho e maior a força da coalhada e quanto maior a porcentagem de proteínas do leite melhor será a sua coagulabilidade (DE PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009). Após a coagulação a rede de coalhada continua sua formação por um tempo considerável após a obtenção de um gel visível, mesmo após o corte. A força do gel formado é muito importante do ponto de vista de sinérese e, conseqüentemente, para o controle de umidade e rendimento da fabricação (FOX; MCSWEENEY, 1998; WALSTRA et al., 1999).

A redução do tempo de coagulação em função do aumento do teor de proteínas nos retentados de ultrafiltração foi observada por Mehaia e Chery (1983). Os autores atribuíram esse comportamento a um possível aumento no número de colisões, do qual depende a velocidade de agregação, devido à redução no volume da fase aquosa com o aumento do teor proteico, ou talvez devido ao aumento na concentração de cálcio, o que resultaria em maiores interações na fase secundária da coagulação.

Leite que coagula rapidamente e tem alta firmeza da coalhada dele é esperado resultar em queijo com a composição mais desejável e menos perda de componentes do leite no soro do leite em comparação com o leite, que coagula com baixa firmeza e apresenta demora no processo de coagulação (LUCEY; KELLY, 1994).

5.5 Fabricação dos queijos tipo Camembert

Após a pasteurização das misturas (leite e clp) e do leite padronizado e do acerto da temperatura para 32°C, foram adicionados 10 mL de cultura láctica mesofílica de *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* e *Lactococcus lactis* subsp *lactis* (DVS-R704) da Christian Hansen até a acidificação de 0,21% m/v ácido láctico.

A Tabela 7 apresenta os tempos médios de acidificação das misturas e do leite padronizado nas três repetições, nos tratamentos com e sem mexedura.

Tabela 7 Tempo médio em minutos para acidificação das misturas (leite e clp) e do leite padronizado até 0,21% (m/v) ácido lático após a adição da cultura láctica, nas repetições

Misturas/leite padronizado	Tempo em minutos
TS1	116.0
TS2	116.0
TL1	110.0
TL2	114.0
TC	155.0

(TS1) clp soro com 49,3% de teor proteico, (TS2) clp soro com 76,69% de teor proteico, (TL1) clp leite com 47,53% de teor proteico, (T4L) clp leite com 54,42% de teor proteico, (TC) controle

Foi observado que nas misturas onde o teor de lactose foi maior (TL1) e (TL2), os tempos de fermentação foram menores, indicando a influência da quantidade deste dissacarídeo na maior produção de ácido lático e elevação da acidez em menor tempo.

A massa do queijo Camembert é tipicamente desmineralizada e com isso consegue-se a textura e o corpo característicos do queijo e esse é um dos fenômenos essenciais do processo. Para se conseguir um grau de desmineralização compatível, é recomendado que o leite padronizado e pasteurizado seja pré-maturado com fermentos lácticos mesofílicos acidificantes (*Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* e *Lactococcus lactis* subsp. *Cremoris*) por um período que permita o leite atingir entre 0,21 a 0,23 % m/v ácido lático. A pré-maturação é importante por iniciar a solubilização do cálcio e permitir diminuir a dose de agente coagulante empregado, diminuindo o risco de formação do sabor amargo (FURTADO, 2013).

Após a adição dos ingredientes e coadjuvantes de coagulação, as coalhadas apresentaram-se em ponto de corte após 40 minutos da adição do coalho, quando o mesmo foi realizado.

5.5.1 Análises dos soros dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem mexedura da massa

5.5.1.1 Gordura

Na análise de variância para a variável gordura, houve interação significativa entre a mexedura e os tratamentos ($p < 0,05$), ou seja, há influência dos tratamentos na mexedura e vice e versa. O desdobramento da interação é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 Teores médios de gordura do soro dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamento CM*	Média (%)	Tratamento SM*	Média (%)
TC	0,26 Ba	TC	0,50 Ab
TS2	0,28 Aa	TS2	0,60 Aab
TL1	0,30 Ba	TL1	0,79 Aa
TS1	0,34 Ba	TS1	0,56 Aa
TL2	0,43 Ba	TL2	0,53 Ab
CV	19,71%		28,67%

* TC: Tratamento controle; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CM= com mexedura. SM = sem mexedura

Observou-se que o maior teor de gordura no soro foi influenciado pela não mexedura da massa em tratamento com clp do leite empregada em menor porcentagem de extensão TL1.

O fato de não se mexer a massa, a tendência da consistência da mesma é ficar mais frágil com maiores possibilidades de perdas dos constituintes do leite, no soro. A mexedura contribui para a firmeza e quando realizada em velocidade e tempos adequados, pode também colaborar para a diminuição da saída excessiva dos componentes da massa do queijo. Dentre as fabricações com mexedura os valores da gordura não apresentaram diferença estatística significativa entre si ($p > 0,05$).

Ao se realizar a análise de contraste, que compara o tratamento controle e os demais tratamentos juntos, nas fabricações onde se realizou a mexedura da massa não foi observada diferença entre o tratamento controle e os demais tratamentos. Ao se realizar a mesma análise para as fabricações sem mexedura, não se observou também diferença entre o tratamento controle e os demais tratamentos juntos, em relação ao teor de gordura, indicando que a adição de clp não influenciou no teor de gordura dos soros mexendo-se ou não a massa, em comparação ao tratamento controle.

5.5.1.2 Proteína, glicídio redutor expresso em lactose, acidez e pH

Nas avaliações dos parâmetros, proteína, lactose, acidez e pH, a análise de variância indicou diferença estatística significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$). A Tabela 9 apresenta os valores médios para estes parâmetros obtidos nos diferentes tratamentos.

Tabela 9 Teores médios de proteínas, glicídio redutor expresso em lactose, acidez e pH dos soros de queijos tipo Camembert produzidos com e sem adição de clp com e sem mexedura da massa. Teste de média de Tukey

Proteínas (% m/m)		Lactose (% m/m)		Acidez**		pH	
Trat.*	Média	Trat.*	Média	Trat.*	Média	Trat.*	Média
TL1	2.95 a	TL1	4.52 a	TL2	0,122 a	TC	6.60 a
TS2	2.14 ab	TL2	4.50 a	TS2	0,121 b	TL1	6.48 b
TS1	2.07 b	TS2	4.43 a	TS1	0,104 c	TS1	6.46 b
TL2	2.05 b	TC	4.11 ab	TL1	0,101 d	TS2	5.05 c
TC	1.65 b	TS1	4.00 b	TC	0,100 e	TL2	4.71 d
CV	21,40%		5,57%		1,2%		1,12%

* TC: leite padronizado; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **(g de ácido láctico/100 mL leite)

Os maiores teores de proteína e lactose no soro foram apresentados no TL1, que também apresentou os maiores teores destes componentes nas misturas observando-se a influência do aumento destes componentes no aumento do teor destes no soro. A proteína é um importante componente do leite relacionado ao rendimento do queijo. Quanto menor a presença deste componente no soro, maior será o rendimento do queijo.

Ao se realizar a análise de contraste entre o TC e os demais tratamentos juntos nas fabricações com mexedura da massa, observou-se que há diferença entre o TC e os demais, sendo que o TC apresentou valor médio menor que os demais tratamentos, ou seja, a adição de clp aumentou os valores de proteínas no soro quando houve a mexedura da massa. A mesma análise foi realizada para os tratamentos sem a mexedura da massa e não houve diferença entre o TC e os demais tratamentos com clp para o teor de proteínas, ou seja, a adição de clp não influenciou no teor de proteínas no soro em relação ao tratamento controle, quando não se mexe a massa.

Nas análises de contraste para o teor de lactose e pH, observou-se que não há diferença entre o TC e os demais tratamentos juntos para as fabricações com e sem mexedura da massa, ou seja, a adição de clp não alterou estes aspectos em relação ao TC, mexendo-se ou não a massa.

De acordo com o que foi citado por Costa Júnior (2006), um dos parâmetros de controle da fabricação de queijos é a acidez do soro, coletado após o corte da coalhada. A acidez do soro nesse momento deve ser em média, 2/3 da do leite. Os valores da acidez dos soros dos TL1 e TS2 estão um pouco acima do que é indicado para a acidez neste momento da fabricação, já os valores do soro dos TS1 e TL2 estão um pouco abaixo e somente o TC atende ao que foi descrito acima.

Nas análises de contraste para a acidez titulável houve diferença entre o tratamento controle e os demais tratamentos, sendo que o tratamento controle apresentou menor valor médio que os demais tratamentos juntos na fabricação com mexedura da massa; indicando que a adição de clp aumentou a acidez do soro em relação ao controle, quando a massa foi submetida ao processo de mexedura. O mesmo resultado foi obtido para as análises realizadas nas fabricações sem a mexedura da massa.

5.5.1.3 Umidade

Para a variável umidade, a análise de variância mostrou existir diferença estatística significativa entre as fabricações com e sem mexedura ($p < 0,05$), sendo que na fabricação com mexedura a umidade foi maior em média que na fabricação sem mexedura, como apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 Teores médios de umidade dos soros dos queijos tipo Camembert produzidos com e sem clp nos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamentos*	Média (%)
CM	92.92a
SM	91.28b

*CM = com mexedura e SM= sem mexedura

O maior teor médio da umidade do soro dos queijos com mexedura da massa pode estar relacionado ao fato de que a mexedura realizada em velocidade e tempos corretos, proporciona uma massa mais firme e com menos perda de sólidos. Soma-se a isso o fato de que é formada uma película que envolve o grão da massa ao se realizar a mexedura da mesma, podendo contribuir no controle de saída de sólidos.

Houve também diferença estatística significativa entre os tratamentos para o teor de umidade ($p < 0,05$), conforme mostra a Tabela 11 e não houve diferença estatística significativa na interação entre a mexedura * tratamentos ($p > 0,05$) indicando que não há influência dos tratamentos na mexedura nem da mexedura nos tratamentos.

Tabela 11 Teores médios de umidade dos soros dos queijos tipo Camembert produzidos com e sem clp nos tratamentos. Teste de média de Tukey

Tratamento*	Média (%)
TC	93.29 a
TS1	92.90 a
TL2	92.35ab
TL1	91.11 b
TS2	90.86 b
CV	1,45%

* TC: controle; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clpa do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os teores médios de umidade do soro estão entre 93-95% de acordo com Miller, Jarvis e Mc Bean (2000) e Yada (2004) e 93% de acordo com Oliveira, Bravo e Tonial (2012). Neste estudo somente o soro do TC atingiu o valor médio próximo aos citados pelos autores. Os demais soros obtidos dos tratamentos adicionados de clp apresentaram valores médios inferiores. Comportamento semelhante foi obtido em trabalho de Costa Júnior (2006), ao avaliar os soros obtidos de queijos Minas frescal fabricados com e sem adição de extensores. O autor considera que por tratar-se de acréscimo de sólidos no leite, principalmente gordura e proteínas, o tratamento com extensores apresentou perdas muito maiores em comparação ao processo tradicional.

Ao se realizar a análise de contraste entre o TC e os demais tratamentos com mexedura da massa, houve diferença entre o TC e os demais tratamentos com adição de clp, sendo que o TC apresentou valor em média maior que os demais tratamentos juntos, indicando que a adição de clp diminuiu o valor de umidade do soro em relação ao TC quando é realizada a mexedura da massa. A mesma análise foi realizada para os tratamentos sem a mexedura da massa e foi apresentado o mesmo resultado, ou seja, a adição de clp diminui a umidade do soro em relação ao TC, quando não se realiza a mexedura da massa.

5.5.1.4 Extrato seco

Houve diferença significativa entre as fabricações com e sem mexedura para a variável extrato seco ($p < 0,05$), de acordo com a análise de variância e os valores apresentados na Tabela 12, que mostra a influência positiva da não mexedura da massa no maior valor do extrato seco do soro.

Os resultados para o extrato seco estão em acordo com os resultados obtidos para a umidade, ou seja, os tratamentos com mexedura da massa (Tabela 12) apresentaram os maiores valores para umidade e os menores valores para extrato seco, inferindo-se que com o processo da mexedura a presença dos

constituintes do queijo no soro, foi menor em relação aos tratamentos fabricados sem mexedura pelo fato de, quando a mexedura é realizada em tempo e velocidade corretos, acontece a formação de uma película em torno do grão, que pode evitar a saída excessiva de sólidos da massa do queijo.

Tabela 12 Teores médios de extrato seco dos soros de queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos níveis de mexedura da massa. Teste de média de Tukey

Tratamentos	Médias (%)
SM	8.71 a
CM	7.07 b

CM = com mexedura e SM= sem mexedura

Também foi verificada diferença estatística significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), conforme Tabela 13. Não houve diferença estatística significativa na interação mexedura* tratamentos ($p > 0,05$) o que mostra que não há influência dos tratamentos na mexedura e vice versa.

Tabela 13 Teores médios de extrato seco dos soros dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp com e sem mexedura da massa nos tratamentos. Teste de Tukey

Tratamento*	Média (%)
TS2	9.13a
TL1	8.89 a
TL2	7.64 ab
TS1	7.10 b
TC	6.70 b
CV	11,93%

* TC: controle; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O teor médio do extrato seco do soro está entre 5,5-6,5 (MILLER; JARVIS; MC BEAN, 2000; YADA, 2004) e 6,4-6,9% (MIZUBUTI, 1994). O teor do extrato seco do soro do TC no presente trabalho (Tabela 13) está de acordo com o citado pelos autores acima. Os valores para os demais tratamentos foram maiores em relação ao soro do tratamento controle e em relação ao citado pelos autores. Os soros dos tratamentos TS2 e TL1 que apresentaram os maiores teores de extrato seco foram também os mesmos tratamentos que apresentaram os maiores teores de gordura e proteína no soro. Devido ao aumento dos componentes sólidos do leite pela adição de clp, conforme apresentado pela composição das misturas, (Tabelas 4 e 5), o aumento destes pode ter influenciado na maior saída dos mesmos, no soro, na fabricação dos queijos adicionados destes clp.

Ao se realizar a análise de contraste que compara o TC e os demais tratamentos, nas fabricações onde se realizou a mexedura da massa, houve diferença entre o TC e os tratamentos com adição de clp, sendo que o TC apresentou menor teor médio que os demais tratamentos juntos; indicando que a mexedura aumentou o teor do extrato seco dos tratamentos com adição de clp em relação ao controle. A mesma análise foi realizada para os tratamentos sem a mexedura da massa e o mesmo resultado foi obtido, indicando que a não mexedura da massa aumentou o teor do extrato seco dos tratamentos com adição de clp em relação ao TC.

5.5.1.5 Cinzas

Para a variável cinzas, não houve diferença estatística significativa entre as fabricações com e sem mexedura ($p > 0,05$), entre os tratamentos ($p > 0,05$) e nem na interação entre a mexedura* tratamentos ($p > 0,05$), mostrando que os

teores de cinzas nos soros não foram alterados em função dos tratamentos, da mexedura ou não, da massa e, nem pela interação entre estes fatores.

A Tabela 14 apresenta os valores médios para as fabricações com e sem mexedura.

Tabela 14 Teores médios de cinza dos soros dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos níveis de mexedura da massa. Teste de média de Tukey

Tratamento da massa*	Média (%)
SM	1.23a
CM	0.65a

*CM = com mexedura e SM = sem mexedura

Os trabalhos realizados com a coalhada são etapas importantes que concorrem para o equilíbrio da umidade final do queijo e conseqüentemente com a sua composição. Durante o corte da coalhada, perdas parciais de componentes sólidos do leite no soro são impossíveis de não acontecer. Estas perdas podem ser minimizadas se o corte for realizado no tempo correto, por meio do processo de coagulação bem controlado, que estão relacionados com a temperatura de pasteurização do leite, seu teor em cálcio e proteínas, acidez e pH e ainda a temperatura de adição do coalho. Devem ser observados também, de forma cuidadosa, a velocidade do corte e o tamanho dos grãos. A intensidade e o tempo de agitação da massa, também são fatores que influenciam nas perdas de sólidos (DE PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009).

5.5.2 Caracterização dos queijos tipo Camembert após a fabricação

5.5.2.1 Gordura

A análise de variância indicou haver diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as fabricações com e sem mexedura para a variável gordura. Verificou-se que na fabricação sem mexedura o valor médio foi maior, conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 Teores médios de gordura de queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos níveis de mexedura da massa. Teste de média de Tukey

Tratamento da massa	Médias (%)
SM	17.13 a
CM	14.06 b

CM = com mexedura. SM = sem mexedura

Os valores médios de gordura encontrados neste estudo para os tratamentos com e sem mexedura, estão abaixo dos encontrados em estudo com queijos Camembert tradicionais por Dias (2007), (23,10% e 24,05%), Voight et al. (2011) (18,4 a 23,76%) e Lima, Goulart e Oliveira (2010) (23 a 28,5%). Os resultados apresentados apontam que a mexedura da massa diminuiu o teor de gordura dos queijos.

Na análise de gordura no extrato seco dos queijos a análise de variância indicou diferença estatística significativa na interação Mexedura*Tratamento, ou seja, há dependência entre a mexedura e os tratamentos. A Tabela 16 apresenta o desdobramento da interação.

Tabela 16 Teores médios de % de gordura no extrato seco dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de Tukey

Tratamentos CM	Média (%)	Tratamentos SM	Média (%)
TS1	40.51 Aa	TS1	35.73 Ab
TS2	37.13 Bb	TS2	31.48 Ad
TL1	32.28 Bc	TL1	34.11 Ac
TC	32.16 Bd	TC	37.39 Aa
TL2	30.61 Ae	TL2	31.45 Ae
CV	20,54%	x	12,16%

* TC: controle; TL1: leite padronizado + proteína do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + proteína do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + proteína do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + proteína do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CM= com mexedura. SM = sem mexedura

No desdobramento de tratamentos dentro da fabricação com mexedura, observou-se que o TS1 foi maior em média que os demais, sendo que todos os tratamentos foram diferentes entre si. Observou-se que o maior teor de gordura da mistura do TS1, pode ter influenciado no maior teor deste componente no queijo, este tratamento também apresentou menor teor de gordura no soro. Foi observado que no TL2, com o menor teor de gordura, foi o que apresentou o menor teor de gordura na mistura, podendo ter influenciado no menor teor deste componente no queijo.

No desdobramento de tratamentos dentro da fabricação sem mexedura, observou-se que o TC foi maior em média que os demais. O comportamento dos tratamentos sem mexedura não seguiu o mesmo padrão para os tratamentos com mexedura. Nos tratamentos sem a mexedura da massa, o maior valor de gordura foi obtido pelo tratamento onde não foi empregado clp, com o menor teor de gordura. Infere-se que a não mexedura, influenciou na maior saída da gordura da massa daqueles tratamentos, com maior teor deste componente. Nesse sentido,

pode ser considerado que ao se mexer a massa, a mesma se torna mais firme com maior retenção deste sólido.

O queijo Camembert deve apresentar a gordura no extrato seco superior a 40% (SPINNIER; GRIPON, 2004). Somente o tratamento TS1 com mexedura da massa, atingiu a porcentagem de gordura dentro do parâmetro citado pelos autores. De acordo com Furtado (2013), a maioria dos queijos Camembert apresenta entre 45 a 50% de gordura no extrato seco, nenhum dos tratamentos avaliados neste estudo atingiu estes percentuais.

Dentre os constituintes do leite, os teores de gordura e proteína e o grau de recuperação destes, são importantes para a obtenção de um bom rendimento do queijo (FURTADO, 1991; KOSIKOWSKI; MISTRY, 1997; LAWRENCE, 1993).

5.5.2.2 Proteína

A análise de variância para a variável proteína mostrou haver diferença estatística significativa ($p < 0,05$) na interação Mexedura*Tratamento, ou seja, há dependência entre a mexedura e tratamentos, indicando a influência dos tratamentos na mexedura e vice versa, nos teores de proteína. O desdobramento da interação está apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 Teores médios de proteínas de queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de Tukey

Tratamentos CM	Média (%)	Tratamentos SM	Média (%)
TL2	27.05A a	TL2	22.350 Ba
TL1	26.69 Aa	TL1	23.67 Aa
TC	20.38 Ab	TC	19.37A a
TS1	19.77 Ab	TS1	21.08 Aa
TS2	19.43 Ab	TS2	22.75 Aa
CV	17,94%		7,69%

TC: controle; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CM= com mexedura. SM = sem mexedura

Observou-se que nos tratamentos com mexedura da massa, o menor valor da proteína foi registrado nas fabricações com adição de clp de soro (tratamentos TS1 e TS2), podendo-se inferir que maior quantidade de proteínas solúveis pode ter sido perdida no soro e a perda foi potencializada pela ação mecânica da mexedura e vice e versa. Maiores valores de proteínas foram obtidos nos tratamentos fabricados com adição de concentrados lácteos proteicos de leite. Observa-se assim a influência da mexedura da massa sobre o tipo de clp usado, no teor de proteínas do queijo. Nos tratamentos sem a mexedura da massa, não foi observada esta relação, pois não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos fabricados com adição de clp de soro ou de leite.

Foi observado que os tratamentos com os maiores teores de proteína TL2 nas fabricações com ou sem mexedura, foi o que apresentou também o menor teor em gordura. Registrou-se ainda que este mesmo tratamento foi o que apresentou o maior teor em proteínas na mistura e menor proteína no soro.

Valores inferiores de proteínas em relação ao presente estudo foram obtidos por Dias (2007) (18%) e Pereira (2014) (15,90% - verão e 20,14% - inverno), em queijo Camembert tradicionais. Queijos fabricados em diferentes regiões da França apresentaram teores de proteínas mais elevados entre 18,7 a 22,8%, mas ainda inferiores aos obtidos no presente estudo.

Dentre os componentes do queijo, a proteína merece destaque, pois além de ser a principal responsável pela elasticidade, textura e formação de compostos que caracterizam o flavor e o aroma após a proteólise (ECK, 1987), está diretamente relacionada ao rendimento de queijos.

5.5.2.3 Umidade

Ao se realizar a análise de variância para a variável umidade, não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre as fabricações com e sem mexedura e entre os tratamentos.

Houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) na interação Mexedura*Tratamento, indicando que há influencia dos tratamentos na mexedura e vice versa. O desdobramento com os valores médios está apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 Teores médios de umidade dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamento CM	Média (%)	Tratamento SM	Média (%)
TS2	59.59 Aa	TS2	52.36 Aa
TS1	59.25 Aa	TS1	53.83 Ba
TL2	53.18 Bb	TL2	54.43 Aa
TL1	50.43 Ab	TL1	53.12 Ba
TC	49.75 Bb	TC	56,79 Aa
CV	3,06%		3,64%

* TC: controle; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CM= com mexedura. SM = sem mexedura

Os maiores teores de umidade dos queijos foram observados nos tratamentos adicionados de clp de soro nas fabricações com mexedura da massa. Observou-se aqui o teor de umidade sob a influência da ação mecânica e do tipo de proteína empregado, já que os menores teores nos tratamentos adicionados de clp de leite não apresentaram diferença estatística significativa em relação ao queijo controle. A não mexedura da massa não influenciou nos teores de umidade dos queijos, independente do tipo de clp empregado.

De acordo com Furtado (2003), os queijos Camembert com um dia de fabricação devem apresentar entre 51 e 52% de umidade para ter uma maior durabilidade no mercado. Os queijos avaliados neste estudo não se enquadram neste perfil, apresentando os tratamentos TL1 com mexedura e o TS2 sem mexedura os valores mais próximos, sendo 50,43% e 52,36%, respectivamente.

O aumento da umidade em queijo foi observado em estudo com queijo Minas Frescal, fabricado com adição de extensores proteicos, comparado ao tratamento controle, registrando 63,02% e 61,43%, respectivamente em trabalho de Costa Júnior (2006). O mesmo comportamento foi observado em queijos

Cheddar fabricados com adição de proteínas de soro de leite comparado ao queijo controle, por Baldwin et al. (1985). No presente estudo este comportamento também foi observado nos tratamentos com adição de clp comparados ao queijo controle.

