



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**RENDIMENTO E PROTEÓLISE DO QUEIJO
PRATO ELABORADO COM LEITE
PASTEURIZADO PELO SISTEMA A PLACAS
E INJEÇÃO DIRETA DE VAPOR**

PATRICIA RODRIGUES DA SILVEIRA OLIVEIRA

2001

51662

MFN-36460

PATRICIA RODRIGUES DA SILVEIRA OLIVEIRA

**RENDIMENTO E PROTEÓLISE DO QUEIJO PRATO ELABORADO
COM LEITE PASTEURIZADO PELO SISTEMA A PLACAS E
INJEÇÃO DIRETA DE VAPOR**



Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Química, Físico-Química e Bioquímica de Alimentos, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Luiz Ronaldo de Abreu

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2001**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Oliveira, Patricia Rodrigues da Silveira

Rendimento e proteólise do queijo prato elaborado com leite pasteurizado pelo sistema a placas e injeção direta da vapor / Patricia Rodrigues da Silveira

Oliveira. -- Lavras : UFLA, 2001.

67 p. : il.

Orientador: Luiz Ronaldo de Abreu.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Queijo prato. 2. Rendimento. 3. Proteólise. 4. Pasteurização. 5. HTST. 6. Injeção direta de vapor. 7. Composição físico-química. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-637.3

PATRICIA RODRIGUES DA SILVEIRA OLIVEIRA

**RENDIMENTO E PROTEÓLISE DO QUEIJO PRATO ELABORADO
COM LEITE PASTEURIZADO PELO SISTEMA A PLACAS E
INJEÇÃO DIRETA DE VAPOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Química, Físico-Química e Bioquímica de Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 06 de março de 2001

Prof. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli do Valle

UFLA

Prof. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu

UFLA



Prof. Dr. Luiz Ronaldo de Abreu

UFLA

(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, através do Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização do curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, em parceria com a Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG/FIEMG), pelo apoio financeiro, o que permitiu minha permanência no curso.

Ao sócio-proprietário José Ricardo Gomes Pereira e demais funcionários do Laticínios Lulitati, em Perdões-MG, que participaram efetivamente do Programa de Pesquisa Aplicada à Indústria, o que tornou possível a minha bolsa de pesquisa.

Ao professor Luiz Ronaldo de Abreu, pela orientação, pela confiança, pelos ensinamentos e pelo apoio na efetivação deste trabalho.

Às professoras Roberta Hilsdorf Piccoli do Valle e Celeste Maria Patto de Abreu, pelas sugestões e críticas apresentadas para o aprimoramento deste trabalho.

À professora Vânia Déa de Carvalho, pelas sugestões e pela amizade.

Ao proprietário, Antônio Ricardo Rios (“Seu Totonho”) e aos funcionários do Laticínios Verde Campo, pelo apoio e pelos ensinamentos.

Ao diretor do Centro de Excelência em Laticínios (CEL), Alessandro Rios, que permitiu o desenvolvimento de parte do trabalho em suas instalações.

Ao zootecnista Marco Antônio de Oliveira, pela colaboração nas fabricações dos queijos, nas análises laboratoriais, nas análises estatísticas e por suas idéias.

À laboratorista Cleusa, do laboratório de Laticínios do Departamento de Ciência dos Alimentos, que muito colaborou na realização das análises laboratoriais.

Às laboratoristas Constantina e Sandra, do laboratório de Produtos Vegetais, que também cooperaram nas análises químicas.

que me fizeram e fazem viver feliz aqui em Lavras.

Aos amigos de Pós-Graduação: Patrícia Nasser, Marcelo Pereira, Hessel, Sílvio e família, Alberto e família, Sandra Maria, Cristiane, Alexandre, Fernando, Luís Micoli, Gilson, Emília Cristina, Renata