Em estudo com queijos Camembert tradicional Dias (2007), obteve valores de umidade de 52%. Valores entre 45,56% a 48,80% foram encontrados em Camembert fabricados no Brasil e na França avaliados em estudo de Pereira (2014).

O resultado da análise de contraste detectou diferença entre o tratamento controle e os demais tratamentos com mexedura da massa, sendo que o tratamento controle apresentou valor médio menor que os demais tratamentos juntos; mostrando que a adição de clp aumentou a umidade dos queijos em relação ao tratamento controle e a mesma análise realizada nos tratamentos sem mexedura da massa, mostrou que a adição de clp diminuiu a umidade dos queijos comparados ao controle.

A propriedade funcional de fixação de água das proteínas está relacionada, em parte, a sua composição aminoacídica, visto que os resíduos de aminoácidos com grupos carregados fixam mais água do que os resíduos não carregados e os apolares. Quanto mais elevado o número de resíduos de aminoácidos carregados maior a sua capacidade de hidratação (FENNEMA; PARKIN; DAMODARAN, 2010).

Na composição das proteínas do soro, estão presentes os aminoácidos carregados negativamente, como o ácido glutâmico, ácido aspártico, e os carregados positivamente, lisina, arginina e histidina (ALMEIDA et al., 2013) quando comparada à composição em aminoácidos da caseína que apresenta em sua maioria aminoácidos não carregados e não polares, sendo a lisina e histidina os únicos carregados positivamente (ROMAN; SGARBIERI, 2005). Infere-se que os maiores teores de umidade obtidos em tratamentos com adição de clp do

soro, podem estar relacionados à composição em aminoácidos destas proteínas que apresenta entre outros, aminoácidos carregados.

Outro fator, como a desnaturação das soroproteínas, que pode ocorrer durante os processos a que são submetidos, os clp nas etapas de sua obtenção, podem influenciar as propriedades funcionais das proteínas, afetando a conformação tridimensional, onde a transição da conformação globular compacta da molécula de proteína para a conformação aleatória resulta no aumento da área superficial disponível e exposição de peptídeos e cadeias laterais de aminoácidos, antes escondidos que, desta forma, podem interagir com a água (KINSELLA, 1982). Em particular, as proteínas do soro desnaturadas e altamente hidratadas podem obstruir a sinerese, de modo que menos água drena durante o processo de fabricação de queijos (LUCEY; GORRY, 1994).

A influência mais expressiva da composição do queijo no rendimento do mesmo é o teor de umidade, quanto maior o teor de água de um queijo melhor será o rendimento daquela respectiva fabricação, entretanto a elevação do teor de umidade é limitada pelas alterações paralelas que podem ocorrer no queijo, como a aceleração do processo de maturação (FURTADO, 1999), podendo surgir defeitos de textura e o aparecimento de sabores indesejáveis que podem descaracterizar o queijo.

5.5.2.4 Extrato seco

A análise de variância mostrou haver diferença estatística significativa na interação Mexedura*Tratamento ($p < 0,05$), ou seja, há dependência entre a mexedura e tratamentos, o que quer dizer que há influencia dos tratamentos na mexedura e da mexedura nos tratamentos. O desdobramento é apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 Teores médios de extrato seco dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamento CM	Média (%)	Tratamento SM	Média (%)
TC	50.24 Aa	TC	43.20 Ba
TL1	49.56 Ba	TL1	46.88 Aa
TL2	46.81Aa	TL2	46.56 Aa
TS1	40.70 Bb	TS1	46.16 Aa
TS2	40,41Bb	TS2	47.64 Aa
CV	3,64%		4,32%

TC: controle; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CM= com mexedura. SM = sem mexedura

Os resultados da análise do extrato seco concordam com os resultados obtidos para a umidade, os tratamentos com os menores teores de extrato seco (TS2 e TS1) foram os mesmos que apresentaram os maiores valores para a umidade nos tratamentos com a mexedura da massa. Entre os tratamentos sem mexedura os resultados também estão em acordo com os resultados da umidade, ou seja, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos.

5.5.2.5 Cinzas

A análise de variância mostrou não haver diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre as fabricações com e sem mexedura para a variável cinza, bem como entre os tratamentos ($p > 0,05$) e na interação Mexedura*Tratamento ($p > 0,05$), ou seja, não há dependência entre a mexedura e os tratamentos o que quer dizer que não há influencia dos tratamentos na mexedura e vice versa. O valor médio entre as fabricações com e sem mexedura foram 3,62% para a fabricação com mexedura e 3,0% para a fabricação sem a

mexedura da massa. Estes valores estão próximos aos obtidos em queijos Camembert tradicionais fabricados no Brasil e na França, em trabalho de Pereira (2014).

5.5.2.6 Glicídio redutor expresso em lactose

A interação Mexedura*Tratamento foi significativa ($p < 0,05$) para a variável lactose, ou seja, há dependência entre a mexedura e tratamentos o que quer dizer que há influência dos tratamentos na mexedura e vice versa. O desdobramento da interação está apresentado na Tabela 20.

Tabela 20 Teores médios de lactose dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamento CM	Média (%)	Tratamento SM	Média (%)
TS2	3.39 B a	TS2	4.79A a
TL2	3.50 A a	TL2	3.66 A bc
TC	3.55 A a	TC	3.35 B bc
TS1	3.70 B a	TS1	3.89 A bc
TL1	3.82 A a	TL1	3.61 B bc
CV	4,17%		4,78%

TC: controle; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CM= com mexedura. SM = sem mexedura

Foi observado que os teores de lactose foram influenciados pelos tipos de clp e pela não mexedura da massa, nestas condições, o TS2 adicionado de clp de soro, apresentou o maior teor em lactose. Observou-se ainda que, dentre os

clp as maiores médias para a lactose foram obtidas nos tratamentos adicionadas de clp de soro e, ainda nas fabricações sem mexedura, o tratamento controle foi o que apresentou o menor teor em lactose. A mexedura da massa não influenciou nos teores de lactose dos diferentes tratamentos.

Não foi observada neste estudo a relação de maiores taxas de umidade com os maiores valores de lactose nos tratamentos avaliados.

A maior parte da lactose do leite é perdida no soro como lactose ou lactato durante a fabricação do queijo, não apresentando influência direta no rendimento de fabricação de queijos. Este dissacarídeo tem importante papel na formação da textura e do pH final da massa do queijo. Como o queijo é um produto lácteo fermentado, uma característica-chave de sua fabricação é o metabolismo da lactose em lactato por culturas selecionadas de bactérias de ácido láctico e pela ação do *Penicilium*. O metabolismo do lactato é um dos fenômenos mais importantes na maturação de queijos como o Camembert. O fungo presente na superfície destes queijos metabolizam o lactato em CO₂ e água elevando o pH da superfície. Com a diminuição da concentração do lactato na superfície, ocorre a difusão deste, do centro para a superfície do queijo e também do fosfato de cálcio, soma-se a isso, a difusão do NH₃ para o interior da massa, elevando o pH do interior da mesma, propiciando a ação da plasmina, juntos, estes fatores concorrem para o amolecimento do interior da massa do queijo, característico do queijo Camembert (MCSWEENEY; FOX, 2004).

A fermentação completa da lactose é também importante no queijo para evitar o desenvolvimento de uma microbiota secundária indesejável (MCSWEENEY, 2004).

Alterações à matriz do queijo também podem influenciar as taxas de migração de compostos aromatizantes através da coalhada ou a libertação de compostos voláteis aromatizantes (ENGEL et al., 2001).

5.5.2.7 pH

Não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre as fabricações com e sem mexedura, entre os tratamentos ($p > 0,05$) e na interação Mexedura*Tratamento ($p > 0,05$) para a variável pH. Os valores médios obtidos estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 Valores médios de pH dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp nos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamento	Médias (%)
CM	4.70 a
SM	4.65 a

CM = com mexedura. SM = sem mexedura

A obtenção do pH 4,7 - 4,8 no queijo Camembert após 24 horas de fabricação é importante, indicando a formação suficiente de ácido láctico para o metabolismo e crescimento do *Penicillium*, bom grau de desmineralização da coalhada, além de ser fundamental no controle de contaminações que podem acometer o queijo durante o período de maturação (FURTADO, 2013).

O pH dos queijos estudados não sofreu influência significativa dos parâmetros avaliados e atingiram valores satisfatórios e compatíveis com esta fase de fabricação.

O pH do queijo afeta a textura da coalhada diretamente ao influenciar a solubilidade das caseínas e também afeta a textura e sabor indiretamente, influenciando na atividade de enzimas importantes na maturação e, no caso do coagulante, a retenção de enzima na coalhada durante a fabricação (CREAMER; LAWRENCE; GILLES, 1985; GARNOT; MOLLE; PIO, 1987; HOLMES; DUERSCH; ERNSTROM, 1977; STADHOUDERS; HUP; VAN DER WALLS,

1977; VISSER; SLANGEN, 1977). A retenção de coagulante na massa é maior quando o pH é mais baixo e com aumento do coagulante na massa, maior a influência na proteólise.

5.5.2.8 NaCl

A análise de variância indicou diferença estatística significativa ($p < 0,05$) na interação Mexedura*Tratamento, mostrando que há influência dos tratamentos na mexedura e vice versa nos teores de cloreto de sódio dos queijos. O desdobramento da interação está apresentado na Tabela 22.

Tabela 22 Teores médios de NaCl dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp nos desdobramentos de tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamento CM	Média (%)	Tratamento SM	Média (%)
TC	1.82 Aa	TC	1.83 Ad
TL1	1.82 Ba	TL1	2.00 Aa
TS1	1.72 Bb	TS1	1.96 Aab
TS2	1.50 Bc	TS2	1.92 Aab
TL2	1.25 Bd	TL2	1.86 Acd
CV	0,57%		1,64%

TC: leite padronizado; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CM= com mexedura. SM = sem mexedura

Os teores médios de cloreto de sódio dos tratamentos com e sem mexedura apresentaram diferenças entre si. Diversos fatores influenciam na absorção de sal no queijo, tais como: concentração de NaCl, teor de cálcio,

temperatura e pH da salmoura, tempo de salga, tamanho do queijo, pH, teor de umidade e de gordura do queijo (FURTADO, 1991; GUINEE; FOX, 1987). Observou-se que, embora os queijos tenham sido salgados em salmoura com teores de sal e temperatura iguais, os teores variaram. Não foi encontrada relação entre os maiores teores de umidade de cada tratamento, tipo de clp, níveis de extensão ou teor de gordura dos queijos com os teores de sal. Observou-se que os teores de sal dos tratamentos com mexedura, foram todos menores que os do tratamento sem mexedura, e, a mesma forma ocorreu em relação à umidade dos queijos nas fabricações com e sem mexedura da massa. Os teores de cloreto de sódio encontrados nos queijos estão abaixo do indicado por Furtado (2003), que é de 2,0 a 2,5%, com exceção do tratamento TL1 da fabricação sem mexedura da massa. Este foi o tratamento que nas fabricações com e sem mexedura apresentou os maiores teores de cloreto de sódio.

5.5.2.9 Sal na umidade

A análise de variância demonstrou haver diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para a interação Mexedura*Tratamento, ou seja, há dependência entre a mexedura e os tratamentos na porcentagem do sal na umidade. O desdobramento está apresentado abaixo na Tabela 23.

Tabela 23 Teores médios de sal na umidade dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp nos desdobramentos dos tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamento CM	Média (%)	Tratamento SM	Média (%)
TC	2,00 Aa	TC	1,76 Bc
TL1	1,98 Ba	TL1	1,88 Aa
TS1	1,68 Bc	TS1	1,85 Aa
TS2	1,67 Bc	TS2	1,90 Aa
TL2	1,88 Ab	TL2	1,83 Ab
CV	4,85%		2,58%

TC: leite padronizado; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CM= com mexedura. SM = sem mexedura

Neste estudo os tratamentos TC e TL1 com mexedura da massa apresentaram os maiores teores de sal na umidade e na fabricação sem mexedura, os tratamentos TS1, TS2 e TL1, que não apresentaram diferença estatística significativa entre si. Observou-se que o tratamento TL1 está entre os de maior teor de sal na umidade nas fabricações com e sem mexedura.

A atividade enzimática nos queijos é fortemente controlada pela presença de sal. Lipases e proteases são mais ativas em teores de 0,5 a 2,5% de sal na umidade. Neste estudo todos os tratamentos se enquadraram nestes percentuais.

Níveis mais elevados de sal retardam a maturação. Mudanças físicas das proteínas do queijo influenciam a textura, solubilidade e provavelmente a conformação da proteína. Teores de sal na umidade maiores que 5% favorecem a solubilização da caseína na maturação, devido a trocas entre cálcio e sódio. A proteína aumenta a sua interação com a água, tornando-a menos disponível para os processos bioquímicos provocando uma diminuição da atividade de água durante a maturação (COSTA et al., 2004 citado por DE PAULA;

CARVALHO; FURTADO, 2009; FOX et al., 2000; FOX; MCSWEENEY, 1998; WALSTRA et al., 1999).

5.5.3 Rendimento dos queijos tipo Camembert

5.5.3.1 Perda de gordura no soro - Método Técnico

A análise de variância indicou haver diferença estatística significativa ($p < 0,05$) na interação entre Mexedura*Tratamentos (Tabela 24), em relação à perda de gordura indicando dependência entre os fatores.

Tabela 24 Valores médios de perda de gordura no soro dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp nos desdobramentos dos Tratamentos dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamento CM	Média (%)	Tratamento SM	Média (%)
TL2	17,02 Aa	TL2	16,54 Aa
TS1	10,40 Aab	TS1	19,28 Aa
TL1	8,74 Bb	TL1	13,99 Aa
TS2	8,21 Bb	TS2	14,66 Aa
TC	6,56 Bb	TC	12,29Aa
CV	40,62%		23,12%

* TC: leite padronizado; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CM= com mexedura. SM = sem mexedura

No desdobramento da interação do tratamento com mexedura, observou-se maior porcentagem de perda de gordura no soro no tratamento TL2. Este tratamento foi também o que apresentou o menor teor de gordura no queijo e

maior teor de gordura no soro. A menor porcentagem de perda de gordura foi observada no tratamento TC que não apresentou diferença significativa em relação aos tratamentos TS2 e TL1. Foi observado neste resultado, uma tendência à diminuição da recuperação da gordura quando o nível de gordura da mistura foi menor e o da proteína maior (o tratamento TL2 foi fabricado com o maior teor de proteína e o menor teor de gordura e o tratamento TC com menor gordura e menor proteína). Resultado semelhante foi obtido por Caro et al. (2011), ao avaliar rendimento do queijo Ooxaca fabricado com utilização de leite desnatado ou de concentrado de proteína de leite em pó.

A recuperação da gordura no queijo depende de fatores relacionados à composição do leite e da manipulação mecânica durante o processo (CALLANAN, 1991). De acordo com Lucey e Kelly (1994), o tratamento mecânico do coágulo é um dos fatores que mais influenciam na recuperação da gordura do soro.

Entre os tratamentos sem mexedura não foram observadas diferenças significativas para as perdas de gordura, embora o menor valor de porcentagem de perda esteja em concordância com os maiores teores em gordura no queijo e menor teor de gordura no soro para o TC.

De acordo com Mietton (1991), a recuperação da gordura em queijo Camembert industrial está entre 93 a 95%. Dentre os resultados obtidos neste estudo, somente tratamento TC com mexedura da massa atingiu esta média.

5.5.3.2 Perda de proteína no soro - Método Técnico

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) em relação à perda de proteína ao realizar ou não a mexedura da massa do queijo, sendo as médias encontradas para os tratamentos com e sem mexedura 30,77 e 43,44, respectivamente. A análise de variância mostrou existir diferença estatística

significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos. A Tabela 25 apresenta os valores médios e o teste de Tukey para os tratamentos. Não houve efeito significativo de interação mexedura* tratamentos ($p > 0,05$), indicando independência entre os fatores.

Tabela 25 Valores médios de perdas de proteína no soro de queijo tipo Camembert fabricados com e sem clp com e sem mexedura da massa nos tratamentos. Teste de média de Tukey

Tratamento	Média (%)
TS2	51,37 a
TS1	38,97ab
TL1	33,26 b
TC	33,05 b
TL2	28,88 b
CV	23%

* TC: controle; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com α igual a 5% de probabilidade

A maior perda de proteína foi observada no tratamento TS2, adicionado de clp de soro. Pode-se relacionar este resultado à característica de maior solubilidade das proteínas do soro em relação às caseínas e com isso menor teor de proteína pode ter sido retido na massa.

Este resultado concorda com os obtidos para os maiores teores de proteína no soro e menores no queijo para este mesmo tratamento, TS2.

De acordo com Mietton (1991), a média de recuperação da proteína em fabricações de queijos Camembert industrial está entre 76% a 77%. Baseado nestas referências todos os tratamentos apresentaram menores taxas de aproveitamento deste componente, apresentando o tratamento TL2 o melhor

desempenho dentre todos os avaliados com 71,12% de taxa de recuperação de proteínas. O TC não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos TL1 e TL2.

A proteína presente no queijo é responsável pela retenção da maior parte da umidade do queijo, significando que perdas na proteína representam também perdas de umidade que seria retida na massa do queijo (VIOTTO; CUNHA, 2006).

Em processos tradicionais de fabricação, as proteínas perdidas no soro do queijo correspondem a proteínas do soro que não são atacadas pelo coagulante e perdas do caseinomacropéptido gerado após a quebra da k-caseína pela renina. Cerca de 3 a 4% das caseínas são perdidas pela ação da renina e perdas adicionais podem ocorrer, devido a fatores mecânicos que resultam na liberação de “finos” ou a fatores físico-químicos como a coagulação incompleta da massa ou pela ação de proteases bacterianas sobre as caseínas (CALLANAN, 1991).

5.5.3.3 Coeficiente GL

Não foram observadas influências da ação da mexedura ou não da massa no aproveitamento final de sólidos no queijo em relação a cada litro de leite trabalhado (Coeficiente GL), bem como da adição de diferentes clp e da interação entre estes fatores, pois a análise de variância mostrou que não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$) nestas avaliações.

Os valores médios obtidos para o coeficiente GL nos tratamentos com e sem mexedura da massa foram 76,88% e 84,93%, respectivamente.

A Tabela 26 apresenta os valores médios para o coeficiente GL em cada tratamento. As médias variaram entre 74,32% até 94,87%, embora não apresentem diferença estatística significativa entre si. Em trabalho de Costa

Júnior (2006), valores de coeficiente GL para queijo Frescal com adição de extensores foi de 68,98%, contra 59,16% em queijos fabricados sem extensores. Comparados aos valores obtidos neste estudo, de acordo com os dados apresentados na Tabela 26, todos os queijos com adição de clp e o queijo controle, apresentaram coeficientes GL superiores. De acordo com Furtado (1999), o coeficiente GL ideal deve ser determinado a cada fabricação, pois sofre influência da composição do leite (caseínas e gordura, em particular) e de todos os fatores da fabricação que podem alterar a composição final do queijo.

Tabela 26 Valores médios de coeficiente GL de queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp com e sem mexedura nos tratamentos. Teste de média de Tukey

Tratamentos	Média (%)
TL2	94,87a
TL1	84,34a
TS1	75,98a
TC	75,02a
TS2	74,32a
CV	15,78%

* TC: controle=leite padronizado; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com α igual a 5% de probabilidade

5.5.3.4 Rendimento L/kg

Não houve diferença estatística significativa ($p>0,05$) para o rendimento do queijo em L/kg ao se realizar ou não a mexedura da massa dos queijos. A média para a fabricação com mexedura foi 6,10 e para a fabricação sem mexedura foi 5,55. O mesmo comportamento foi observado ($p>0,05$) entre os tratamentos. Os valores médios e o teste de Tukey estão apresentados na Tabela

27. Não houve efeito significativo ($p>0,05$) de interação entre Mexedura*Tratamentos, indicando independência entre os fatores.

Tabela 27 Valores médios de rendimentos litros/kg dos tratamentos de queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp com e sem mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamento	Média (%)
TS2	6,27a
TC	6,24 a
TS1	5,88 a
TL1	5,81a
TL2	4,94 a
CV	19,23%

* TC: controle =leite padronizado; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico ; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico ; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico . Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

De acordo com Mietton (1991), o rendimento médio de fabricação para o queijo Camembert tradicional é de 6,66 a 7,14 L/kg e de 8,0 a 8,5 L/kg de acordo com Furtado e Lourenço Neto (1994). Os volumes gastos neste estudo foram inferiores em relação ao preconizado pelos autores, seja entre as fabricações com e sem mexedura ou entre os tratamentos, embora estes não tenham apresentado diferença estatística entre si. Mesmo não apresentando diferença estatística significativa no rendimento, o volume de leite gasto na fabricação do queijo no tratamento TL2 foi o menor dentre os demais, chegando as diferenças a 21,21% (entre o tratamento TS2), 20,7% (entre o tratamento TC), 7,33% (entre o tratamento TL1) e a 6,22% (entre o tratamento TS1).O tratamento TL2 foi o que apresentou ainda, a maior porcentagem de recuperação de proteínas (Tabela 25) e também a maior porcentagem de recuperação dos

sólidos (Tabela 26), embora para este último parâmetro não tenha apresentado diferença estatística significativa entre os demais tratamentos avaliados.

5.5.3.5 Rendimento em L/kg ajustado a 51% de umidade

Não foram observadas influências da ação da mexedura ou não da massa, bem como da adição de diferentes clp e da interação entre estes fatores, pois a análise de variância mostrou que não houve diferença estatística significativa ($p>0,05$) nestas avaliações para o rendimento do queijo em L/kg ajustado a 51%.

A média obtida nas fabricações com e sem mexedura foram respectivamente 6,64 e 5,90 L/kg. Os valores médios para os tratamentos estão apresentados na tabela 28.

Segundo Pamplona e Silva (2005), quanto maior a eficiência do processo, ou seja, quanto maior o aproveitamento final de sólidos no queijo em relação a cada litro de leite trabalhado (coeficiente GL), maior o rendimento ajustado L/kg. Este comportamento foi observado neste estudo, considerando que os maiores valores médios para o coeficiente GL e de rendimento em L/kg ajustado, foram obtidos no tratamento TL2, embora não diferente estatisticamente dos demais, conforme mostra a tabela 26.

O tratamento TL2 ainda apresentou rendimento maior (Tabela 28) em relação aos valores preconizados por Mietton (1991), para o queijo Camembert tradicional, que estão entre 6,66 a 7,14 litros/kg de queijo.

Tabela 28 Valores médios de rendimentos Litros/kg ajustado dos tratamentos de queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp com e sem mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamentos	Média (%)
TS2	7,03a
TS1	6,65a
TC	6,59a
TL1	5,85a
TL2	5,23a
CV	17,23%

*TC: controle = leite padronizado; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL1: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

De acordo com os dados da Tabela 29 pode-se inferir que o melhor rendimento obtido no tratamento TL2, em ambas as avaliações de rendimento L/kg e L/kg ajustado, está relacionado ao maior aproveitamento de sólidos, pois ao avaliar o rendimento com ajuste de umidade, este tratamento ainda apresentou maior rendimento, embora não tenha diferença estatística entre os demais e ainda, foi o tratamento com maior porcentagem de transferência de proteínas. O mesmo resultado foi observado no tratamento TL1 com a segunda maior porcentagem de transferência de sólidos.

Tabela 29 Valores médios de rendimentos da fabricação dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp, com e sem mexedura da massa

Parâmetros	Tratamento*				
	TC	TL1	TS1	TS2	TL2
Rendimento em L/kg	6,24a	5,81a	5,88a	6,27a	4,94a
Rendimento em L/kg ajustado	6,59a	5,85a	6,65a	7,03a	5,23a
Perda de proteína no soro(%)	33,05 b	33,26b	38,97 ab	51,37 a	28,88 b
Perdade gordura no soro(%)	**6,56 b	**8,74b	**10,40 ab	**8,21b	**17,02 a
	***12,29a	***13,99a	***19,28a	***14,66a	***16,54a
Transferência de sólidos totais(%)	75,02a	84,34a	75,98a	74,32a	94,87a
Umidade(%)	**49,75b	**50,43b	**59,2a	**59,59a	**53,18b
	***56,79a	***53,12a	***53,83a	***52,36a	***54,43a

*TC: controle = leite padronizado; TL1: leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico; TS1: leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico; TS2: leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico; TL2: leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** Fabricação com mexedura da massa *** Fabricação sem mexedura da massa

5.5.4 Avaliações dos queijos tipo Camembert durante a maturação

5.5.4.1 pH

A análise de variância mostrou não haver diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre as fabricações com e sem mexedura para a variável pH, bem como entre os tratamentos; nas interações Mexedura*Tratamento,

Tempo*Tratamentos, e para a interação Mexedura*Tempo e Mexedura*Tratamento*Tempo.

Houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os valores de pH ao longo do tempo.

Ao se realizar a análise de regressão para o tempo, ambas as equações, linear e quadrática, podem explicar os dados. Ambos os modelos apresentaram estimativas significativas, no entanto, o modelo quadrático apresentou um valor de R^2 maior que o modelo linear, sendo então este o modelo mais indicado para descrever os dados.

O gráfico da Figura 2 apresenta o comportamento do pH dos queijos durante o período de maturação.

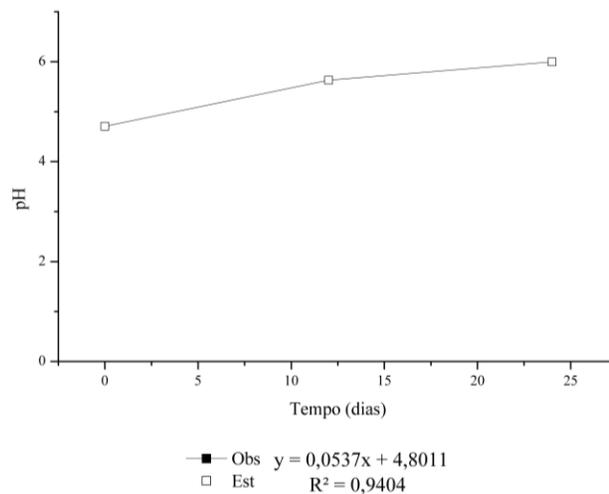


Figura 2 Gráfico representativo do comportamento do pH dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp, com e sem mexedura nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação

O pH apresentou elevação durante o período de maturação. Este comportamento é característico dos queijos maturados por fungos na superfície, devido à ação do *Penicillium camemberti*, que cresce e consome a lactose

favorecendo a neutralização da massa, representando importante papel na maturação do queijo, possibilitando o estabelecimento de bactérias sensíveis ao ácido e adaptadas ao sal na superfície, contribuindo para o desenvolvimento do sabor tradicional do queijo. A ação de enzimas envolvidas na maturação também é favorecida, pois, possuem pH ótimo de ação próximo à neutralidade, como a plasmina que age melhor em pH próximo de 8. Ocorre a formação de diferentes gradientes de pH que é maior na casca e diminui em direção ao centro do queijo e favorece a migração de minerais da coalhada, o lactato migra do centro para a superfície do queijo, onde é utilizado como fonte de carbono pelo *Penicillium camemberti* (FURTADO, 2013). Toda esta dinâmica relacionada ao pH durante a maturação é fundamental para o desenvolvimento das características de sabor e textura do queijo Camembert e observou-se que a adição de diferentes clp não afetou o padrão desejável deste comportamento do pH durante o período de maturação avaliado.

Os valores obtidos para essa característica durante o período de maturação foram próximos aos dos queijos Camembert avaliados por Dias (2007), com os mesmos tempos de armazenagem. Valor menor foi obtido em queijo Camembert, com 14 dias de maturação (4,94), avaliado por Lima, Goulart e Oliveira (2010), comparado ao obtido neste estudo no mesmo período que foi de aproximadamente 5,5.

5.5.4.2 Umidade, proteína e gordura

A análise de variância mostrou não existir diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre as fabricações com e sem mexedura da massa para as variáveis: umidade, proteína e gordura avaliadas no tempo de maturação; entre os tratamentos e nas interações Mexedura*Tempo, Mexedura*Tratamento, Tempo*Tratamento e entre Mexedura*Tratamento*Tempo.

5.5.4.3 Determinação da proteólise

5.5.4.3.1 Índice de extensão da proteólise (IEP)

A análise de variância mostrou haver diferença estatística significativa ($p < 0,05$) no IEP somente ao longo do tempo de maturação.

Na análise de regressão para os modelos linear e quadrático, ambos se aplicam aos dados e ao se avaliar os parâmetros e o R^2_{aj} para escolha do modelo; todos os parâmetros dos modelos foram significativos e válidos, sendo que o R^2_{aj} do modelo quadrático foi maior que o do linear sendo então este o modelo mais indicado para descrever os dados ao longo do tempo.

A Figura 3 apresenta o IEP dos queijos ao longo do tempo de maturação e o que se observou foi um aumento do IEP neste período.

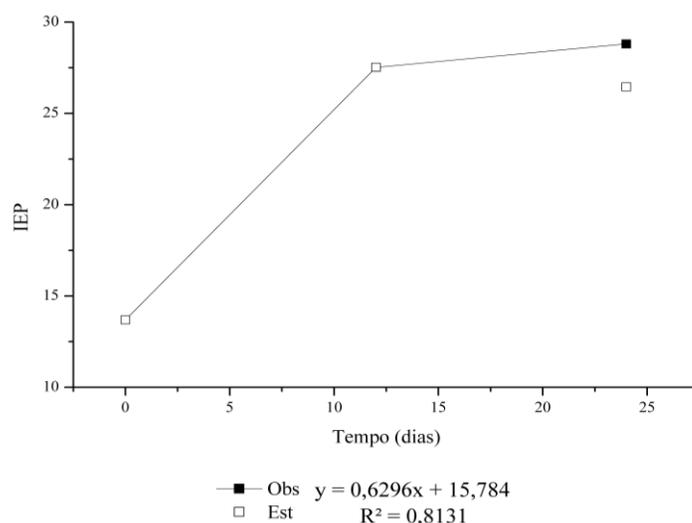


Figura 3 Gráfico representativo do IEP dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp com e sem mexedura da massa nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação

O aumento da proteólise durante a maturação é um comportamento esperado. De acordo com Furtado (2013), o índice de maturação e o pH evoluem no mesmo sentido à medida que o queijo matura, e esta afirmação foi confirmada neste estudo. O fenômeno da proteólise é dependente do pH, ainda segundo o mesmo autor. As características de textura dos queijos são afetadas pela proteólise, pois essa promove alterações estruturais devido à quebra da rede proteica responsável pela integridade da matriz (DELGADO et al., 2011).

A extensão da proteólise é um fator indicativo da proteólise primária que ocorre principalmente pela ação proteolítica do coalho sobre a α_1 -caseína e, em menor escala, sobre a β -caseína, dando origem a peptídeos de alta e média massa molecular (FOX, 1989).

Fatores como a estrutura e o acesso aos sítios de clivagem das caseínas na matriz do queijo, a composição do queijo, principalmente a umidade, o teor de sal e o pH do queijo e também a temperatura de maturação, determinam a velocidade e a extensão da proteólise (FARKYE, 1995; FOX et al., 1993; SCOTT; ROBINSON; WILBEY, 1998). O comportamento semelhante da umidade e do pH dos tratamentos no período de maturação, pode ter sido um fator que contribuiu para o comportamento uniforme da proteólise, entre os tratamentos, conforme apresentado no gráfico da figura 3.

Valores próximos aos obtidos para o IEP neste estudo foram encontrados por Dias (2007), em estudo com queijos Camembert fabricados com diferentes concentrações de *Geotrichum candidum* e o mesmo comportamento, com influência do tempo no aumento da porcentagem do índice de maturação. Costa Júnior (2006), ao avaliar o IEP em queijo Minas frescal adicionados de extensores proteicos obteve valores médios próximos ao encontrado neste estudo no tempo zero de maturação. Os valores dos demais tempos avaliados foram menores, considerando-se que o período de avaliação em dias, foi menor que o do presente estudo.

5.5.4.3.2 Índice de profundidade da proteólise (IPP)

A análise de variância para o IPP mostrou não haver diferença estatística significativa para a mexedura ($p>0.3777$); para o tempo de maturação ($p>0.5574$); para os tratamentos ($p>0.6076$); para as interações Tempo*Tratamentos ($p>0.9398$); Tempo*Mexedura ($p>0.3924$); Tratamento*Mexedura ($p>0.9108$), Mexedura*Tratamento*Tempo ($p>0.5221$), ou seja, não houve efeito de nenhum desses fatores no IPP dos queijos avaliados.

Em trabalho de Dias (2007), na avaliação do IPP do queijo Camembert tradicional, o tempo influenciou de forma significativa no aumento deste índice em todos os tratamentos avaliados e este aumento foi observado nos primeiros dias de maturação para todos os tratamentos.

As mudanças na proteólise do queijo podem ser caracterizadas também pela relação entre o nitrogênio solúvel em TCA (ou nitrogênio não protéico - NNP) e nitrogênio total, que se refere ao grau de quebra de moléculas de proteínas que são decompostas por proteinases e peptidases provenientes de bactérias ácido-láticas da cultura “starter” ou não iniciadora e da microbiota secundária predominantemente em peptídeos grandes em componentes menores, entre os quais estão os aminoácidos, oligopeptídeos e aminas, acumulados durante o processo a partir dos quais vão ser formados compostos aromáticos voláteis e não voláteis essenciais para a produção de aroma e sabor. Estes compostos responsáveis pelo sabor são liberados durante a mastigação. (UPADHYAY et al., 2004; WALSTRA et al., 1999; WOLFSCHOON-POMBO, 1983).

5.5.4.4 Perfil de textura dos queijos tipo Camembert

5.5.4.4.1 Dureza

Para a variável dureza, a análise de variância mostrou haver diferença estatística significativa na interação tripla Mexedura*Tratamento*Tempo. No desdobramento de interação Tempo dentro de cada nível de Mexedura e Tratamento, foi detectada diferença nos valores de dureza de todos os tratamentos ao longo do tempo nas fabricações com e sem mexedura. As equações lineares e quadráticas foram significativas e válidas em todos os modelos. O modelo quadrático apresentou valores de R^2_{aj} maiores que o do modelo linear, sendo então este, o modelo mais indicado para descrever os dados ao longo do tempo para todos os tratamentos com e sem mexedura. Os gráficos que representam os tratamentos com e sem mexedura da massa estão apresentados na (Figura 4).

Independente do tipo de proteína adicionada, a dureza diminuiu quando os queijos foram fabricados sem mexedura, confirmando a influência da mexedura no parâmetro de dureza dos queijos.

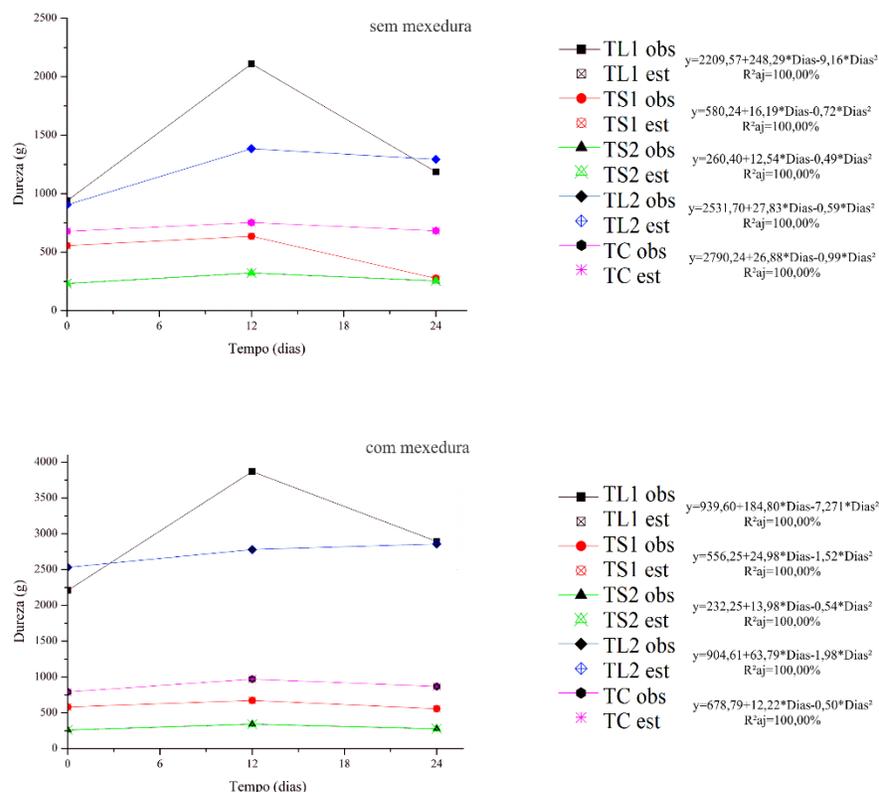


Figura 4 Gráficos representativos da análise do parâmetro de dureza dos tratamentos sem e com mexedura de queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp avaliados nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação. TC: leite padronizado; TL1: clp do leite; TS1: clp do soro; TS2: clp do soro; TL2: clp do leite

De acordo com Alvarenga (2000), Machado (2003), Nollet e Toldrá (2010) e Ribeiro (1998), a dureza de queijos aumenta com o teor de proteína, mas elevados teores de água provocam a sua diminuição. No presente estudo os tratamentos que apresentaram os maiores valores finais de dureza, o TL2 sem mexedura e TL1 com mexedura, foram os que apresentaram maiores teores de proteína e estão entre os que apresentaram os menores teores de umidade, concordando com os autores acima citados, sendo a firmeza proporcional ao teor de caseínas (JACK; PATERSON, 1992).

O comportamento observado durante o tempo de maturação para todos os tratamentos com e sem mexedura foi de aumento da dureza até o décimo segundo dia, com diminuição até o vigésimo quarto dia, exceto para o tratamento TL2 com mexedura, onde a dureza apresentou ligeiro aumento, considerando-se ainda que este tratamento apresentou o menor teor de gordura extrato seco. Uma justificativa provável para estas observações é que durante a maturação de muitos tipos de queijos, a matriz proteica, inicialmente com textura granular, é convertida a uma estrutura mais ligada, com uma massa homogênea, sendo que o amaciamento e o amolecimento da massa ocorrem devido à proteólise da caseína α_1 , pela ação da quimosina (KATSIARI et al., 1997, 1998), embora não seja este o único fator (SOARES, 2013). Essa característica foi também descrita por Cramer e Olson (1982) em queijos, logo após a fabricação, definidos como firme, com textura “borrachenta” devido à formação de interações hidrofóbicas da α caseína com outras caseínas. A diminuição da dureza entre o 12º e o 24º dia foi observada e pode ser relacionada à ação das enzimas do coalho sobre as α_1 caseínas.

Outro fator de importância durante a maturação sobre a textura do queijo são as alterações de pH, facilmente demonstrada por queijos com a superfície maturada por fungos, como Camembert. No presente estudo, até o décimo segundo dia o pH passou de 4,7 a 5,2 e neste mesmo período, a dureza dos queijos aumentou, registrando a diminuição dos valores deste parâmetro a partir do aumento do pH para 5,2 até o período final de maturação, quando o valor médio do pH foi 6,0. O mesmo comportamento foi observado por Lawrence, Creamer e Gilles (1987), em trabalho com desenvolvimento de textura de queijos durante a maturação em queijo Camembert. Inicialmente, quando o pH do queijo foi de 4,7 foi observada a degradação da α_1 -caseína e a textura apresentou-se friável. A caseína foi degradada a um pH de 4,7, no entanto, o amolecimento ocorreu logo que o pH subiu para cerca de 5,2. Depois de cerca de

24 dias de maturação, quando o pH no centro tinha aumentado para cerca de 5,2, a textura ao longo de todo o queijo apresentou-se mais suave.

O papel do fungo, no queijo Camembert é, essencialmente, determinar um gradiente de pH, mas, além disso, configurar um gradiente de mineral. O conteúdo de cálcio e o fósforo de Camembert é inicialmente uniforme em todo o queijo, mas com a maturação, uma grande parte dos minerais migra rapidamente para a superfície do queijo (LE GRAET et al., 1983). Ainda foi observado por Lawrence, Creamer e Gilles (1987), que cerca de 75% do cálcio e 33% do fosfato migraram do centro do queijo Camembert à superfície em 17 dias. Parece provável, então, que a migração do cálcio para a crosta acelera ainda mais o amolecimento do interior do queijo (GEURTS; MOLLE; PIO, 1972).

Observou-se que os tratamentos com adição de clp do leite tiveram a dureza aumentada em relação ao queijo controle independente da mexedura e os tratamentos com adição de clp do soro tiveram a dureza diminuída em relação ao queijo controle. Este comportamento pode estar relacionado com uma das principais características de funcionalidade das proteínas do soro que inclui a forte interação com água. Esta característica funcional não depende somente da composição, mas também dos vários processos a que são submetidos os concentrados lácteos proteicos de soro durante a fabricação (WIT et al., 1998). A desnaturação altera, de acordo com Araújo (1995), várias propriedades importantes das proteínas, do ponto de vista da tecnologia de alimentos. A desnaturação das soroproteínas afeta a conformação tridimensional e as características funcionais das mesmas que podem afetar a termodinâmica de ligação com a água resultando na exposição de peptídeos e cadeias laterais de aminoácidos, antes escondidos que, desta forma, podem interagir com a água (KINSELLA, 1982).

5.5.4.4.2 Adesividade

A adesividade é o trabalho necessário para vencer as forças de atração entre a superfície do alimento e as superfícies com as quais este entra em contato (NOLLET; TOLDRÁ, 2010).

Houve diferença estatística significativa entre as fabricações com e sem mexedura para a variável adesividade. Verificou-se que na fabricação com mexedura os queijos apresentaram o maior valor médio (em módulo) para adesividade, de acordo com a Tabela 30.

Tabela 30 Valores médios para adesividade dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp dentro dos níveis de mexedura. Teste de média de Tukey

Tratamento	Médias (%)
CM	-231,85 a
SM	-127,67 b

CM = com mexedura. SM = sem mexedura

No parâmetro da adesividade não houve uma correlação positiva entre o maior valor observado em fabricações com mexedura, com outros parâmetros possíveis para promover esta diferença entre as fabricações, como teor de gordura, níveis de dureza e extrato seco. Pereira (2014), ao avaliar o perfil de textura de queijos Camembert tradicionais de origem brasileira e francesa, obteve resultados semelhantes.

No desdobramento da interação Tempo* dentro de cada Tratamento* verificou-se diferença nos valores de adesividade dos tratamentos TS1 e TC ao longo do tempo independente da mexedura. Nos estudos das equações que explicam cada fenômeno, foram testadas as equações lineares e quadráticas. Os demais desdobramentos não foram significativos, deste modo não apresentaram

influência ao longo do tempo para os tratamentos TL1, TS2 e TL2, por isso não há equações que expliquem o fenômeno para estes desdobramentos.

Na análise de regressão de cada tratamento ao longo do tempo para a variável adesividade, os modelos quadrático e linear se aplicam para os TS1 e TC, respectivamente. Os demais modelos testados não se aplicam aos referidos tratamentos. A seguir está apresentado o gráfico para o parâmetro adesividade (Figura 5).

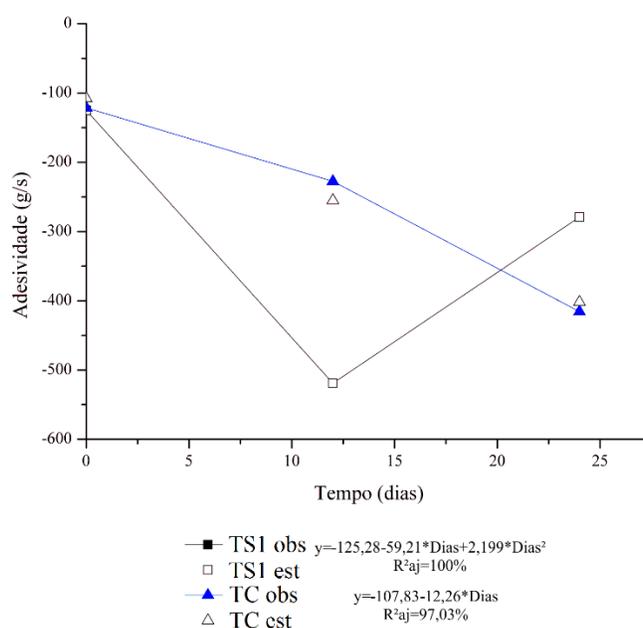


Figura 5 Gráfico representativo da análise de adesividade dos tratamentos sem e com mexedura de queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp avaliados nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação. TS1: clp do soro; TS = TC leite padronizado (Controle)

A adesividade aumentou para ambos os tratamentos (TS1 e TC) ao final do período de maturação, sendo o maior aumento registrado no TC. O comportamento do TS1 obedeceu a um padrão esperado já que ao diminuir a dureza, a tendência da adesividade é aumentar.

Souza (2014), ao avaliar queijos processados adicionados de WPC (clp de soro) e MPC (clp de leite) o maior valor atingido para a adesividade foi o produto com maior teor de MPC, ou seja, quanto maior a proporção de caseínas maior o valor obtido para adesividade. No presente estudo, o TC pode ter contado também com maior teor em caseína em relação ao TS1, adicionado de clp de soro, resultando em maior valor de adesividade para o tratamento controle.

Na análise de contraste entre o TC e os demais tratamentos com e sem mexedura houve diferença entre o tratamento controle com mexedura e os demais. O TC apresentou maior média que os demais tratamentos juntos, indicando que a adição de clp não aumentou a adesividade dos queijos em relação ao TC, já para os tratamentos sem mexedura não houve diferença entre o TC e os demais, indicando que a adição de clp não alterou a adesividade dos tratamentos sem mexedura.

5.5.4.4.3 Elasticidade

Houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para o parâmetro elasticidade na interação Mexedura*Tratamento*Tempo. No desdobramento da interação tempo dentro de cada nível de mexedura e tratamento, houve diferença nos valores de elasticidade entre todos os tratamentos ao longo do tempo nas fabricações com e sem mexedura. Foram realizados estudos das equações que explicam cada fenômeno e foram testadas as equações lineares e quadráticas.

Os modelos, linear e quadrático nos desdobramentos da fabricação com mexedura referente aos tratamentos TS2, TL2 TC ao longo do tempo, se aplicam aos dados. Já para os desdobramentos referentes aos tratamentos TL1 e TS1, apenas o modelo quadrático se aplicou então, serão apresentado os referidos modelos para estes tratamentos. Na escolha do modelo mais adequado para cada

tratamento, o modelo quadrático apresentou valores de R^2_{aj} maiores que os do modelo linear sendo então este, o modelo mais indicado para descrever os dados ao longo do tempo para os tratamentos (TL1, TS1, TL2 e TC) com mexedura e o modelo linear para o tratamento TS2.

Na análise de regressão para a fabricação sem mexedura e cada tratamento ao longo do tempo, os modelos, linear e quadrático se aplicam aos dados, exceto para o TL2 que apresentou apenas o modelo linear significativo. Na avaliação para escolha do modelo mais adequado para cada tratamento; os parâmetros dos modelos lineares foram significativos e válidos exceto para o TS2 e os parâmetros dos modelos quadráticos foram também significativos e válidos, exceto para os TL1 e TC. Para os TS1, TS2 e TL2 o modelo quadrático apresentou-se melhor e para os TL1 e TC o modelo linear como melhor.

A seguir são apresentados os gráficos para os tratamentos com e sem mexedura da massa (Figura 6).

Dentre os tratamentos fabricados com mexedura da massa, o tempo de maturação não influenciou de uma forma padrão, a elasticidade. Observou-se, a diminuição da elasticidade até o 12º dia e aumento até o 24º dia de maturação, nos tratamentos TS1, TL2, e TC, com registros de aumento deste parâmetro em relação ao valor inicial e aumento da elasticidade durante todo o período de maturação no tratamento TS2. O tratamento TL1 apresentou comportamento inverso aos demais, aumentou até o 12º dia de maturação e diminuiu a elasticidade até o 24º dia, até valores próximos aos iniciais. Normalmente, a matriz é elástica quando a caseína é largamente intacta, mas esta elasticidade é perdida à medida que a proteólise ocorre durante a maturação do queijo. Esta relação inversa, normal entre proteólise e elasticidade, não foi observada nos tratamentos com mexedura, onde todos os queijos apresentaram o mesmo comportamento em relação à proteólise, que aumentou com o tempo, e a

elasticidade também aumentou até o final da maturação em relação aos valores iniciais.

Em trabalho de Lawrence, Creamer e Gilles (1987) e de Silva (2006), ao avaliar os parâmetros de textura do queijo Prato, fabricado com *Lactobacillus casei* como cultura adjunta e com reduzido teor de gordura, registraram que o queijo mais proteolísado, foi o que apresentou menor elasticidade.

Entre os queijos fabricados sem mexedura, a elasticidade final diminuiu entre os TL1, TS1 e TC e manteve-se próxima à elasticidade inicial nos tratamentos TS2 e TL2, mostrando que o tempo, na fabricação sem mexedura não influenciou igualmente na elasticidade, mas houve uma tendência à diminuição deste parâmetro até o final da maturação. A diminuição da elasticidade é consequência da tendência à quebra proteolítica da matriz de caseína, que é a principal responsável pela rigidez do queijo, cujo desdobramento é naturalmente esperado durante a maturação resultando em queijos menos flexíveis (TUNICK et al., 1993).

Durante o período de maturação os tratamentos não apresentaram um padrão em relação à elasticidade, quando avaliado entre os tipos de proteínas e aos níveis de extensão bem como entre os níveis de mexedura.

Os maiores valores finais de elasticidade nas fabricações com e sem mexedura foram obtidos nos tratamentos TS2 e TL2, respectivamente, mostrando que estes queijos podem apresentar a maior porcentagem de recuperação da sua forma original quando deformados por ação de forças externas, quando a ação externa é removida (BOURNE, 2002).

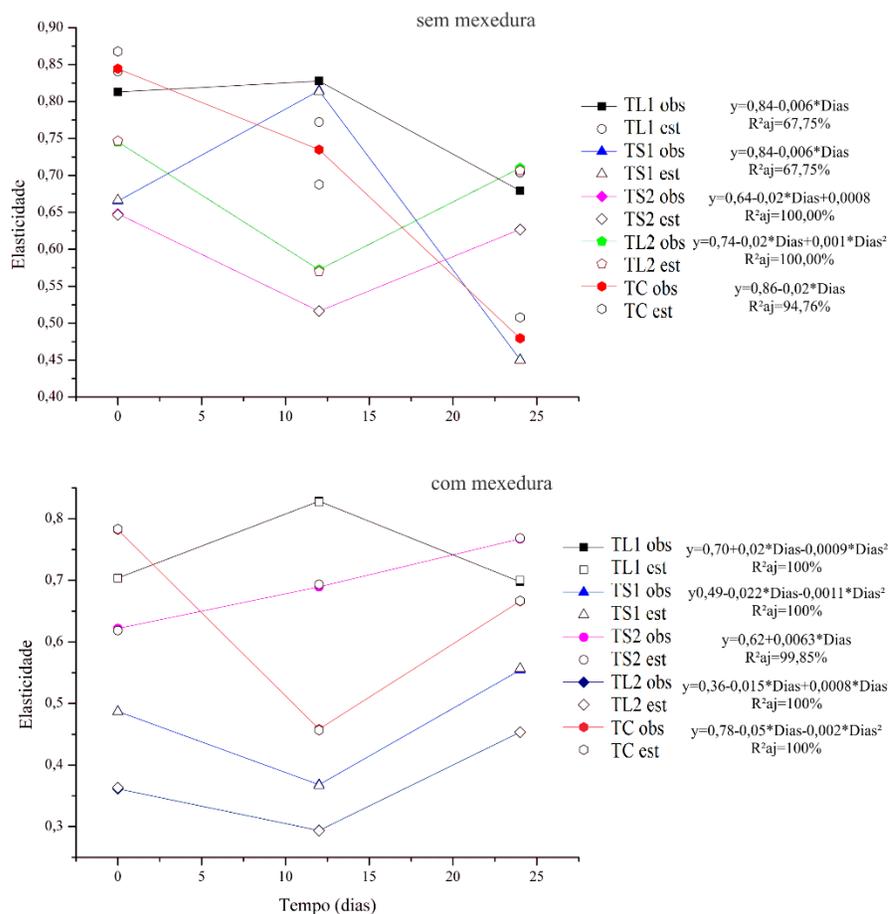


Figura 6 Gráficos representativos da análise de elasticidade dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp sem e com mexedura avaliados nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação. TC: leite padronizado; TL1: clp do leite; TS1: clp do soro; TS2: clp do soro; TL2: clp do leite

O menor valor de elasticidade foi obtido no TL2, com mexedura e este obteve também o maior teor em proteínas, o maior valor de dureza e a menor diminuição no valor de dureza em relação a todos os outros tratamentos com mexedura e ao seu similar fabricado sem mexedura, caracterizando o tratamento

com a menor capacidade de recuperação de sua forma original quando submetidos a uma tensão (SILVA, 2013).

Ao se realizar a análise de contraste entre o tratamento controle e os demais tratamentos com e sem mexedura da massa, verificou-se diferença entre o tratamento controle e os demais tratamentos, sendo que o tratamento controle apresentou maior média que os demais tratamentos juntos; ou seja, a adição de clp diminuiu a elasticidade dos queijos fabricados com ou sem mexedura da massa, em relação ao tratamento controle.

5.5.4.4 Coesividade

A análise de variância mostrou haver diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para a variável coesividade na interação Mexedura*Tratamento*Tempo. O resultado do desdobramento da interação mostrou que há diferença nos valores de coesividade dos tratamentos ao longo do tempo nas fabricações com e sem mexedura. Nos estudos das equações que explicam cada fenômeno, foram testadas as equações lineares e quadráticas, exceto para o desdobramento de tempo dentro da fabricação sem mexedura referente ao TS2, pois, apresentou-se não significativo e por este motivo não será apresentado.

De acordo com a análise de regressão para a fabricação com mexedura em cada tratamento ao longo do tempo, o modelo quadrático apresentou valores de R^2_{aj} maiores que os dos modelos lineares sendo então este o modelo mais indicado para descrever os dados ao longo do tempo para os tratamentos (TL1, TS1, TS2 e TC) com mexedura e o modelo linear para o tratamento TL2.

A análise de regressão para a fabricação sem mexedura em cada tratamento ao longo do tempo mostrou que o modelo linear foi significativo para o T4 e o modelo quadrático se aplicam aos demais tratamentos. Na avaliação dos

ajustes dos modelos aos dados de coesividade, os parâmetros dos modelos lineares e quadráticos foram significativos e válidos exceto para o TS2 que não apareceu por ser não significativo. O modelo quadrático apresentou-se como o melhor. A seguir são apresentados os gráficos para os tratamentos sem e com mexedura (Figura 7).

Os valores iniciais e finais da coesividade dos tratamentos fabricados com mexedura foram maiores dos que os tratamentos fabricados sem mexedura. Pode-se inferir que a mexedura influenciou na coesividade dos tratamentos, pois a mexedura da massa é a etapa em que ocorre a expulsão do soro e a contração do grão, assim a massa vai adquirindo maior consistência (FURTADO, 1999). A taxa e extensão da sinérese são influenciadas por vários fatores, entre eles, o tempo de mexedura da mistura coalhada-soro (FOX et al., 2000).

Observou-se que os maiores valores de coesividade nos tratamentos com e sem mexedura foram registrados nos tratamentos com menores valores de umidade, o TL2. O TL2 com mexedura foi o que apresentou o maior valor de coesividade, menor valor de elasticidade e maior valor de dureza, isto é, possui maior força das ligações internas, e assim maior resistência à desintegração estrutural. Como o TL2 foi fabricado com adição de clp do leite, pode-se inferir que o aumento na concentração de caseínas do leite seja um dos fatores principais da firmeza do gel (ALAIS, 1965).

Foi possível relacionar ainda, a composição do queijo com menor teor em proteína e maiores teores de gordura e umidade, com o menor valor da coesividade, registrada no tratamento TC, sem mexedura da massa, sugerindo a relação da água e gordura juntas como lubrificante entre os agregados de proteínas (FOX et al., 1998).

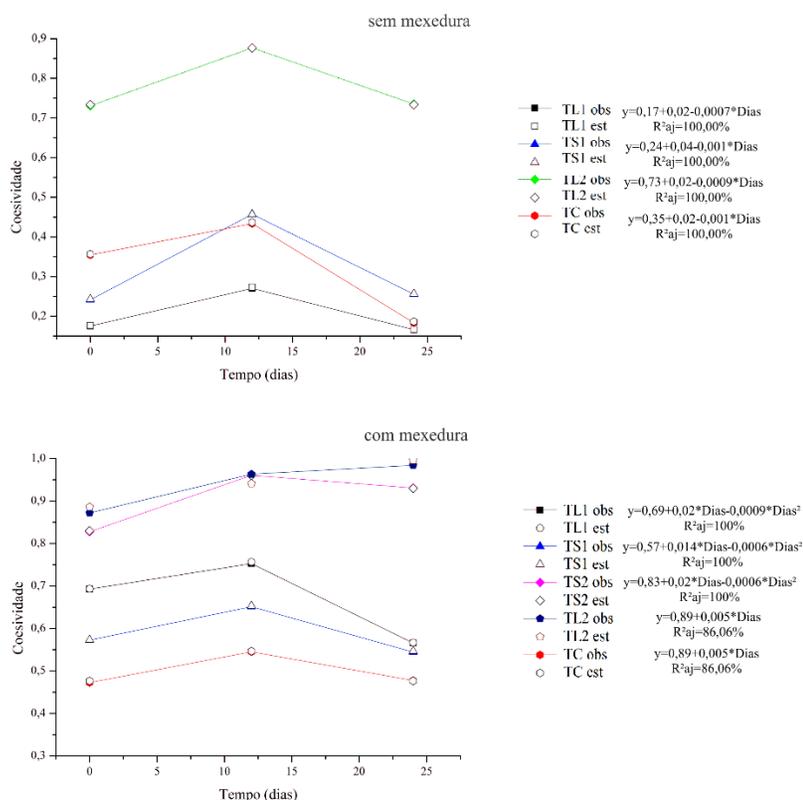


Figura 7 Gráficos representativos da análise de coesividade dos tratamentos sem e com mexedura de queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp avaliados nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação. TC: leite padronizado; TL1: clp do leite; TS1: clp do soro; TS2: clp do soro; TL2: clp do leite

O tempo influenciou de forma semelhante todos os tratamentos, com e sem mexedura. Até o 12º dia de maturação percebeu-se um aumento deste parâmetro. Possivelmente devido à perda de água livre por evaporação, pois os queijos ficaram fora da embalagem até o 9º dia de maturação, embora em condições de umidade controlada. Do 12º até o 24º dia de maturação a coesividade diminuiu, exceto no TL2 com mexedura.

Observou-se durante todo o período de maturação, aumento nos valores da coesividade nos tratamentos TL2 e TS2 ambos com mexedura da massa. Somente estes mesmos tratamentos apresentaram valores de coesividade finais superiores aos valores iniciais.

A coesividade pode ser definida como uma medida da força das ligações entre as proteínas (TUNICK, 2000). Os queijos mais coesos obviamente são os que exigem maior força necessária para alcançar determinada deformação do ponto de vista mecânico. Dentro desta perspectiva a menor coesividade do TC com mexedura, pode indicar que as forças das ligações das proteínas diminuíram com o passar do tempo, relacionando-se este resultado ao fato deste tratamento não ter sido adicionado de clp, podendo assim, ser mais facilmente deformado, antes da ruptura, em função do menor teor de proteínas.

Os valores da coesividade dos queijos com e sem mexedura estão próximos aos obtidos por queijos Camembert tradicionais, fabricados no Brasil e na França no inverno e verão de 2013 e no verão de 2014, em trabalho de Pereira (2014).

Ao se realizar a análise de contraste entre o TC e os demais tratamentos com e sem mexedura da massa, houve diferença entre estes em relação à coesividade, sendo que o TC apresentou-se menor em média aos demais, ou seja, a adição dos clp aumentou a coesividade dos queijos em relação ao TC.

5.5.4.4.5 Mastigabilidade

De acordo com a análise de variância houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) na interação entre Mexedura*Tratamento*Tempo. No resultado do desdobramento de interação Tempo dentro de cada nível de Mexedura e Tratamento, foi observada diferença nos valores de mastigabilidade dos tratamentos ao longo do tempo nas fabricações com e sem mexedura, exceto

para os desdobramentos de tempo dentro da fabricação sem mexedura para os tratamentos T2 e T3. Nos estudos das equações que explicam cada fenômeno, foram testadas as equações lineares e quadráticas, exceto para os desdobramentos que foram não significativos.

Na análise de regressão para as fabricações com mexedura e cada tratamento ao longo do tempo os modelos, linear e quadrático se aplicam nos desdobramentos referentes aos tratamentos T3 e T4 e para os desdobramentos referentes aos tratamentos T1, T2, e TC apenas o modelo quadrático se aplica, sendo assim apresentado somente este modelo. Na análise de ajuste dos modelos aos dados de mastigabilidade ao longo do tempo, na fabricação com mexedura para cada tratamento, os parâmetros foram significativos para os modelos, exceto para o modelo quadrático do T4 em com mexedura ao longo do tempo. Os modelos quadráticos são os melhores para descrever os dados referentes aos tratamentos T1, T2, T3 e TC com mexedura ao longo do tempo e o modelo linear para o T4.

De acordo com a análise de regressão para as fabricações sem mexedura em cada tratamento ao longo do tempo, o modelo quadrático se aplica aos dados, já os modelos lineares foram não significativos e não se aplicam. Na avaliação dos ajustes dos modelos aos dados de mastigabilidade ao longo do tempo, na fabricação sem mexedura, para cada tratamento, com seus respectivos p-valor e R^2_{aj} , os parâmetros dos modelos quadráticos foram significativos e com R^2_{aj} elevado indicando boa qualidade no ajuste aos dados. A seguir são apresentados os gráficos dos tratamentos das fabricações sem e com mexedura, destacando-se que os T2 e T3, das fabricações sem mexedura não aparecem, pois o desdobramento foi não significativo (Figura 8).

A mastigabilidade é a energia requerida para desintegrar um alimento sólido até o ponto de ser engolido (GUNASEKARAN; AK, 2003). É considerado um parâmetro secundário obtido a partir dos parâmetros:

gomosidade x elasticidade (ALVARENGA, 2000; MACHADO, 2003; NOLLET; TOLDRÁ, 2010; RIBEIRO, 1998).

Analisando a mastigabilidade nas fabricações com e sem mexedura, os maiores valores iniciais deste parâmetro foram obtidos nos tratamentos com mexedura, podendo-se inferir que o processo de mexedura aumenta o valor da mastigabilidade. Pode-se relacionar este comportamento à perda de umidade provocada pela maior sinérese que é facilitada quando os queijos são submetidos à esta etapa, promovendo maior firmeza dos grãos da coalhada.

A adição de L2 promoveu maior impacto no aumento da mastigabilidade dos queijos.

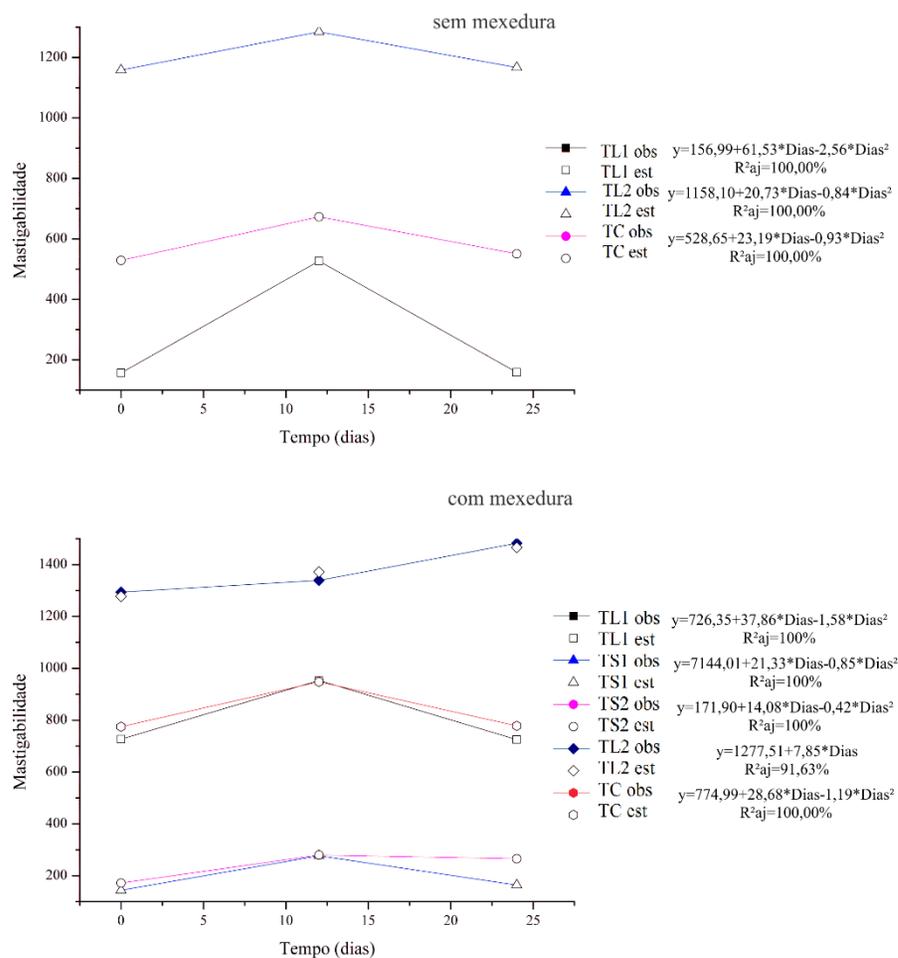


Figura 8 Gráficos representativos da análise de mastigabilidade dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp com e sem mexedura avaliados nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação. TC: leite padronizado; TL1: clp do leite; TS1: clp do soro; TS2: clp do soro; TL2: clp do leite

Em relação ao tempo de maturação, este influenciou de forma semelhante os tratamentos com e sem mexedura, aumentando a mastigabilidade até o 12º dia com diminuição até o 24º dia de maturação, exceto para o TL2 com mexedura, onde o aumento foi registrado em todo o período de maturação.

O tempo de maturação influenciou no aumento do valor final da mastigabilidade em relação ao valor inicial, nos TS2 e TL2 com mexedura, resultando em queijo mais firme que necessita de mais energia na mastigação para ser deglutido.

Nos tratamentos sem mexedura o tempo de maturação influenciou de forma significativa os tratamentos com adição da proteína de leite TL1, TL2 e o TC. O maior valor deste parâmetro foi observado no tratamento TL2. Com este resultado, pode-se inferir que a adição do clp de leite TL2 na fabricação do queijo, aumenta o valor da mastigabilidade do queijo, independente se há mexedura ou não da massa. O TL1 com menor valor de mastigabilidade apresentou o menor valor em extrato seco e é um queijo que necessita de menos energia na mastigação para ser deglutido.

Os valores médios obtidos para a mastigabilidade nos tratamentos com e sem mexedura estão próximos aos valores obtidos em queijos Camembert tradicionais fabricados no Brasil e na França, avaliados em trabalho de Pereira (2014). O maior valor obtido para este parâmetro no presente estudo, no TL2 com mexedura (1500) foi maior que o valor máximo (818,28) registrado no trabalho de Pereira (2014).

Na análise de contraste entre o TC e os demais tratamentos com e sem mexedura da massa, o TC apresentou-se menor em média que os demais tratamentos juntos; indicando que a adição de clp aumentou a mastigabilidade dos queijos fabricados com e sem mexedura da massa em relação ao TC.

5.5.4.4.7 Resiliência

Houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para a interação entre Mexedura*Tratamento*Tempo. No desdobramento da interação Tempo, dentro de cada nível de Mexedura e Tratamento houve diferença estatística significativa

($p < 0,05$) nos valores de resiliência para os desdobramentos de Tempo dentro da fabricação com Mexedura para os tratamentos TL1 e TS2 e dentro da fabricação sem Mexedura para os tratamentos TL1 e TL2. Nos estudos das equações que explicam cada fenômeno, foram testadas as equações lineares e quadráticas, exceto para o desdobramento de tempo dentro da fabricação com mexedura nos tratamentos TS1, TL2 e TC e para a fabricação sem mexedura, nos tratamentos TS1, TS2 e TC, ou seja, não há influência da mexedura e tratamento ao longo do tempo para estes desdobramentos e por este motivo não foram apresentados.

Na análise de regressão para o tratamento com mexedura e cada tratamento ao longo do tempo houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para os modelos lineares de ambos os tratamentos testados e para o modelo quadrático do tratamento TL1. Sendo então estes os modelos válidos para descrever os dados. No teste de ajuste para os parâmetros, o modelo quadrático apresentou valor de R^2_{aj} maior para o tratamento TL1 e o modelo linear para o tratamento TS2. A seguir são apresentados os gráficos para cada tratamento e um gráfico com todos os tratamentos.

De acordo com a análise de regressão para a fabricação sem mexedura para cada tratamento ao longo do tempo, o modelo quadrático se aplica aos dados. Já o modelo linear para o tratamento TL1 foi significativo e para o tratamento TL2 não significativo. Em relação aos modelos ajustados aos dados de resiliência ao longo do tempo, nas fabricações sem mexedura para cada tratamento, os parâmetros dos modelos quadráticos foram significativos e apresentaram valores de R^2_{aj} elevados, indicando boa qualidade no ajuste, já os parâmetros do modelo linear foram não significativos, ou seja, não se aplicam ao tratamento TL1. A Figura 10 apresenta os gráficos da resiliência dos tratamentos sem (TL 1 e TL2) e com (TL1 e TS2) mexedura da massa.

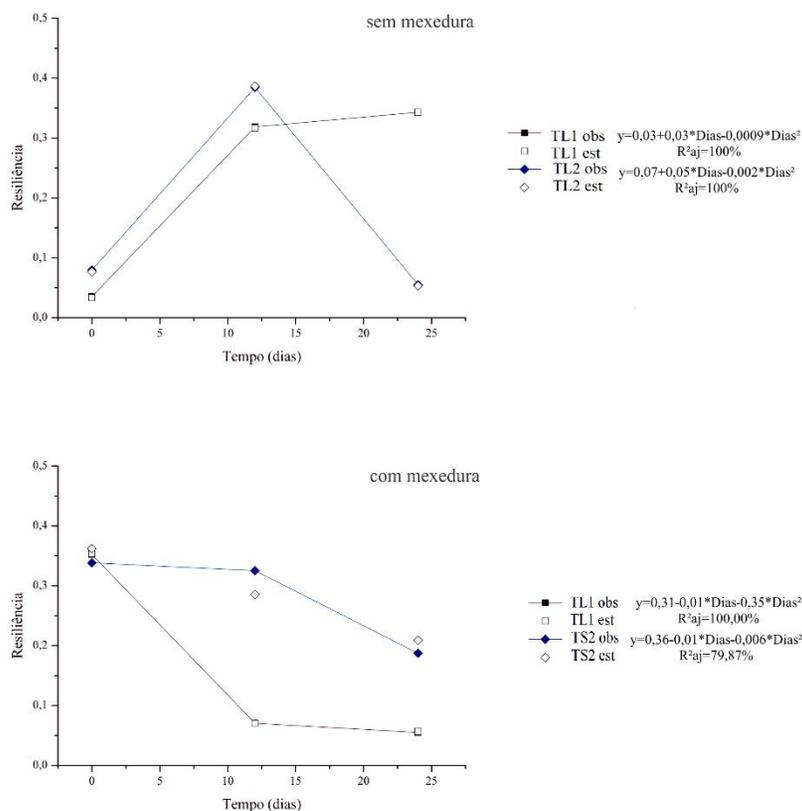


Figura 9 Gráficos representativos da análise de resiliência dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem clp com e sem mexedura avaliados nos tempos 0,12 e 24 dias de maturação. TC: leite padronizado; TL1: clp do leite; TS1: clp do soro; TS2: clp do soro; TL2: clp do leite

A resiliência demonstra a capacidade de o queijo voltar a sua posição normal após uma primeira compressão (CHEVANAN et al., 2006). Nos tratamentos com mexedura da massa, os valores iniciais da resiliência foram iguais nos TL1 e TS2. Observou-se diminuição nos valores deste parâmetro ao longo do período de maturação para ambos os tratamentos, com maior redução nos doze dias iniciais no TL1. Ao final do período de maturação foi registrada diminuição nos valores da resiliência em relação aos valores iniciais em ambos

os tratamentos e o TL1 apresentou o menor valor neste parâmetro. Foi registrada também, no TL1, a diminuição da coesividade, o que pode ter influenciado a diminuição da resiliência.

Em relação ao TS2, este apresentou o maior valor final de resiliência e também o maior valor final no parâmetro de elasticidade. Este resultado corrobora com a afirmação de que quanto maior o comportamento elástico, maior a resiliência da amostra (EXTRALAB, 2010).

A influência do tempo de maturação nos tratamentos sem mexedura da massa foi significativa nos queijos adicionados de concentrados lácteos proteicos do leite, TL1 e TL2. No TL1 o valor da resiliência aumentou até o período final da maturação. No TL2 observou-se um aumento no valor da resiliência até o 12º dia de maturação e redução até o 24º dia para valor inferior ao registrado inicialmente, ou seja, o tempo de maturação influenciou na redução da resiliência para o TL2. Este mesmo tratamento foi o que apresentou o maior valor de elasticidade. Este resultado apresentou uma relação inversa ao esperado, ou seja, onde se tem maior elasticidade, esperava-se uma maior resiliência.

O comportamento da resiliência em relação ao TL1, durante a maturação, foi dependente da mexedura ou não da massa. O aumento do valor deste parâmetro foi influenciado pela não mexedura da massa do queijo; com este resultado, demonstrou-se que o TL1 sem mexedura apresenta maior resistência às deformações e o TL1 com mexedura tem o menor valor para a resiliência, portanto menor resistência às deformações.

Os valores para o parâmetro resiliência obtidos neste estudo para o TL1 com e sem mexedura e para TL2, sem mexedura, foram próximos aos valores encontrado em queijo Camembert tradicional fabricado no Brasil e para o TS2 com mexedura, os valores se aproximaram dos queijos tradicionais fabricados na França, em avaliações realizadas por Pereira (2014).

Ao se realizar a análise de contraste comparando-se o TC e os demais tratamentos com adição de clp, na fabricação com mexedura, não houve diferença estatística significativa entre o TC e os demais tratamentos no parâmetro resiliência, ou seja, a resiliência não se alterou com a adição de clp em relação ao TC. A mesma análise foi realizada para a fabricação sem mexedura da massa e houve diferença estatística significativa entre o TC e os demais tratamentos, sendo que o TC apresentou-se em média maior que os demais tratamentos juntos; ou seja, a resiliência diminuiu com a adição de clp em relação ao TC.

Como pode ser observado nos dados obtidos neste trabalho, houve uma grande variação no perfil de textura dos queijos. As mudanças na textura não foram consideradas negativas, podendo representar uma abertura para mais uma aplicação das proteínas lácteas em queijo, embora, seja necessária, uma regulamentação técnica, que contemple entre outros, os parâmetros de textura para o queijo tipo Camembert fabricado no Brasil, para que seja referência, principalmente quando se propõe mudanças na tecnologia do processamento.

5.6 Perfil de compostos voláteis dos queijos tipo Camembert

Foram tentativamente identificados no total, sessenta e cinco compostos voláteis nos queijos avaliados. Estes compostos estão distribuídos entre as classes de aldeídos, cetonas, álcoois, ésteres, ácido, furano, pirazinas, lactonas, terpenos e composto fenólico. O maior número de compostos identificados é da classe dos ésteres, seguidos pelos aldeídos e pelos álcoois, conforme apresentado na Tabela 31.

Tabela 31 Perfil da fração volátil de queijos tipo Camembert elaborados com e sem clp com e sem mexedura da massa.
Médias \pm desvio padrão

Classe/composto	tR	Tratamentos									
		TC	TC.1	TL2	TL2.1	TL1	TL1.1	TS1	TS1.1	TS2	TS2.1
<i>Aldeído</i>											
2-Metil- butanal	2,02	2,48 $\pm 0,009$						14,91 $\pm 0,01$		29,23 $\pm 0,20$	
Pentanal	2,27	1,93 ± 0									
Fenil propanal<2>						10,8 $\pm 0,28$					
1-Nonanal	11,51		5,77 $\pm 0,42$	4,32 $\pm 0,34$	1,75 $\pm 0,18$	3,86 $\pm 0,26$	24,73 $\pm 0,09$	18,97 $\pm 0,04$	10,82 $\pm 0,03$		3,72 $\pm 0,02$
Piperonal	21,51					13,05 $\pm 0,39$					
2-Butenal, 2-metil-(E)	2,58		0,14 $\pm 0,02$					6,05 $\pm 0,08$		18 $\pm 0,08$	2,42 $\pm 0,01$
Heptenal<(4Z)->	10,52				0,51 $\pm 0,07$						2,68 $\pm 0,03$
Undecanal	20,45								2,15 $\pm 0,01$		
Heptanal	10,52										
2-Metilbenzaldeído	10,09								2,63 $\pm 0,03$		
<i>Cetonas</i>											
3-Octen-2-one <(E)->	8,9					0,4 $\pm 0,03$		11,31 $\pm 0,22$			

Tabela 31, continuação

Classe/composto	tR	Tratamentos									
		TC	TC.1	TL2	TL2.1	TL1	TL1.1	TS1	TS1.1	TS2	TS2.1
3 Pentanona,1-fenil	21,8					5,13					
						±0,49					
Ciclopentanone,2-hexil	21,97					10,39			3,69		
						±0,28			±0,004		
Etanona,1-(4-metoxifenil)	22,3					1,01					
						±0,008					
Ciclohexanone,2-(1-mercapto-1-metiletil)-5-metil,cis	22,74					0,44			4,93		
						±0,04			±0,04		
2-Heptanona	7,25		12,08								
			±0,12								
Metil-5-hepten-2-ona(6)	7,25		1,31								
			±0,06								
3-octanona	7,19					1,58					
						±0,10					
4 -Heptanona, 2-metil	5,46					3,74					
						±0,06					

Tabela 31, continuação

Classe/composto	tR	Tratamentos									
		TC	TC.1	TL2	TL2.1	TL1	TL1.1	TS1	TS1.1	TS2	TS2.1
<i>Furano</i>											
4(5H)-Benzofuranona,6,7-dihidro-3,6-dimetil	21,85								8,7		
									±0,01		
<i>Álcoois</i>											
1 Butanol-3-metil	2,53	1,38									
		±0,009									
2,3-Butanediol	3,03	0,2									
		±0,004									
2 Hexanol	3,14	0,1									
		±0,004									
1,3-Octanediol	18,99	0,39									
		±0,004									
2 Heptanol										33,2	
										±0,17	
Heptadienol	8,27						4,12				
							±0,10				
2,4-Decadien-1-ol,(2E,4E)	21,07								11,5		
									±0,16		
<i>Ésteres</i>											
Etil propanoato	2,34	5,48						0,21		1,6	
		±0,009						±0,01		±0,03	

Tabela 31, continuação

Classe/composto	tR	Tratamentos									
		TC	TC.1	TL2	TL2.1	TL1	TL1.1	TS1	TS1.1	TS2	TS2.1
Isopentil acetato	4,4	0,83 ±0,009									
2-etilhexiletanoato	13,59	2,63 ±0,004							11,77 ±0,04		
Butil- 3-metil hexanoato	17,72	0,16 ±0,004									
Butanoato <3-metil-2-butenil-2-metil->	13,08			3,06 ±0,04	3,98 ±0,01				3,14 ±0,03		
Etil oct-(2Z)-enoato	15,75			30,96 ±0,45							
Etil ester	1,8							1,06 ±0,09		3,19 ±0,02	
Etil-(3E)-hexanoato	7,91						14,04 ±0,07				
2-Metil-3-hexenil ester,(Z)	13,3						38,73 ±0,12				
Metil pentanoato	3,55								3,60 ±0,01		
3-Metil -butanoato 2-Propenil ester	10,72				38,92 ±0,79						

Tabela 31, continuação

Classe/composto	tR	Tratamentos									
		TC	TC.1	TL2	TL2.1	TL1	TL1.1	TS1	TS1.1	TS2	TS2.1
2 Metil-,3- metilfenilester	15,86				25,83 ±0,40						
Metil undecanoato	25,66	0,21 ±0,004				2,26 ±0,24					
Hexenil butanoato <(2E)->	15,48					11,24 ±0,05					
2 Metil-3 metilbutil ester	8,05								2,15 ±0,10		
Metil ester	8,57								2,22 ±0,02		
Etil acetato	1,8				2,63 ±0,05						
Metil propanoato	1,93				2,18 ±0,01						
Isobutil hexanoato	13,62						5,55 ±0,02				
Fenil etil formato<2->	14,6									7,82 ±0,02	
Fenil etil propanoato <2->	22,47									6,15 ±0,11	
Etil 2-metil-2-pentanoato<(E)->	8,41										

Tabela 31, continuação

Classe/composto	tR	Tratamentos									
		TC	TC.1	TL2	TL2.1	TL1	TL1.1	TS1	TS1.1	TS2	TS2.1
Etil-4-pentanoato	4,65	0,08 ±0,004									
Etanoato- 1- pirazinil	8,41							2,26 ±0,04			
<i>Lactonas</i>											
δ Octalactona	19,15	0,51 ±0,004									
δ Heptalactona	13,38					3,66 ±0,09					
δ Decalactona	28,55			4,36 ±0,08							
<i>Ácidos</i>											
2- Etil ácido hexanoico	12,3				6,83 ±0,25	21,07 ±0,50			2,02 ±0,01		
<i>Pirazinas</i>											
2,3,5-Trimetil pirazina	7,77	50,36 ±0,45	38,55 ±0,40	12,47 ±0,36		3,54 ±0,11	1,47 ±0,03	44,36 ±0,25			44,35 ±0,25
2- Acetil-3 metil pirazina	10,71			31,13 ±0,25							
Tetrametil pirazina	10,86								1,61 ±0,02		

Tabela 31, conclusão

Classe/composto	tR	Tratamentos									
		TC	TC.1	TL2	TL2.1	TL1	TL1.1	TS1	TS1.1	TS2	TS2.1
<i>Terpenos</i>											
Geijerene	13,15	32,91 ±0,008	41 ±0,17	15,18 ±0,32	12,83 ±0,24	2,58 ±0,19			6,45 ±0,07		46,39 ±0,29
Limomeno	8,69						0,47 ±0,05				
Tujeno<trans>	12								21,15 ±0,10		
δ-3- Carene	8,1						5,15 ±0,20				
Linalool	14,64						2,15 ±0,04				
Terpineol	14,02						2,1 ±0,008				
<i>Outros</i>											
p-Cresol	10,45					6,1 ±0,15	0,61 ±0,01				

TC=Controle com mexedura; TC. 1= Controle sem mexedura; TL2 CM = clp do leite a 54,42% de teor proteico em 40% de extensão com mexedura TL2.1 = clp do leite a 54,42% de teor proteico em 40% de extensão sem mexedura; TL1 CM= clp de leite a 47,53% de teor proteico em 30% de extensão, com mexedura; TL1.1 SM = clp de leite a 47,53% de teor proteico em 30% de extensão, sem mexedura; TS1 = clp do soro a 49,3% de teor proteico em 40% de extensão, com mexedura; TS1.1 = clp do soro a 49,3% de teor proteico em 40% de extensão, sem mexedura; TS2 = clp de soro a 76,69% de teor proteico em 10% de extensão, com mexedura; TS2.1 = clp de soro a 76,69% de teor proteico em 10% de extensão, sem mexedura.tR= tempo de retenção

A adição de diferentes clp, ao leite, na fabricação dos queijos tipo Camembert, promoveu uma variação nos perfis de compostos voláteis. Esta variação foi observada entre os tratamentos com clp e entre estes e o queijo controle (sem clp). Houve também variação dos perfis entre os queijos elaborados com diferentes tratamentos da massa, com e sem mexedura. Foram identificadas diferentes classes químicas de compostos e dentre estas, diferentes compostos, bem como diferentes porcentagens de área em cada um.

Os tipos e os conteúdos relativos dos compostos voláteis presentes em queijos podem estar relacionados a fatores como, a qualidade da matéria-prima, a alimentação do animal, o tipo de cultura láctea empregada, as técnicas adotadas durante o processamento do queijo, resultando na variação da concentração de compostos importantes e na modificação do equilíbrio entre estes (HOU et al., 2014). Diferentes tipos de queijos podem compartilhar muitos dos mesmos compostos de aroma, mas a variação na sua proporção é o que diferencia um tipo de queijo de outro (ENGELS et al., 1997).

No presente estudo, o maior número de compostos voláteis e a maior variedade de classes de compostos nos queijos com mexedura da massa (CM) foi identificado nos tratamentos TC e TL1, ambos com sete classes. No tratamento TC, foi identificado o maior número de compostos na classe dos ésteres (6), seguido pela classe dos álcoois (4). No tratamento TL1 o maior número de compostos foi identificado na classe das cetonas (6) e dos aldeídos (3). No tratamento TS2 foram identificados sete compostos voláteis em três classes, sendo o maior número (4) de ésteres. Este foi o tratamento com os menores números de compostos identificados entre os tratamentos com mexedura. Comparados ao queijo controle, em todos os tratamentos adicionados de clp, foram identificados menores números de compostos voláteis. Em relação às classes químicas, estas também apresentaram igual comportamento, exceto o tratamento TL1 que apresentou o mesmo número que o tratamento TC.

Dentre os queijos fabricados sem a mexedura da massa, no tratamento TS1.1 foi identificado o maior número de compostos voláteis (18) e o maior número de classes (9). Os ésteres foram identificados em maior número (6). O tratamento que apresentou os menores números de compostos voláteis e de classes de compostos foi o TS2.1, com 3 e 6 respectivamente. Comportamento semelhante foi observado neste mesmo tratamento no queijo, fabricado com a mexedura da massa. Comparados ao tratamento controle, com exceção do tratamento TS2.1, todos aumentaram o número de compostos voláteis e classes químicas. Observou-se que nos tratamentos TL2.1 e TS1.1 onde foram empregadas as maiores porcentagens de extensão (40%), foram identificados o maior número de compostos voláteis.

Entre os tipos de clp a base de proteína do leite, o tratamento com maior número de compostos voláteis foi o TL1 e entre os concentrados lácteos proteicos a base de proteína de soro, o TS1.1. Entre os tipos de clp, estes, possuem as menores concentrações de proteínas em sua composição, sendo 47,53% e 49,3%, respectivamente. No tratamento TS1.1 foi identificado o maior número de compostos em relação ao tratamento TL1 e o perfil dos compostos foi bastante distinto (Tabela 33).

As diferenças na estrutura de proteínas, como por exemplo, a presença da cisteína nas proteínas do soro e a ausência da mesma em α 1- e β -caseína, resulta na formação de diferentes compostos voláteis (FARREL et al., 2004).

Diferenças também foram avaliadas em estudos que mostram a relação entre compostos voláteis com a concentração da β lactoglobulina no meio e a liberação destes, da matriz. Van Ruth e Villeneuve (2002), registraram em pesquisa que compostos hidrófobos de maior dimensão ficam mais retidos na matriz quando se aumenta a concentração de β lactoglobulina, esta relação foi identificada entre as cetonas, aldeídos e ésteres. Os resultados obtidos no presente estudo podem ser relacionados aos obtidos pelos autores acima citados.

Os compostos com as menores áreas identificados em tratamentos elaborados com clp a base de proteínas do soro pertencem às classes dos ésteres, aldeídos e cetonas, possuindo os compostos destas duas últimas classes, cadeias insaturadas. Sostmann e Guichard (1998) relataram uma relação linear entre as constantes de ligação e o número de átomos de carbono para as cetonas e aldeídos insaturados. Pelletier, Kai e Guichard (1998), em estudo sobre a medição de interações entre a β -lactoglobulina e compostos de flavor encontraram interações hidrófobas com ésteres (aumentos constantes, aumentando o comprimento da cadeia hidrofóbica) e nenhuma interação foi encontrada com ácidos voláteis e as pirazinas estudados.

No presente estudo, nos queijos fabricados com adição de clp a base de proteínas de soro, em diferentes níveis de extensão e de concentração proteica, os compostos identificados com maiores áreas, foram o tujene (terpeno) no tratamento TS1, nos tratamentos TS1 e TS2.1, a pirazina e no tratamento TS2 um álcool, concordando com o estudo de Ruth e Villeneuve (2002) que também registraram o álcool com menor relação de retenção com a maior concentração da β lactoglobulina (β -LG).

Em estudo com a β -LG, de um mesmo lote Guichard e Langourieux (2000), os autores encontraram uma correlação linear entre a hidrofobia de compostos de sabor dentro de uma série de cetonas, aldeídos, lactonas, ou ésteres e a sua ligação ao β -LG. Um aumento na hidrofobicidade dos compostos de sabor resultou em aumento da ligação com a β -LG, indicando a ligação desses compostos por interações hidrofóbicas com β -LG.

Muitos são os fatores que vão influenciar a liberação e a detecção de compostos voláteis contidos em um alimento. O teor de gordura, o pH, a proteína e a umidade da matriz da amostra, ou seja, queijo, tem um efeito significativo sobre o grau de liberação de compostos voláteis pelas particulares

de polaridade dos próprios analitos (HAAHR et al., 2000; GIJS et al., 2000; JO; AHN, 1999; GUICHARD; LANGOURIEUX, 2000).

Neste estudo o aldeído foi a classe identificada em todos os tratamentos avaliados. Os aldeídos são originários a partir de aminoácidos ou por transaminação, conduzindo a uma imida intermediária, que pode ser descarboxilada, ou pela degradação Strecker. Esta reação é simples e pode ocorrer sem catálise enzimática durante a maturação (KEENEY; DAY, 1957). Os aldeídos são compostos transitórios em queijo porque eles são rapidamente reduzidos a álcoois primários ou mesmo oxidados aos ácidos correspondentes (MOIO et al., 1993).

Dentre os aldeídos identificados, o 2-metil butanal foi o composto com a maior área e presente no queijo fabricado com clp a base de proteína do soro TS2. O 2-metil butanal é formado a partir da isoleucina. Foi identificado como composto de odor ativo em queijo Camembert (CURION, 2002).

O aldeído identificado com a segunda maior área foi o nonanal. O nonanal é um aldeído de cadeia linear bastante comum como odorante em queijo Camembert. É sintetizado por oxidação catalítica do álcool correspondente (n - nonanol) ou redução do ácido correspondente (BURDOCK, 2010) e caracteriza-se por odores herbáceos. Em grandes concentrações pode imprimir odor desagradável ao queijo (CURION, 2002). Neste estudo, o nonanal foi identificado com a maior área no queijo fabricado com adição clp a base proteína do leite, o TL1.1.

Na presente pesquisa, o aldeído de menor cadeia (2 metil butanal) foi menos retido na matriz do queijo, pois foi identificado com a maior área no tratamento com proteína de soro, já o aldeído com a maior cadeia (nonanal) foi menos retido no tratamento adicionado de proteína de leite, ou seja, foi identificado com maior área. Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com o que já foi apresentado em estudos anteriores (PELLETIER; KAI;

GUICHARD, 1998; SOSTMANN; GUICHARD, 1998; VAN RUTH; VILLENEUVE, 2002), sobre as maiores interações hidrofóbicas entre os aldeídos e as β LG ocorrerem entre os compostos de cadeia longa.

Outro aldeído já identificado em queijo Camembert (ADDA; GRIPON; VASSAL, 1982), é o heptanal, que também foi identificado no presente estudo. Alguns aldeídos de cadeia linear, como o heptanal e nonanal, podem ser formados como resultado da β oxidação de ácidos graxos insaturados. O queijo Camembert é um queijo com consideráveis níveis de lipólise (5-10% do total triacilgliceróis) (GRIPON, 1993; GRIPON et al., 1991) devido às potentes enzimas lipolíticas do *Penicillium Camemberti* e à alta concentração de ácido oleico livre, devido a isso, o queijo pode apresentar níveis consideráveis de aldeídos de cadeia linear. Estes compostos se caracterizam por aromas ligados à grama verde (NIELSEN, 1993).

As cetonas são outra classe química que foi identificada neste estudo. Nos queijos fabricados com mexedura da massa, as cetonas foram identificadas no tratamento TL1 e nos queijos sem mexedura da massa, nos tratamentos TC.1, TS1.1 e TL2. Dentre todos os compostos desta classe química, a 2-heptanona (metilcetona) foi identificada com a maior área, no tratamento TC.1. Este resultado pode ser explicado pelos estudos (SASKIA et al., 2002; SOSTMANN; GUICHARD, 1998) que relacionam a interação hidrofóbica das cetonas com β -LG e a maior retenção destas em matrizes onde a β -LG está presente em maiores concentrações. Como no tratamento controle não foi adicionado de proteína de soro, podendo apresentar menor teor em β LG, as cetonas podem ser mais facilmente liberadas da matriz e identificadas.

A 2-heptanona foi encontrada com valores significativos no queijo Camembert em trabalho de Leclarcq-Perlat et al. (2004) e em alta concentração por Miltz, Elisha e Mannheim (1980). Identificada, com maiores áreas,

comparada ao presente estudo, em queijos maturados por 21 dias, envolvidos em casca de árvores de diferentes espécies (CORRÊA, 2014).

Na classe dos álcoois o composto identificado com a maior área, neste estudo, foi o 2- heptanol, no tratamento TS2, seguidos por 2,4-decadien-1-ol e heptadienol identificados nos tratamentos TS1 e TL1.1, respectivamente.

O 2-heptanol, álcool secundário, pode ser sintetizado pela redução de metilcetonas e tem um forte odor herbáceo com reminiscência de limão e sabor um pouco amargo (BURDOCK, 2010). Foi identificado como composto de odor ativo em queijos Camembert, Gorgonzola, Grana Padano e Pecorino (CURIONI; BOSSET, 2002) e identificado em queijo Minas Padrão (NOGUEIRA; LUBACHEVSKY; SCOTT, 2005).

Outro composto da classe dos álcoois também identificado neste estudo foi o 3-metil-butanol. Em uma vasta variedade de queijos, 3-metil-butanol é considerado um importante contribuinte para sabor global. O sabor ligeiramente doce de muitos queijos frescos, de pasta mole tem sido atribuído a este composto. Neste estudo, 3-metil-butanol foi identificado com a maior área no tratamento TC. É formado pela redução do seu aldeído correspondente, que é derivado de leucina (LAW, 1982).

Os compostos da classe dos ésteres foram, neste estudo, identificados em maior número. Só não foram identificados nos tratamentos TC.1 e TS2.1.

Os compostos 2-metil-3-hexenil éster e o 2 propenil éster, foram identificados com as maiores áreas, presentes nos tratamentos TL1.1 e no TL2.1, respectivamente. Outros ésteres identificados foram os 2-etilhexiletanoate, 2-metil-3-metilpentil éster, etil (3E)-hexanoato.

Segundo Curioni e Bosset (2002), o tipo e a concentração de ésteres encontrados em queijos variam entre as variedades e as condições de fabricação. Da mesma forma, se o impacto do sabor dos ésteres é discernível ou não, também é dependente do tipo de queijo, tipo e concentração do éster. As

maiorias dos ésteres encontrados no queijo são descritos como tendo notas doces, frutadas e florais, especialmente acetato ésteres que são conhecidos por seu papel importante na formação de um caráter frutado em queijo.

As lactonas, também identificadas neste estudo. Uma delas, mais comum e importante identificadas em queijo é δ -decalactona. Este composto é um odorante chave de queijo Camembert (CURIONI, BOSSET, 2002) e foi identificado, no TC. No tratamento TL1 foi identificado a δ heptalactona o composto desta classe com a maior área entre os tratamentos.

A presença das diferentes γ e δ -lactonas em queijos macios tais como Camembert, podem ser de importância no aroma final devido a suas notas frutadas e seus baixos limiares de percepção (CURIONI, BOSSET, 2002).

O ácido hexanóico foi o único composto da classe dos ácidos, identificado nos queijos avaliados neste estudo. Foi o composto com a maior área no tratamento TL1, seguido do tratamento TL2.1. Estes tratamentos apresentaram também o maior teor em gordura e a origem mais provável de ácido hexanóico pode ter sido da lipólise da gordura láctea (MOIO; ADEO, 1998). Identificado também no tratamento TS1.1. Em queijo Camembert foi identificado em trabalho de Curioni et al. (2002). Foi detectado como importante para o aroma do queijo Minas associado com agradáveis notas frutadas (HA; LINDSAY, 1991), característica do queijo Minas. Contribuiu significativamente para o aroma do queijo Cheddar maturado e é também um componente sabor característico de Grana Padano e Queijos Roncal (CURIONI, BOSSET, 2002).

No presente estudo, os compostos da classe química das pirazinas foram identificados em queijos com adição clp a base de proteínas do soro, de proteínas do leite e nos queijos controle. Dentre os tratamentos com adição de proteínas, as maiores áreas foram registradas nos tratamentos com adição de clp a base de proteína de soro.

No processo de obtenção de concentrados lácteos proteicos, a formação destes compostos pode se dar quando submetidos à secagem por pulverização, a lactose residual pode reagir com proteínas para formar produtos de reação de Maillard, ou sofrer reações caramelização (FRIEDMAN, 1996; MAHAJAN; GODDIK; QIAN, 2004). Em trabalho realizado por Mortenson e Zata (2008), na comparação entre WPC (clp de soro) e WPI (isolado proteico de soro) os maiores compostos derivados da reação de Maillard, entre eles a 2,6 dimetil pirazina.

Os três compostos desta classe, identificados neste estudo foram, 2,3,5-trimetil pirazina, 2 acetil-3- metil pirazina e tetrametil pirazina. Dimetil e trimetil pirazinas foram identificados em queijo Camembert por Dumont, Degas e Adda (1976) e Dumont, Roger e Adda (1976).

A relação entre pirazinas e a β -LG foi avaliada por cromatografia de afinidade e Pelletier, Kai e Guichard (1998), registraram que 2-metilpirazina, 2,5-dimetilpirazina, 2,3,5 trimetilpirazina, e tetrametilpirazina não apresentaram afinidade por esta proteína do soro. Os resultados obtidos no presente estudo estão de acordo com os dos autores acima, visto que, a presença da β -LG nos tratamentos, não impediu a liberação destes compostos da matriz e se apresentarem com áreas significativas entre os tratamentos citados.

O composto da classe dos furanos identificado neste estudo, 4(5H)-Benzofuranone, 6,7-dihydro-3,6-dimethyl, não é comum de ocorrer em queijo Camembert. Foi identificado no tratamento TS1.1. Este tratamento é adicionado de clp a base de proteína do soro e o fato dos WPC serem submetidos a tratamento térmicos durante a sua obtenção, a formação desta classe de compostos é uma realidade, já identificados em trabalho de Mortenson e Zata (2008) . Outros compostos da classe dos furanos já foram identificados em queijo Camembert em trabalho de Curioni e Bosset (2002) e relacionados à aromas adocicados. Há, no entanto, outra via possível para a produção de

furanos, que não foi sugerida em produtos lácteos, que é a oxidação de ácidos graxos poli-insaturados (CHANG et al., 1966). Em trabalho de Bugaud et al. (2001), a quantidade total de furanos em queijo foi correlacionada com a proporção de ácidos graxos poli-insaturado no leite.

Neste estudo, foi observado um perfil diferenciado de terpenos entre os tratamentos com e sem mexedura da massa. Foi identificado o maior número de compostos nos tratamentos sem a mexedura. Este resultado pode estar relacionado à liberação dos compostos da matriz do queijo facilitada pela condição física aplicada ao tratamento com mexedura.

Comparados ao TC, entre os tratamentos com mexedura da massa o perfil dos terpenos foi o mesmo nos tratamentos TL1 e TL2. Nos tratamentos TS1 e TS2 não foram identificados compostos desta classe química. Ambos os tratamentos foram adicionados de proteína de soro.

Comparados ao TC, entre os tratamentos sem a mexedura da massa o perfil dos terpenos foi o mesmo nos tratamentos TS2.1 e TL2.1. Os tratamentos TL1.1 e TS1.1 apresentaram perfis diferenciados dos demais.

Ainda em relação aos diferentes perfis observados, outra condição que pode ser considerada é a data de coleta dos leites para a fabricação dos queijos com sem a mexedura da massa. O fato de o experimento ter sido conduzido em esquema de parcelas não foi utilizado o mesmo leite na fabricação dos queijos, embora em períodos próximos. A data da coleta do leite pode refletir a maturidade do estágio das pastagens ingeridas pelas vacas, provocando uma variação no perfil de terpenos, conforme foi relatado em trabalho de Cornu et al. (2005).

O conteúdo de terpeno na forragem é afetado principalmente pela sua composição botânica, além disso, as concentrações de terpeno aumentam em forragem madura (CORNU et al., 2001); dentro desta perspectiva produtos lácteos, derivados de ruminantes alimentados com pasto também poderia ser

distinguidos com base na fase fenológica dos pastos manejados (CHION et al., 2010) e parece ser parcialmente perdido durante a colheita e maturação (VIALLO et al., 2000).

Dentre os sete compostos da classe dos terpenos, identificados nos queijos avaliados neste estudo, apenas o geijerene foi identificado nos tratamentos com mexedura. O geijerene foi identificado em óleos essenciais das plantas *Ruta graveolens* e de *Chromolaena odorata*, encontrado também nesta última o limoneno em pesquisa de Owolabi et al. (2010).

O limoneno, composto identificado no tratamento TL1.1 é o monoterpene monocíclico mais abundante na natureza e que representa mais de 90% do óleo de casca de laranja. (BAUER; GARBE; SURBURG, 1971; MATTHEWS; BRADDOCK, 1987). Este composto foi produzido pelo *Penicillium camemberti* cultivado em meio base de creme de leite líquido em pesquisa desenvolvida por (LARSEN, 1997). Foi identificado também nas camadas interna e externa de queijo, envolvidos com tiras de árvore de diferentes espécies durante a maturação (CORRÊA, 2014). Ainda no tratamento TL1.1, foram identificados os compostos δ -3-careno, o linalool e o terpineol(álcool terpeno).

Os compostos geijerene e thujene <trans> foram identificados no tratamento TS1.1, sendo este último com a maior área. Os compostos da classe dos terpenos identificados neste estudo, não foram encontrados em queijos Camembert tradicionais, de acordo com a literatura consultada.

Os terpenos têm sido estudados pela sua utilização como biomarcadores potenciais em leite e queijo da presença de forragens diversificadas na dieta de vacas leiteiras (MARTIN et al., 2005; VIALLO et al., 1999), eles também têm sido amplamente divulgado como identificadores adequados de zona de produção (ZEPPA et al., 2005) e regime de alimentação (CHION et al., 2010; DE NONI; BATTELLI 2008).

Foi identificado ainda, neste estudo, o composto *p*-cresol, nos tratamentos TL1 e TL1.1. Este composto foi identificado em queijos Camembert em trabalhos de Kubícková e Grosch (1997) e de Moinas, Groux e Horman (1975). A contribuição dos compostos fenólicos para o sabor do queijo depende da sua concentração, ou seja, no limiar de sua concentração apresentam uma contribuição positiva, mas tendem para uma nota desagradável com aumentos de concentração. A característica sensorial varia de notas doce, medicinal, carbonizado, caramelo e desagradável. Entre estes componentes, destaca-se o *p*-cresol (4 metilfenol). Este composto fenólico origina da tirosina. Leveduras, micrococos e *B. linens* são capazes de clivar a cadeia lateral de tirosina liberando o fenol (JOLLIVET et al., 1992; PARLIMENT; KOLOR; RIZZO, 1982). Este composto foi frequentemente associado com a formação de sabores desagradáveis em produtos lácteos (MARILLEY; CASEY, 2004).

5.7 Estimativa de custos

Ao se avaliar o rendimento de fabricação dos queijos tipo Camembert, em L/kg, os resultados mostraram que não houve diferença estatística significativa entre as fabricações com e sem mexedura e entre os diferentes tratamentos (Tabela 32).

Ao se avaliar a estimativa do custo de produção dos queijos, observou-se que embora o TL2 tenha apresentado custo um pouco mais elevado que o TS2; o TL2 apresentou menor perda de proteínas. Destaca-se que o nível de extensão do TL2 foi maior em relação aos TL1 e TS2, onde foi utilizado maior quantidade de clp, explicando o maior custo do mesmo. Embora o TS2 tenha apresentado menor custo, o mesmo apresentou menor taxa de transferência de proteínas.

Tabela 32 Valores médios de rendimentos e preços estimados de produção dos queijos tipo Camembert fabricados com e sem adição de clp e com e sem mexedura da massa

Parâmetro	Tratamento				
	TC	TL1	TS1	TS2	TL2
Rendimento em L/kg	6,24 a	5,81 a	5,88 a	6,27 a	4,94 a
Preço produção (R\$)***	9,22	12,02	12,68	10,37	11,99
Perda de proteína no soro (%)	33,05 b	33,26 b	38,97 ab	51,37 a	28,88 b
Perda de gordura no soro (%)	*6,56 b	*8,74 b	*10,40 ab	*8,21 b	*17,02 a
	**12,29 a	**13,99 a	**19,28 a	**14,66 a	**16,54 a
Transferência de sólidos totais (%)	75,02a	84,34a	75,98a	74,32a	94,87a
Umidade (%)	*49,75b	*50,43b	*59,2a	*59,59a	*53,18b
	**56,79a	**53,12a	**53,83a	**52,36a	**54,43 a

Tratamentos: TC- Controle - leite padronizado, TL1- leite padronizado + clp do leite a 47,53% de teor proteico, TS1- leite padronizado + clp do soro a 49,3% de teor proteico, TS2-leite padronizado + clp do soro a 76,69% de teor proteico, TL2 - leite padronizado + clp do leite a 54,42% de teor proteico. As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.* Fabricações com mexedura da massa.** Fabricações sem mexedura da massa.*** Sem impostos, sem custos comerciais. Com custos administrativos

6 CONCLUSÕES

A adição de diferentes clp ao leite, na fabricação dos queijos tipo Camembert:

- a) não promoveu diferença significativa no rendimento dos queijos,
- b) não influenciou de forma isolada na composição dos queijos, no pH e na proteólise,
- c) promoveu menor perda de proteínas no soro nos tratamentos com adição clp a base de proteínas do leite em relação aos adicionados de adição clp a base de proteínas do soro,
- d) não influenciou de forma isolada na perda de gordura no soro e na transferência de sólidos,
- e) não influenciou de forma isolada no perfil de textura dos queijos
- f) promoveu variação nos perfis de compostos voláteis (nº de classes de compostos e nº e tipo de compostos voláteis) entre os tratamentos adicionados de extensores e entre estes e o tratamento controle.
- g) Os tratamentos TL1 e TL2 são os mais economicamente viáveis dentre os demais avaliados.

O trabalho mecânico (mexedura) realizado ou não com a massa:

- a) não promoveu diferença significativa no rendimento dos queijos,
- b) influenciou de forma isolada apenas no teor de gordura dos queijos, apresentando os tratamentos sem mexedura os maiores valores.
- c) não influenciou de forma isolada na perda de gordura no soro, no pH e na proteólise,
- d) não promoveu diferença na perda de proteínas no soro ou no aproveitamento final de sólidos, mexendo-se ou não a massa,

- e) alterou o perfil de textura em relação ao queijo controle, diminuindo a adesividade (CM), a elasticidade (CM e SM) e a resiliência (SM) e aumentando a coesividade e mastigabilidade (CM e SM), não alterou a adesividade (SM),
- f) promoveu variação nos perfis de compostos voláteis.

Considerando-se o menor tempo de fermentação do leite, menor perda de proteína no soro, menor perda de gordura no soro, que não há diferença estatística significativa na perda de gordura no soro quando não se mexe a massa, pode-se inferir que o emprego dos clp a base de proteínas de leite (L1 e L2) nos tratamentos TL1 e TL2 se destacam dentre os demais avaliados.

Considerando-se que a mexedura ou não da massa não influenciou no rendimento de fabricação, sugere-se que as fabricações sejam realizadas sem a mexedura da massa, que representa uma redução de 30 a 40 minutos no tempo de fabricação.

Independente do tipo de proteína adicionada, a dureza dos queijos diminuiu e menores valores médios de mastigabilidade foram obtidos nos tratamentos sem mexedura em relação aos com mexedura da massa.

REFERÊNCIAS

ADDA, J.; GRIPON, J. C.; VASSAL, L. The chemistry of flavour and texture generation in cheese. **Food Chemistry**, London, v. 9, n. 1/2, p. 115–129, 1982.

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/ mass spectrometry**. 4th ed. Carol Stream: Allured, 2007.

ALAIS, C. Influence de divers traitements sur l'aptitude du lait a la coagulation par la présure. **Le Lait**, Paris v. 218, p. 90-93, 1965.

ALMEIDA, C. C. et al. Proteína do soro do leite: composição e suas propriedades funcionais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1840, 2013.

ALVARENGA, N. B. M. G. **Estudos em textura de Queijo Serpa**. 2000. 87 p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2000.

ANEMA, S. G. The whey proteins in milk: thermal denaturation, physical interactions and effects on the functional properties of milk. In: THOMPSON, A.; BOLAND, M.; SINGH, H. (Org.). **Milk protein: from expression to food**. New York: Academic, 2009. p. 239-273.

ANEMA, S. G.; LI, Y. Effect of pH on the association of denatured whey proteins with the casein micelles in heated reconstituted skim milk. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 6, p. 1640-1646, 2003.

ANTUNES, A. E. C.; MOTTA, E. M. P.; ANTUNES, A. J. Perfil de textura e capacidade de retenção de água de géis ácidos de concentrado protéico de soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 183-189, 2003.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária da UFV, 1995. 335 p.

ASMUNDSON, R. et al. Influence of reduced water activity on lactose metabolism by *Lactococcus lactis* subsp. *Cremoris* at different pH values. **Applied Journal Dairy Science**, Isfahan, v. 67, p. 2723-2733, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DAS INDÚSTRIAS DE QUEIJO. **Queijos no Brasil**. Disponível em: <http://www.abiq.com.br/nutricao_queijosbrasil_ant.asp>. Acesso em 15 out. 2105.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12806**: análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1993.8 p.

AZIZA, F. et al. Stochastic, compartmental, and dynamic modeling of cross-contamination during mechanical smearing of cheeses. **Risk Analysis**, McLean, v. 26, n. 3, p. 731-745, 2006.

BADINGS, H. T.; NEETER, R. Recent advances in the study of aroma compounds of milk and dairy products. **Netherlands Milk Dairy Journal**, Amsterdam, v. 34, p. 9–30, 1980.

BAKKER, J. Flavor interactions with the food matrix and their effects on perception. In: GAONKAR, A. G. (Org.). **Ingredient interactions**: effect of food quality. New York: M. Dekker, 1995. p. 411–439.

BALDASSO, C. **Concentração, purificação e fracionamento das proteínas do soro lácteo através da tecnologia de separação por membranas**. 2008. 163 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BALDWIN, K. A. et al. Evaluation of yield and quality of cheddar cheese manufactured from milk with added whey protein concentrate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, p. 2543-2550, 1986.

BALLINGER, K. Padronização e extensão de queijo com proteínas de leite. SEMINÁRIO TECNOLÓGICO DO INSTITUTO DE LATICÍNIOS "CÂNDIDO TOSTES", 1., 2001, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Instituto de Laticínios "Cândido Tostes", 2001. p. 51-59.

BANKS, J. M. et al. Cheese yield: composition does matter. **Dairy Industries International**, Gravesend, v. 46, p. 15–22, 1981.

BANKS, J. M. et al. Increasing the yield of Cheddar cheese by the acidification of milk containing heat denatured whey protein. **Milchwissenschaft**, Osnabrück, v. 42, n. 4, p. 212-215, 1987.

BAUER, K.; GARBE, D.; SURBURG, H. **Common fragrance and flavor materials**: preparation, properties and uses. 4th ed. Weinheim: Wiley - VCH, 2001. 293 p.

BENDALL, J. G. Aroma compounds of fresh milk from New Zealand cows fed different diets. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Easton, v. 49, p. 4825–4832, 2001.

BERGER, C. et al. Production of sulphur flavors by ten strains of *Geotrichum candidum*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 65, p. 5510–5514, 1999.

BODYFELT, F. W.; TOBIAS, J.; TROUT, G. M. **The sensory evaluation of dairy products**. New York: AVI, 1988.

BONNARME, P. et al. Sulfur compound production by *G. candidum* from methionine: importance of the transamination step. **FEMS Microbiology Letters**, Amsterdam, v. 205, p. 247-252, 2001.

BOSSET, J. O.; LIARDON, R. The aroma composition of Swiss Gruyère cheese. II. The neutral volatile components. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, Amsterdam. v. 17, p. 359–362, 1984.

BOSSET, J. O.; GAUCH, R. Comparison of the volatile flavor compounds of six European “AOC” cheeses by using a new dynamic headspace GC-MS method. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 3, p. 359–377, 1993.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity**: concept and measurement. New York: Academic, 2002.

BOYE, J. I.; ISMAIL, A. A.; ALLI, I. Effects of physicochemical factors on the secondary structure of β -lactoglobulin. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 63, n. 1, p. 97-109, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006**. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 62 de 29 de dezembro de 2011**. Brasília, 2011.

- BUGAUD, C. et al. Influence of the nature of alpine pastures on plasmin activity, fatty acid and volatile compound composition of milk. **Lait**, Paris, v. 81, p. 401–414, 2001.
- BURDOCK, G. A. **Fenaroli's handbook of flavor ingredients**. 6th ed. Boca Raton: CRC, 2010.
- BYNUM, D. G.; BARBANO, D. M. Whole milk reverse osmosis retentates for Cheddar cheese manufacture: chemical changes during aging. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, p. 1–10, 1985.
- CAESSENS, P. W. J. R.; VISSER, S.; GRUPPEN, H. Method for the isolation of bovine β -lactoglobulin from a cheese whey protein fraction and physicochemical characterization of the purified product. **International Dairy Journal**. Amsterdam, v. 7, n. 4, p. 229-235, 1997.
- CALLAMAN, T. Recovery of milk constituents in cheesemaking (relation to process control). In: EMMONS, D. B. (Ed.). **Factors affecting the yield of cheese**. Brussels: International dairy federation, 1991.
- CARIĆ, M. Technology of evaporators, membrane processing and dryers. In: TAMIME, A. Y. **Dairy powders and concentrated products**. Chichester: Blackwell, 2009. cap. 3, p. 99-148.
- CARO, I. et al. Composition, yield, and functionality of reduced-fat Oaxaca cheese: effects of using skim milk or a dry milk protein concentrate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, n. 2, p. 580-588, 2011.
- CARUNCHIA WHETSTINE, M. E. et al. Determining flavor and flavor variability in commercially produced liquid cheddar whey. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. 439-448, 2003.
- CARUNCHIA WHETSTINE, M. E.; CROISSANT, A. E.; DRAKE, M. A. Characterization of dried whey protein concentrate and isolate flavor. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, p. 3826–3889, 2005.
- CAYOT, P.; LORIENT, D. **Structures et technofonctions des protéines du lait**: [structures and technofunctional properties of dairy proteins]. Paris: Tec & Doc, 1998.

CERVANTES, M. A.; LUND, D. B.; OLSON, N. F. Effects of salt concentration and freezing on Mozzarella cheese texture. **Jornal Dairy Science**, Champaign, v. 66, n. 2, p. 204-213, 1983.

CHANG, S. S. et al. Isolation and identification of 2-pentyl-furan as contributing to the reversion flavour of soyabean oil. **Chemistry and Industry**, London, v. 12, p. 1926–1927, 1966.

CHERREY, G. Os leites reconstituídos para fabricação de queijos. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, Juiz de Fora, v. 33, n. 199, p. 39-45, set./out. 1978.

CHEVANAN, N. et al. Effect of calcium and phosphorus, residual lactose and salt-to-moisture ratio on textural properties of cheddar cheese during ripening. **Journal of Texture Studies**, Weinheim, v. 37, p. 711-730, 2006.

CHION, A. R. et al. Variation of fatty acid and terpene profiles in mountain milk and Toma piemontese cheese as affected by diet composition in different seasons. **Food Chemistry**, Washington, n. 121, p. 393-399, 2010.

CHOISY, C. et al. La biochimie de l’affinage. In: ECK, A.; GILLIS, J. C. **Le fromage**. Paris: Lavoisier, Tec & Doc, 1997. p. 86-105.

CIVILLE, G. V.; SZCZESNIAK, A. S. Guidelines to training a texture profile panel. **Journal of Texture Studies**, Weinheim, v. 4, p. 204-223, 1973.

COBB, W. Y.; PATTON, S.; GRILL, H. Occurrence of vanillin in heated milks. **Journal. Dairy Science**, Champaign, v. 46, p. 566–567, 1963.

COELHO, G. L. V. Effects of high hydrostatics pressure on food: physical chemistry features. **Revista Universidade Rural Série Ciências Exatas e da Terra**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 105-110, 2002.

COLLINS, Y. F.; MCSWEENEY, P. L. H. ; WILKINSON, M. G. Evidence for a relationship between autolysis of starter bacteria and lipolysis in Cheddar cheese. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 70, p. 105–113, 2003.

CORNU, A. et al. Solid phase microextraction of volatile components from natural grassland plants. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 49, p. 203–209, 2001.

CORNU, A. et al. Terpene profiles in Cantal and Saint-Nectaire-type cheese made from raw or pasteurised milk. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 85, p. 2040–2046, 2005.

CORRÊA, F. T. **Desenvolvimento de queijo maturado com tiras de árvores cultivadas no Brasil**. 2014. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

CORREDIG, M.; DALGLEISH, D. G. The binding of α -lactalbumin and β -lactoglobulin to casein micelles in milk treated by different heating systems. **Milchwissenschaft**, Kempten, v. 51, n. 3, p. 123-127, 1996.

COSTA JÚNIOR, L. C. G.; ABREU, L. R. Viabilidade tecnológica do uso de concentrados proteicos e creme como extensores na fabricação de queijo Minas frescal. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, n. 352, p. 39-48, set./ out. 2006.

COSTA JÚNIOR, L. C. G. **Uso de extensores na fabricação de queijo Minas frescal**. 2006. 76 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

COULON, J. B. et al. Factors contributing to variation in the proportion of casein in cows' milk true protein: a review of recent INRA experiments. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 65, p. 375–387, 1998.

COULON, J. B. et al. Relationship between ruminant management and sensory characteristics of cheeses: a review. **Lait**, Paris, v. 84, p. 221–241, 2004.

CREAMER, L. K.; LAWRENCE, R. C.; GILLES, J. Effect of acidification of cheese milk on the resultant Cheddar cheese. **New Zealand Journal of Dairy Science and Technology**, Hamilton, v. 20, p. 185–203, 1985.

CRAMER, L. K.; OLSON, N. F. Rheological evaluation of maturing Cheddar cheese. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, p. 631-646, 1982.

CRONIN, D. A.; RISPIN, E. The determination of diacetyl in cultured buttermilk in the presence of the unstable precursor α -acetolactic acid. In: TAYLOR, A. J.; MOTTRAM, S. (Ed.). **Flavour science recent developments**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1996. p. 118–121.

CURIONI, P. M. G.; BOSSET, J. O. Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 12, p. 959–984, 2002.

DALGALARRONDO, M. et al. Characterization of bovine β -lactoglobulin B tryptic peptides by reversed-phase high performance liquid chromatography. **Milchwissenschaft**, Kempten, v. 45, n. 4, p. 212-216, 1990.

DALGLEISH, G.; CORREDIG, M. The structure of the casein micelle of milk and its changes during processing. **Annual Reviews in Food Science and Technology**, Palo Alto, v. 3, p. 449-467, 2012.

DANNENBER, G. F.; KESSLER, H. G. Effect of denaturation of β -lactoglobulin on texture properties of setstyle nonfat yoghurt. 2. Firmness and flow properties. **Milchwissenschaft**, Osnabrück, v. 43, p. 700–704, 1988.

DELGADO, F. J. et al. Changes in microbiology, proteolysis, texture and sensory characteristics of raw goat milk cheeses treated by high-pressure at different stages of maturation. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 48, p. 268-275, 2012.

DELGADO, F. J. et al. Proteolysis, texture and colour of a raw goat milk cheese throughout the maturation. **European Food Research and Technology**, Gewerbestrasse, v. 233, p. 483–488, 2011.

DE NONI, I.; BATTELLI, G. Terpenes and fatty acid profiles of milk fat and "Bitto" cheese as affected by transhumance of cows on different mountain pastures. **Food Chemistry**, London, v. 109, p. 299–399, 2008.

DE PAULA, J. C. J.; CARVALHO, A. F.; FURTADO, M. M. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. **Revista do Instituto de Laticínios "Cândido Tostes"**, Juiz de Fora, v. 64, n. 367/368, p. 19-25, 2009.

DIAS, G. **Influencia do uso de *Geotrichum Candidum*, nas características físico-químicas e sensoriais do queijo tipo camember**. 2007. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

DI GIACOMO, G.; DEL RE, G.; SPERA, D. Milk whey treatment with recovery of valuable products. **Desalination**, Amsterdam, v. 108, p. 273-276, 1996.

DIMICK, P. S.; WALKER, N. J.; PATTON, S. Occurrence and biochemical origin of aliphatic lactones in milk fat: a review. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Easton, v. 17, p. 649–655, 1969.

DONOVAN, M.; MULVIHILL, D. M. Thermal denaturation and aggregation of whey proteins. **Irish Journal of Food Science and Technology**, Carlow, v. 11, p. 87-100, 1987.

DORĐEVIĆ, J. **Mleko**: hemija i fizika mleka. Beograd: Naučna knjiga, 1987.

DRAKE, M. A.; MIRACLE, R. E.; WRIGHT, J. M. Sensory properties of dairy proteins. In: THOMPSON, A.; BOLAND, M.; SINGH, H. (Ed.). **Milk proteins**: from expression to food. Amsterdam: Elsevier, 2009. p. 429–448.

DUMONT, J. P.; DEGAS, C.; ADDA, J. Flavour of Pont-l'Évêque. determination of volatile compounds quantitatively minor. **Lait**, Paris, v. 56, p. 553-554, 1976.

DUMONT, J. P. et al. Etude des composés neutres volatils présents dans le camembert. **Le Lait**, Paris, v. 54, n. 538, p. 501–516, 1974.

DUMONT, J. P.; ROGER, S.; ADDA, J. L'arôme du camembert; autres composés mineurs mis en évidence. **Lait**, Paris, v. 56, p. 595-599, 1976.

DURANTI, M. et al. Heat-induced changes of milk proteins: α -lactalbumin rocket immunoelectrophoretic detection of alpha lactalbumin. **Milchwissenschaft**, Osnabrück, v. 44, n. 3, p. 142-144, 1989.

ECK, A. **O queijo**. Lisboa: Europa-América, 1987. (Coleção Euroagro, 1).

EISENREICH, W.; ROHDICH, F.; BACHER, A. Deoxyxylulose Phosphate Pathway to Terpenoids. **Trends in Plant Science**, Amsterdam, v. 6, n. 2, p. 78-84, 2001.

ELFAGM, A. A.; WHEELLOCK, J. V. Effect of heat on α -lactalbumin and β -lactoglobulin in bovine milk. **Journal Dairy Research**, Cambridge, v. 44, n. 2, p. 367-371, 1977.

ELFAGM, A. A.; WHEELLOCK, J. V. Heat interaction between α -lactalbumin, β -lactoglobulin and casein in bovine milk. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 61, n. 2, p. 159-163, 1978b.

ELFAGM, A. A.; WHEELLOCK, J. V. Interaction of bovine α -lactalbumin and β -lactoglobulin during heating. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 61, n. 1, p. 28-32, 1978a.

EL SODA, M. et al. Lipolytic activity of cheese related microorganisms and its impact on cheese flavor. In: CHARALAMBOUS, G. (Ed.). **Food flavors, generation analysis and process influence**. New York: Elsevier Science, 1995. p. 1823-1847.

EMMONS, D. B. Economic importance of cheese yield. In: _____. **Factors affecting the yield of cheese**. Brussels: International Dairy Federation, 1993. p. 10-11.

ENGEL, E. et al. Evolution of the composition of a selected bitter Camembert cheese during ripening: release and migration of taste active compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, p. 2940-2947, 2001.

ENGELS, W. J. M. et al. Comparative study of volatile compounds in the water-soluble fraction of various types of ripened cheese. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 7, p. 255-263, 1997.

EVANS, J. et al. Comparison of composition and sensory properties of 80% whey protein and milk serum protein concentrates. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 93, n. 5, p. 1824-1843, 2010.

EVERARD, C. D. et al. Effects of cutting intensity and stirring speed on syneresis and curd losses during cheese manufacture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 7, p. 2575-2582, 2008.

EXTRALAB, B. **Programa Exponent Lite Express**: versão 5.0. Jarinú: TEE32, 2010.

FARKYE, N. Y. Contribution of milk clotting enzymes and plasmin to cheese ripening. In: MALIN, E. L.; TUNICK, M. H. **Chemistry of structure**: function relationships in cheese. New York: Plenum, 1995. p. 195-207.

FARRELL JÚNIOR, H. M.; THOMPSON, M. P. Physical equilibria: proteins. In: WEBB, B.; ALFORD, J. (Ed.). **Fundamentals of dairy chemistry**. 2nd ed. Westport: AVI, 1974. p. 442-473.

FAVARO, G. Traceability of Asiago mountain cheese: a rapid, low-cost analytical procedure for its identification based on solid-phase microextraction. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, p. 3426–3434, 2005.

FENELON, M. A.; GUINEE, T. P. The effect of milk fat on Cheddar cheese yield and its prediction using modifications of the Van Slyke cheese yield formula. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, p. 2287–2299, 1999.

FENNEMA, O. R.; PARKIN, K. L.; DAMODARAN, S. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, E. et al. Terpenoids and benzenoids in La Serena cheese made at different seasons of the year with a *Cynara cardunculus* extract as coagulant. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 18, p. 147–157, 2008.

FOEGEDING, E. A.; DRAKE, M. A. Invited review: sensory and mechanical properties of cheese texture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 4, p. 1611-1624, 2007.

FONTANILLE, P. **Biotransformation de α -pinene oxyde en cis-2 methyl-5-isopropylhexa-2,5-dienal (isonovalal) par *Pseudomonas rhodesiae* CIP 107491**. 2002. 263 p. Thesis (PhD) - Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 2002.

FOOD INGREDIENTS. **Dossiê concentrados**. 2015. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com/edicoes/75/mobile/index.html#p=42>>. Acesso em: 12 out. 2105.

FOX, P. F. et al. **Cheese: chemistry, physics and microbiology**. 2nd ed. London: Chapman & Hall, 1993. 579 p.

FOX, P. F. et al. Cheese rheology and texture. In: _____. **Fundamentals of cheese science**. Gaithersburg: Aspen, 1998. p. 305-340.

FOX, P. F. et al. **Fundamentals of cheese science**. Gaithersburg: Aspen, 2000. 544 p.

FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. **Advanced dairy chemistry**. 3rd ed. New York: Academic/Plenum, 2003.

FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. **Dairy chemistry and biochemistry**. London: Chapman & Hall, 1998.

FOX, P. F. Proteolysis during cheese manufacture and ripening. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, p. 1379–1400, 1989.

FOX, P. F. Significance of salt in cheese ripening. **Dairy Industries International**, Londres, v. 52, n. 9, p. 19-21, 1987.

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

FOX, P. F. The major constituents of milk. In: SMITH, G. **Dairy processing: improvind quality**. New York: CRC, 2003.

FRANCOLINO, S. et al. Use of milk protein concentrate to standardize milk composition in Italian citric Mozzarella cheese making. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 43, p. 310–314, 2010.

FRANKEL, E. N.; NEFF, W. E.; SELKE, E. Analysis of autooxidized fats by gas chromatography-mass spectrometry: VIII volatile thermal decomposition products of pure hydroperoxides from autooxidized and photosensitized methyl oleate, linaleate, and linolenate. **Lipids**, Champaign, v. 16, p. 279–285, 1981.

FRIEDMAN, M. Food browning and its prevention. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Easton, v. 44, p. 631–653, 1996.

FURTADO, M. M. **A arte e a ciência do queijo**. São Paulo: Globo, 1991. 297. 297 p.

FURTADO, M. M.; LOURENÇO NETO, J. P. **Tecnologia de queijos**: manual técnico para a produção industrial de queijos. São Paulo: Dipemar, 1994. 118 p.

FURTADO, M. M. **Principais problemas dos queijos**: causas e prevenção. São Paulo: Comunicações, 2005. 200 p.

FURTADO, M. M. **Queijos especiais**. São Paulo: Setembro, 2013. 275 p.

FURTADO, M. M. **Queijos finos maturados por fungos**. São Paulo: Milk Bizz, 2003.

FURTADO, M. M. **Queijos finos maturados por fungos**. Viçosa, MG: UFV, 1989.124 p. (Apostila).

FURTADO, M. M.; WOLFSCHOON-POMBO, A. F. A fabricação de queijo Prato e Minas: estudo do rendimento. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 1, p. 3-19, 1979.

GALANI, D.; OWUSU APENTEN, R. K. Heat-induced denaturation and aggregation of β -lactoglobulin: kinetics of formation of hydrophobic and disulphide-linked aggregates. **International Journal of Food Science and Technology**, London, v. 34, p. 467-476, 1999.

GALLARDO-ESCAMILLA, F. J.; KELLY, A. L.; DELAHUNTY, C. M. Sensory characteristics and related volatile flavor compound profiles of different types of whey. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, p. 2689–2699, 2005.

GALLOIS, A. **Biosynthèse de la méthoxy-2-isopropyl-3-pyrazine par pseudomonas taetrolens**. 1984. 86 p. Thesis (Ph.D.) - Institut Nationale de Recherche Agronomique Paris Grignon, Paris, 1984.

GALLOIS, A.; LANGLOIS, D. New results in the volatile odorous compounds of French cheeses. **Le Lait**, Paris, v. 70, p. 89–106, 1990.

GARNOT, P.; MOLLE, D.; PIO, T. M. Influence of pH, type of enzyme and ultrafiltration on the retention of milk clotting enzymes in Camembert cheese. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 54, p. 315–320, 1987.

GEURTS, T. J.; WALSTRA, P.; MULDER, H. Brine composition and the prevention of the defect 'soft rind' in cheese. **Netherlands Milk Dairy Journal**, Amsterdam, v. 26, p. 168, 1972.

GIJS, L. et al. Retention of sulfur flavours by food matrix and determination of sensorial data independent of the medium composition. **Food Chemistry**, London, v. 69, p. 319-330, 2000.

GIRALDO-ZUÑIGA, A. D. Tecnologias aplicadas ao processamento do soro de queijo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 59, n. 340, p. 53-66, 2004.

GODOVAC-ZIMMERMANN, J.; BRAUNITZER, G. Modern aspects of the primary structure and function of β -lactoglobulins. **Milchwissenschaft**, Kempten, v. 42, n. 5, p. 294-297, 1987.

GONZÁLEZ, V.; GIOIELLI, L. A.; OLIVEIRA, M. N. Influência do tamanho da amostra e da lubrificação na determinação da textura instrumental de queijo tipo Minas frescal. **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 109-113, 1998.

GREEN, M. L.; FOSTER, P. D. M. Comparison of the rates of proteolysis during ripening of Cheddar cheeses made with calf rennet and swine pepsin as coagulants. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 41, n. 2, p. 269-282, 1974.

GRIPON, J. C. et al. Microbial enzymes in cheese ripening. In: FOX, P. F. (Ed.). **Food enzymology**. London: Elsevier, 1991. v. 1, p. 131-169.

GRIPON, J. C. Flavour and texture in soft cheese. In: LAW, B. A. (Ed.). **Microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk**. London: Chapman & Hall, 1997. p. 195-199.

GRIPON, J. C. Mould-ripened cheeses. In: FOX, P. F. (Ed.). **Cheese: chemistry, physics and microbiology**. 2nd ed. London: Chapman & Hall, 1993. p. 111-136.

GUICHARD, E.; LANGOURIEUX, S. Measurement of interaction between β -lactoglobulina and flavor compounds by affinity and exclusion size chromatography. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Easton, v. 80, p. 347-360, 2000.

GUINEE, T. P.; FOX, P. F. Salt in cheese: physical, chemical, and biological aspects. In: FOX, P. F. **Cheese: physical, chemical, and microbiological**. London: Elsevier, 1987. v. 1, p. 251-297.

GUNASEKARAN, S.; AK, M. **Cheese rheology and texture**. Boca Raton: CRC, 2003.

GUYOMARC'H, F. et al. Lactosylation of milk proteins during the manufacture and storage of skim milk powders. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 10, p. 863-872, 2000.

HAAHR, A. M. et al. Flavour release of aldehydes and diacetyl in oil/water systems. **Food Chemistry**, London, v. 71, p. 355-362, 2000.

HA, J. K.; LINDSAY, R. C. Contributions of cow, sheep, and goat milks to characterizing branched-chain fatty acid and phenolic flavors in varietal cheeses. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3267–3274, 1991.

HIDALGO, F. J.; KINSELLA, J. E. Changes induced in β -lactoglobulin B following interactions with linoleic acid 13-hydroperoxide. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 37, p. 860–866, 1989.

HILLIER, R. M.; LYSTER, R. L. J.; CHEESEMAN, G. C. Whey protein denaturation in heated milk and cheese whey. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 46, n. 1, p. 103-111, 1979.

HINRICHS, J. Incorporation of whey proteins in cheese. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 11, p. 495–503, 2001.

HOBMAN, P.G. Ultrafiltration and manufacture of whey protein concentrates. In: ZADOW, J. G. (Ed.). **Whey and lactose processing**. New York: Elsevier, 1992. p. 195-230.

HOFFMANN, C. M. **Estudo da utilização de concentrado protéico de soro de queijo ultrafiltrado (CLPSU), em requeijão cremoso**. 2003.101 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

HOLMES, D. G.; DUERSCH, J. W.; ERNSTROM, C. A. Distribution of milk clotting enzymes between curd and whey and their survival during Cheddar cheese making. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 60, p. 862–869, 1977.

HOLT, C.; HORNE, D. S. The hairy casein micelle: evolution of the concept and its implications for dairy technology. **Netherlands Milk Dairy Journal**, Amsterdam, v. 50, p. 85–111, 1996.

HORNE, D. S. Casein micelle structure and stability. In: THOMPSON, A.; BOLAND, M.; SINGH, H. **Milk protein: from expression to food**. New York: Academic, 2009. p. 133-157.

HOU, J. et al. Effect of curd washing on cheese proteolysis, texture, volatile compounds, and sensory grading in full fat Cheddar cheese. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 34, p. 190-198, 2014.

HUFFMAN, L. M. Processing whey protein for use as a food ingredient. **Food Technology**, Chicago, v. 2, p. 49-52, 1996.

JACK, F. R.; PATERSON, A. Texture of hard cheeses. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 3, n. 7, p. 160-164, 1992.

JAYAPRAKASHA, H. M.; BRUECKNER, H. Whey protein concentrate: a potential functional ingredient for food industry. **Journal of Food Science and Technology**, Nova York, v. 36, p. 189-204, 1999.

JO, C.; AHN, D. U. Fat reduces volatiles production in oil emulsion system analysed by purge-and-trap dynamic headspace/gas chromatography. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 4, p. 641-643, 1999.

JOHNSON, M. E.; LUCEY, J. A. Major technological advances and trends in cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, p. 1174-1178, 2006.

JOLLIVET, N.; BELIN, J. M.; VAYSSIER, Y. Comparison of volatile flavor compounds produced by ten strains of *Penicillium camemberti* Thom. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, p. 1837-1844, 1993.

JOLLIVET, N. M. C. et al. Production of volatile compounds in liquid cultures by six strains of coryneform bacteria. **Applied Microbiology and Biotechnology**, New York, v. 36, p. 790-794, 1992.

JOLLIVET, N. et al. Production of volatile compounds in model milk and cheese media by eight strains of *Geotrichum candidum*. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 61, p. 241-248, 1994.

JOVANOVIĆ, S.; MAĆEJ, O.; BARAĆ, M. The characteristics of coaggregates and coprecipitates based cheeses. **Biotechnology in Animal Husbandry**, Belgrado, v. 21, p. 147-173, 2005.

JULIANO, A. M. M.; PETRUS, J. C. C.; TORRANO, A. D. M. Recuperação por ultrafiltração das proteínas do soro para fabricação de queijos. **Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes**, Juiz de Fora, v. 42, p. 3-6, 1987.

KARAGUL-YUCEER, Y.; CADWALLADER, K. R.; DRAKE, M. A. Volatile flavor components of stored nonfat dry milk. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 305-312, 2002.

KARAGUL-YUCEER, Y.; DRAKE, M. A.; CADWALLADER, K. R. Aroma-active components of liquid cheddar whey. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, p. 1215-1219, 2003.

KARAGUL-YUCEER, Y.; DRAKE, M. A.; CADWALLADER, K. R. Aroma-active components of nonfat dried milk. **Journal Agricultural. Food Chemistry**, London, v. 49, p. 2948–2953, 2001.

KARAGUL-YUCEER, Y.; DRAKE, M. A.; CADWALLADER, K. R. Evaluation of the character impact odorants in skim milk powder by sensory studies on model mixtures. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 19, p.1–14, 2004.

KARAHADIAN, C.; JOSEPHSON, D. B.; LINDSAY, R. C. Contribution of *Penicillium* sp. to the flavors of Brie and Camembert cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, p. 1865–1877, 1985a.

KARAHADIAN, C.; JOSEPHSON, D. B.; LINDSAY, R. C. Volatile compounds from *Pencillium* sp. contributing musty-earthly notes to Brie and Camembert cheese flavors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 33, p. 339–343, 1985b.

KARDEL, G.; FURTADO, M. M.; LOURENÇO NETO, J. P. M. O uso de lipase na fabricação de queijo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 50, n. 295, p. 45-49, 1995.

KATSIARI, M. C. et al. Manufacture of Kefalograviera cheese with less sodium by partial replacement of NaCl with KCl. **Food Chemistry**, London, v. 61, n. 1/2, p. 63-70, 1998.

KATSIARI, M. C. et al. Reduction of sodium content in Feta cheese by partial substitution of NaCl by KCl. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 7, p. 465- 472, 1997.

KEENEY, M.; DAY, E. A. Probable role of the Strecker degradation of amino acids in development of cheese flavor. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 40, p. 874–876, 1957.

KINSELLA, J. E. Relationships between structure and functional properties of food proteins. In: FOX, P. F.; CONDON, J. J. **Food proteins**. New York: Applied Science, 1982. p. 51-103.

KIRCHMEIER, O.; KAMAL, N. M.; KLOSTERMEYER, H. Heat treatment of milk and development of SH-groups. **Milchwissenschaft**, Osnabrück, v. 40, n. 12, p. 722-724, 1985.

KOSIKOWSKI, F. V.; MISTRY, V. V. **Cheese and fermented milk foods**. 3rd ed. Ann Arbor: Edwards Bros, 1997.

KRUIF, C. G.; HOLT, C. **Casein micelle structure, functions and interactions**. In: FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. **Advanced dairy chemistry**. 3rd ed. New York: Academic/Plenum, 2003. v. 1, p. 233-276.

KRUIF, C. G. Supra-aggregates of casein micelles as a prelude to coagulation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, p. 3019–3028, 1998.

KUBICKOVA, J.; GROSCH, W. Evaluation of flavour compounds of Camembert Cheese. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 8, p. 11–16, 1998a.

KUBICKOVA, J.; GROSCH, W. Quantification of potent odorants in Camembert Cheese and calculation of their odour activities values. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 8, p. 17–23, 1998b.

KUBICKOVA, J.; GROSCH, W. Quantification of potent odorants of Camembert Cheese by dilution and concentration techniques. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 7, p. 65–70, 1997.

LARSEN, T. O. Volatile Flavour Production by *Penicillium caseifulvum*. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 8, n. 10/11, p. 883–887, 1998.

LARSEN, T. O. Identification of cheese-associated fungi using selected ion monitoring of volatile terpene. **Letter Applied Microbiology**, Weinheim, v. 24, p. 463–466, 1997.

LAW, B. A. **Microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk**. 2nd ed. London: Blackie Academic and Professional, 1997. 31 p.

LAWRENCE, R. C. Cheese yield potential of milk. In: EMMONS, D. B. **Factors affecting the yield of cheese**. Brussels: International Dairy Federation, 1993a. p. 109-120.

LAWRENCE, R. C.; CREAMER, L. K.; GILLES, J. Texture development during cheese ripening. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 70, p. 1748–1760, 1987.

LAWRENCE, R. C. Incorporation of whey proteins in cheese. In: _____. **Factors affecting the yield of cheese**. Brussels: IDF, 1993b. p. 79-87.

LAWRENCE, R. J. **The use of ultrafiltration technology in cheesemaking.** Brussels: IDF, 1989. p. 3-15. (Bulletin, 240).

LEBLANC, D. et al. Short chain fatty acid esters synthesis by commercial lipases in low-water systems and by resting microbial cells in aqueous medium. **Biotechnology Letters**, London, v. 20, n. 12, p. 1127-1131, 1998.

LE GRAET, Y.; BRULE, G. Migration des macro et oligo-éléments dans un fromage à pâte mole de type Camembert. **Lait**, Paris, v. 68, p. 219-234, 1988.

LE GRAET, Y. et al. Migration du calcium et des phosphates inorganiques dans les fromages pâte molle de type Camembert au cours de l'affinage. **Le Lait**, Paris, v. 63, n. 629-630, p. 317-332, 1983.

LE QUÉRÉ, J. L. et al. Identification and sensory evaluation of the character-impact compounds of goat cheese flavor. In: WEURMAN FLAVOUR RESEARCH SYMPOSIUM, 8., 1996, Reading. **Proceedings...** Reading: The Royal Society of Chemistry, 1996. p. 325-330.

LECLERCQ-PERLAT, M. N.; CORRIEU, G.; SPINLER, H. E. Controlled production of camembert-type cheeses: Part III: Role of the ripening microflora on free fatty acid concentrations. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 74, p. 218-225, 2007.

LECLERCQ-PERLAT, M. N. et al. Controlled production of camembert-type cheeses. Part I: Microbiological and physicochemical evolutions. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 71, n. 3, p. 346-354, 2004.

LECLERCQ-PERLAT, M. N. et al. Microbiological and biochemical aspects of camembert-type cheeses depend on atmospheric composition in the ripening chamber. **Journal of Dairy Science**, Cambridge, v. 89, n. 8, p. 3260-3273, 2006.

LEE, C. W.; RICHARD, J. Catabolism of L-phenylalanine by some microorganisms of cheese origin. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 51, p. 461-469, 1984.

LEE, Y. B. et al. Formation of volatile compounds in whey protein concentrate during elevated temperature storage as a function of water activity. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 6, p. 485-496, 1996.

LIMA, D. C.; GOULART, P. F. P.; OLIVEIRA, R. M. E. Avaliações sensorial, físico-química e microbiológica de queijo *Camembert* em diferentes tempos de maturação. **Revista do Instituto de Laticínio Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 372, n. 65, p. 41-46, 2010.

LUCEY, J. A.; GORRY, C. **Effect of simplesse 100 on the manufacture of low fat Cheddar cheese**. In: CHEESE yield & factors affecting its control. Brussels: IDF, 1994. p. 439–447.

LUCEY, J. A.; KELLY, J. Cheese yield. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 47, p. 1–14, 1994.

MAĆEJ, O. D.; JOVANOVIĆ, S. T. Formation of complex between casein and whey proteins in heat-treated milk. **Acta Periodica**, Novi Sad, v. 31, p. 83-93, 2000.

MAĆEJ, O. D. **Prilog proučavanju koprecipitata radi potpunijeg iskorišćavanja belančevina mleka**. Beograd: Poljoprivredni fakultet, Magistarski rad, 1983.

MAĆEJ, O. Proučavanje mogućnosti izrade mekih sireva na bazi koagregata belančevina mleka. Beograd: Doktorska disertacija, Univerzitetu, 1989.

MACHADO, M. **Evolução da textura e composição do queijo Serpa durante a sua maturação**. 2003. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Alimentos) - Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2003.

MAGA, J. A. Pyrazine in foods: an update. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Massachusetts, v. 16, p. 1-47, 1982.

MAHAJAN, S. S.; GODDIK, L.; QIAN, M. C. Aroma compounds in sweet whey powder. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 12, p. 4057-63, 2004.

MALLATOU, H.; PAPA, E.; MASSOURAS, T. Changes in free fatty acids during ripening of Teleme cheese made with ewes', goats', cows' or a mixture of ewes' and goats' milk. **International Dairy Journal**, Amsterdam. v. 13, p. 211-219, 2003.

MANDINO, M. E. Physicochemical aspects of whey protein functionality. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, n. 11, p. 2711-2722, 1984.

MARILLEY, L.; VICKERS, M. G. C.; REINECCIUS, G. A. Flavors of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 18, p. 649–657, 2008.

MARILLEY, L.; CASEY, M. G. Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 90, p. 139-159, 2004.

MARTIN, B. et al. How do the nature of forages and pasture diversity influence the sensory quality of dairy livestock products? **Animal Science**, Cambridge, v. 81, p. 205–212, 2005.

MATTHEWS, R. F.; BRADDOCK R. J. Recovery and application of essential oils from oranges. **Food Technology**, Chicago, v. 41, n. 1, p. 57-61, 1987.

MAVROPOULOU, I. P.; KOSIKOWSKI, F. V. Free amino acids and soluble peptides of whey powders. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 56, p. 1135–1138, 1972.

MCCRAE, C. H.; LAW, A. J. R.; LEAVER, J. Emulsification properties of whey proteins in their natural environment: effect of whey protein concentration at 4 and 18% milk fat. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 13, n. 5, p. 389-399, 1999.

MCGUGAN, W. A.; LARMOND, E.; EMMONS, D. B. Some observations on the flavor of acid whey. **Institut Canadien de Science et Technologie Alimentaires**, Toronto, v. 12, p. 3–35, 1979.

MCSWEENEY, P. L. H.; FOX, P. F. Metabolism of residual lactose and of lactate and citrate. In: FOX, P. F. et al. (Ed.). **Cheese: chemistry, physics and microbiology**. 3rd ed. London: Elsevier, 2004. v. 1, p. 361–372.

MCSWEENEY, P. L. H. et al. Proteolytic specificity of chymosin on bovine α 1-casein. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 60, p. 401–412, 1993.

McSWEENEY, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 57, n. 2/3, p. 127-144, 2004.

MCSWEENEY, P. L. H. et al. Proteolysis of bovine α 2-casein by chymosin. **Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung**, Berlin, v. 199, n. 6, p. 429-432, 1994.

MCSWEENEY, P. L. H.; SOUSA, M. J. Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheese during ripening. **Le Lait**, Paris, v. 80, p. 293–324, 2000.

MEHAIA, M. A.; CHERYAN, M. Coagulation studies of ultrafiltration concentrates skimmlik. **Milshwissenschaft**, Berlin, v. 38, n. 12, p. 708-710, 1983.

MIETTON, B. **Courses on cheesemaking technology**. Poligny: National Dairy School of Poigny, 1991.

MIETTON, B. et al. Transformation du lait en fromage. In: ROISSART, H.; LUQUET, F.; LORICA, M. **Bactéries lactiques**. Uriage: [s. n.], 1994. Chap. 4, p. 55-131.

MILKPOINT. **Mercado de queijos cresce no país e atrai estrangeiros**. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/giro-lacteo/mercado-de-queijos-cresce-no-pais-e-atrai-estrangeiros-91686n.aspx-2014>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

MILLER, G. D.; JARVIS, J. K.; MC BEAN, L.D. **Handbook of dairy products and nutrition**. 2nd ed. Illinois: CRC, 2000.

MILLS, O. E. Flavor of whey protein concentrate. In: INTERNATIONAL FLAVOR CONFERENCE, 7., 1993, New York. **Proceedings...** New York: Elsevier, 1993. p. 139-149.

MILTZ, J.; ELISHA, C.; MANNHEIM, C. H. Sensory threshold of styrene and the monomer migration from polystyrene food packages. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 12, p. 151–168, 1980.

MIZUBUTI, I. Y. Soro de leite; composição, processamento e utilização na alimentação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 15, n. 1, p. 80-94, 1994.

MODLER, H. W. Milk processing. In: NAKAI, S.; MODLER, W. (Ed.). **Food proteins: processing applications**. Weinheim: Wiley-VCH, 2000. p. 1-21.

MOINAS, M.; GROUX, M.; HORMAN, I. Cheese flavour III. Identification of some minor constituents of Camembert aroma. **Le Lait**, Paris, v. 55, p. 414–417, 1975.

MOIO, L.; ADDEO, F. Grana Padano cheese aroma. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 65, p. 317-333, 1998.

MOIO, L. et al. Volatile flavour compounds of water buffalo Mozzarella cheese. **Italian Journal of Food Science**, Cambridge, v. 5, p. 57-68, 1993.

MOLIMARD, P.; LE-QUERE, J. L.; SPINNLER, H. E. Les lipides et la flaveur des produits laitiers. **Oleagineux Corps Gras Lipides**, Montrouge, v. 4, p. 301-311, 1997.

MOLIMARD, P.; SPINNLER, H. E. Review: compounds involved in the flavor of surface mold-ripened cheeses: origins and properties. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 79, p. 169-184, 1996.

MORR, C. V. A collaborative study to develop a standardised food protein solubility procedure. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, p. 1715-1718, 1985.

MORR, C. V.; HA, E. Y. W. Off-flavors of whey protein concentrates: a literature review. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 1, p. 1-11, 1991.

MORTENSON, M. A.; ZATA, M. Flavor of whey protein concentrates and isolates. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 18, n. 6, p. 649-657, 2008.

MOTTAR, J. et al. Effect of heat-induced association of whey proteins and casein micelles on yogurt texture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, p. 2247-2256, 1989.

MOUNIER, J. et al. Surface micro flora of four smear ripened cheeses. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 71, n. 11, p. 6489-6500, 2005.

MULDER, M. **Basic principles membrane technology**. 2nd ed. Netherlands: Kluwer Academic, 1996. 564 p.

MULVIHILL, D. M.; KINSELLA, J. E. Gelation characteristics of whey proteins and β -lactoglobulin. **Food Technology**, Chicago, v. 41, p. 102-111, 1987.

- NIELSEN, W. North European varieties of cheese II. In: FOX, P. F. (Ed.). **Cheese: chemistry, physics and microbiology**. 2nd ed. London: Chapman & Hall, 1993. v. 2, p. 247–253.
- NOGUEIRA, M. C. L.; LUBACHEVSKY, G.; SCOTT, A. R. A study of the volatile composition of Minas cheese. **LWT**, Amsterdam, v. 38, p. 555-563, 2005.
- NOLLET, L.; TOLDRÁ, F. **Handbook of dairy foods analysis**. New York: CRC, 2010.
- NOOMEN, A. The role of the surface flora in the softening of cheeses with a low initial pH. **Netherlands Milk Dairy Journal**, Amsterdam, v. 37, p. 229-232, 1983.
- O'CONNEL, J. E.; FOX, P. F. Heat induced coagulations of milk. In: FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. **Advanced dairy chemistry**. 3rd ed. New York: Academic, 2003. v. 1, p. 879-930.
- OLDFIELD, D. J.; SINGH, H.; TAYLOR, M. Kinetics of denaturation and aggregation of whey protein in skim milk heated in an ultra-high temperature (UHT) pilot plant. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 8, p. 311-318, 1998.
- OLIVEIRA, A. **Leite: fatores que influenciam na acidez**. Disponível em: <<http://www.cpt.com.br/cursos-bovinos-gadodeleite/artigos/leite-fatores-que-influenciam-na-acidez>>. Acesso em: 23 set. 2015.
- OLIVEIRA, D. F.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista do Instituto Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 385, n. 67, p. 64-71, 2012.
- ONWULATA, C. I. Milk whey processes: current and future trends. In: ONWULATA, C. I.; HUTH, P. J. (Ed.). **Whey processing, functionality, and health benefits**. Ames: Wiley-Blackwell, 2008. p. 369-391.
- OWOLABIA, M. S. et al. chemical composition and bioactivity of the essential oil of *Chromolaena odorata* from Nigeria. **Records of Natural Products**, Berlin, v. 4, n. 1, p. 72-78, 2010.

PAMPLONA, E. O.; SILVA, W. F. Contribuição da simulação de Monte Carlo na projeção de cenários para gestão de custos na área de laticínios. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CUSTOS, 9., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: [s. n.], 2005. p. 13.

PARLIMENT, T. H.; KOLOR, M. G.; RIZZO, D. J. Volatile components of Limburger cheese. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 30, p. 1006–1008, 1982.

PEDERSEN, P. J.; OTTESEN, N. **New applications of membrane processes** Brussels: IDF, 1992. p. 67-76.

PELLETIER, E.; KAI, S.; GUICHARD, E. Measurement of interactions between $\hat{\alpha}$ -lactoglobulin and flavor compounds (esters, acids, and pyrazines) by affinity and exclusion size chromatography. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 46, p. 1506-1509, 1998.

PEREIRA, A. C. P. **Características físicas, químicas e microbiológicas de queijos tipo Brie e tipo Camembert produzidos no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2014.

PORTER, M. C.; NELSON, L. Ultrafiltration in the chemical food processing, pharmaceutical and medical industries. In: LI, N. N. (Ed.). **Recent developments in separation science**. Cleveland: CRC, 1980. p. 227-267.

QUACH, M. L.; CHEN, X. D.; STEVENSON, R. J. Headspace sampling of whey protein concentrate solutions using solid-phase microextraction. **Food Research International**, Barking, v. 31, p. 371–379, 1999.

RANK, T. C.; GRAPPIN, R.; OLSON, N. F. Secondary proteolysis of cheese during ripening: A review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, p. 807, 1985.

REHMAN, S. U.; FARKYE, N. Y.; YIM, B. Use of dry milk protein concentrate in pizza cheese manufactured by culture or direct acidification. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 12, p. 3841–3848, 2003.

RHAM, O.; CHANTON, S. Role of ionic environment in insolubilization of whey protein during heat treatment of whey products. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, n. 5, p. 939-949, 1984.

RIBEIRO, J. C. B. **Avaliação da qualidade de queijos maturados por *Penicillium Candidum***. 2012. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2012.

RIBEIRO, M. **Textura de queijo: um estudo de variáveis de processamento**. 1998. 165 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 1998.

RICHARD, J.; ZADI, H. Dominant bacterial-flora of camembert cheese made from raw-milk. **Lait**, Paris, v. 63, n. 623, p. 25-42, 1983.

ROGER, S.; DEGAS, C.; GRIPON, J.C. Production of phenyl ethyl alcohol and its esters during ripening of traditional Camembert. **Food Chemistry**, London, v. 28, p. 129-140, 1988.

ROLLEMA, H. S. Casein association and micelle formation. In: FOX, P.F. **Advanced Dairy chemistry**. 2nd ed. Essex: Elsevier Applied Science, 1992. v. 1, p. 111-140.

ROMAN, J. V. A.; SGARBIERI, V. C. Obtenção e caracterização química e nutricional de diferentes concentrados de caseína. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 75-83, 2005.

ROSENBERG, M. et al. Viscoelastic property changes in cheddar cheese during ripening. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, p. 640-644, 1995.

SASKIA, M. et al. Influence of composition and structure of oil-in-water emulsions on retention of aroma compounds. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, Hoboken, v. 32, p. 1028-1035, 2002.

SAWYER, L.; KONTOPIDIS, G.; WU, S. Y. β -lactoglobulin- a three-dimensional perspective. International. **Journal Food Sciency Technology**, Heidelberg, v. 34, p. 409-418, 1999.

SCHUCK, P.; JEANTET, R.; CARVALHO, A. F. **Lactose crystallization and drying of whey**. Viçosa, MG: UFV, 2010.

SCHUCK, P. Spray drying of dairy products: state of the art. **Le Lait**, Paris, v. 82, n. 4, p. 375- 382, 2002.

SCHUCK, P. Understanding the factors affecting spray-dried dairy powder properties and behaviour. In: CORREDIG, M. **Dairy-derived ingredients: food and nutraceutical uses**. Boca Raton: CRC, 2009. p. 24 -50.

SCOTT, R.; ROBINSON, R. R. K.; WILBEY, R. A. **Cheese making practice**. New York: Springer, 1998. 449 p.

SGARBIERI, V. C. Revisão: Propriedades estruturais e físico-químicas das proteínas do leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, Chicago, v. 8, n. 1, p. 43-56, 2005.

SHIMADA, K.; CHEFTEL, J. C. Texture characteristics, protein solubility, and sulphhydryl group/ disulfide bond content of heat-induced gels of whey protein isolate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 36, p. 1018-1025, 1989.

SHOEMAKER, C. F. et al. Rheological characterization of dairy products. **Food Technology**, Chicago, v. 46, n. 1, p. 98-104, 1992.

SICARD, M. **Methodes, concepts et outils des systemes complexes pour maitriser les procedes alimentaires application a l'affinage de Camemberts**. 2010. 162 p. Thèse (Spécialité: Génie des Procédés Alimentaires) - L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), Paris, 2010.

SILVA, C. R. B. **Efeito do uso de *Lactobacillus casei* como cultura adjunta na qualidade tecnológica de queijo Prato com reduzido teor de gordura**. 2006. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 2006.

SILVA, P. H. F. et al. **Físico-química do leite e derivados métodos analíticos**. Juiz de Fora: Oficina de Impressão Gráficas, 1997.

SILVA, W. S. **Comportamento mecânico do queijo de coalho tradicional, com carne seca, tomate seco e orégano armazenados sob refrigeração**. 2013. 74 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2013.

SINGH, H.; CREAMER, L.K. Denaturation, aggregation and heat stability of milk protein during the manufacture of skim milk powder. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 58, n. 3, p. 269-283, 1991.

SINGH, H.; CREAMER L. K. Aggregation and dissociation of milk protein complexes in heated reconstituted concentrated skim milk. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, p. 238–246, 1991.

SINGH, T.; DRAKE, M. A.; CADWALLADER, K. R. Flavor of Cheddar cheese: a chemical and sensory perspective. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 2, p. 139-162, 2003.

SOARES, C. P. **Influência da redução de sal nas propriedades do queijo de São João da Ilha do Pico**. 2013. 113 p. Tese (Doutorado em Ciência Alimentar) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013..

SOLORZA, F. J.; BELL, A. E. The effect of calcium addition on the rheological properties of a soft cheese at various stages of manufacture. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 51, p. 23–29, 1998.

SOSTMANN, K.; GUICHARD, E. Flavour binding by β -lactoglobulin: different approaches. In: KRUSE, H. P.; ROTHE, M. (Ed.). Flavor perception aroma evaluation. Eisenach: Eigenverlag Universität at Postdam, 1998. p. 425–434.

SOUZA, A. B. et al. Parâmetros de textura em queijos processados: influência da utilização de concentrados lácteos proteicos de leite e de soro. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 69, n. 3, p. 181-192, 2014.

SPINNLER, H. E.; GRIPON, C. Surface mould-ripened cheeses cheese: chemistry, physics and microbiology. In: FOX, P. F. et al. (Ed.). **Cheese: chemistry, physics and microbiology**. London: Chapman & Hall, 2004. 456 p.

SPINNLER, H. E.; GROSJEAN, O.; BOUVIER, I. Effect of culture parameters on the production of styrene (Vinyl Benzene) and 1-Octene-3-ol by *Penicillium caseicolum*. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 59, p. 533-541, 1992.

STADHOUDERS, J.; HUP, G.; VAN DER WALLS, C. B. Determination of calf rennet in cheese. **Netherlands Milk and Dairy Journal**, Amsterdam, v. 31, p. 3-15, 1977.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS procedure guides for computers**. 6th ed. Cary, 2014. v. 3, 373 p.

STEPHANI, R. **Comportamento de produtos lácteos protéicos em diferentes condições simuladas de processamento térmico**. 2010. 147 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

STEVENSON, R. J.; CHEN, X. D. A study of volatile “trapping” in spray-dried whey protein concentrate by “crushing” and/or vacuuming, and detection by solid-phase microextraction/gas chromatography/mass spectrometry. **Food Research International**, Barking, v. 29, p. 495–504, 1996.

SURIYAPHAN, O. et al. Characteristic aroma components of British farmhouse Cheddar cheese. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, p. 1382–1387, 2001.

SWAISGOOD, H. E. Characteristics of milk. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Food chemistry**. 3rd ed. New York: M. Dekker, 1996.

SWAISGOOD, H. E. Chemistry of the caseins. In: FOX, P. F. (Ed.). **Advanced dairy chemistry**. London: Elsevier Applied Science, 1992. p. 63–110.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002.

TAMINE, A. Y. **Dairy powders and concentrated products**. Kingdom: Wiley-Blackwell, 2009.

TUNICK, M. H. et al. Proteolysis and rheology of low-fat and full-fat Mozzarella cheeses prepared from homogenized milk. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, p. 3621-3628, 1993.

TUNICK, M. H. Rheology of dairy food that gel, stretch and fracture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, p.1892–1898, 2000.

TUNICK, M. H. Whey protein production and utilization: a brief history. In: ONWULATA, C.; HUTH, P. (Ed.). **Whey processing, functionality and health benefits**. New York: Wiley & Sons, 2008. 416 p.

UPADHYAY, V. K. et al. Proteolysis in cheese during ripening. In: FOX, P. F. et al. (Ed.). **Cheese: chemistry, physics and microbiology**. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier, 2004. p. 391-434.

URBACH, G. Relations between cheese flavour and chemical composition. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 3, p. 389–422, 1993.

U.S. DAIRY EXPORT COUNCIL. Características, funções e novas aplicações das proteínas do soro e suas novas frações. **Food Ingredients**, São Paulo, n. 17, p. 50-56, 2002.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P. A generalization of the retention index system including linear programmed gas liquid partition chromatography. **Journal Chromatography**, New York, v. 11, p. 463-471, 1963.

VAN RUTH, S. M.; VILLENUEVE, E. Influence of α lactoglobulin and presence of other aroma compounds on the retention of 20 aroma compounds in water. **Food Chemistry**, London, v. 79, p. 157, 2002.

VAN VLIET, T. et al. Rheological properties of casein gels. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 56, p. 529–534, 1989.

VARNAM, A. H.; SUTHERLAND, J. P. **Leche y productos lácteos: tecnología, química y microbiología**. Zaragoza: Acribia, 1995.

VASSAL, L. et al. Relation between pH, chemical composition and texture of Camembert cheese. **Le Lait**, Paris, v. 66, p. 341–351, 1986.

VASSAL, L.; GRIPON, J.C. Bitterness of cheeses of the camembert type: role of rennet and *Penicillium caseicolum*, means of its control. **Le Lait**, Paris, v. 64, p. 397–417, 1984.

VERDIER-METZ, I.; COULON, J. B.; PRADEL, P. Relationship between milk fat and protein contents and cheese yield. **Animal Research**, Washington, v. 50, p. 365-371, 2001.

VIALON, C. et al. Desorbed terpenes and sesquiterpenes from forages and cheese. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 66, p. 319-326, 1999.

VIALON, C. et al. Transfer of monoterpenes and sesquiterpenes from forages into milk fat. **Lait**, Paris, v. 80, p. 635–641, 2000.

VIDIGAL, M. C. T. R. et al. Effect of whey protein concentrate on texture of fat-free desserts: sensory and instrumental measurement. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 412-418, 2012.

VIOTTO, W. H.; CUNHA, C. R. Teor de sólidos do leite e rendimento industrial. In: MESQUITA, A. J.; DURR, L. W.; COELHO, K. O. **Perspectivas e avanços da qualidade do leite no Brasil**. Goiânia: Talento, 2006. v. 1, p. 241-258.

VISSER, S.; SLANGEN, K. J. On the specificity of chymosin (rennin) in its action on bovine β -casein. **Netherlands Milk and Dairy Journal**, Amsterdam, v. 31, p. 16–30, 1977.

VOIGT, D. D. Effect of high-pressure treatment of milk prior to manufacture on ripening of Camembert cheese. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Amsterdam, v. 12, p. 1-5, 2011.

WALSH, C. D. et al. Cheese making, compositional and functional characteristics of low-moisture part-skim Mozzarella cheese from bovine milks containing k-casein AA, AB or BB genetic variants. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 65, p. 307–315, 1998.

WALSTRA, P. et al. **Dairy science and technology**. New York: Taylor & Francis Group, 2006. 768 p.

WALSTRA, P.; VAN VLIET, T. Physical chemistry of curd making. **Netherlands Milk and Dairy Journal**, Amsterdam, v. 40, n. 2/3, p. 241-259, 1986.

WELSH, F. W.; MURRAY, W. D.; WILLIAMS, R. E. Microbiological and enzymatic production of flavour and fragrance chemicals. **Critical Reviews in Biotechnology**, Boca Raton, v. 9, p. 105–169, 1989.

WENDORFF, B. Milk composition and cheese yield. In: GREAT LAKES DAIRY SHEEP SYMPOSIUM, 7., 2002, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: [s. n.], 2002. p. 104-111.

WIT, J. N.; KLARENBECK, G. Effects of various heat treatments on structure and solubility of whey proteins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, p. 2701-2710, 1984.

WIT, J. N. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, p. 597-608, 1998.

WOLFSCHOON-POMBO, A. F. índice de proteólise em alguns queijos brasileiros. **Boletim do Leite**, Rio de Janeiro, n. 661, p. 1-8, 1983.

WONG, D. W. S. **Química de los alimentos: mecanismo e teoría**. Zaragoza: Acribia, 1996.

WONG, N. P. et al. **Fundamentals of dairy chemistry**. 3rd ed. New York: Aspen, 1999. 779 p.

WRIGHT, B. J. et al. The impact of agglomeration and storage on flavor and flavor stability of whey protein concentrate 80 and whey protein isolate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 74, p. 17–29, 2009. Suppl.

WRIGHT, J. W. et al. Characterization of cabbage off-flavor in whey protein isolate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, p. 86–90, 2006.

YADA, R. Y. **Protein in food processing**. Cambridge: Woodhead , 2004.

ZEPPA, G. et al. Application of artificial neural network on mono- and sesquiterpenes compounds determined by headspace solid-phase microextraction gas chromatography–mass spectrometry for the piedmont ricotta cheese traceability. **Journal Chromatography A, Amsterdam**, v. 1071, p. 247–253, 2005.

ZYDNEY, A. protein separations using membrane filtration: new opportunities for whey fractionation. **International Dairy Journal**, Barking, v. 8, n. 3, p. 243-250, Feb. 1998.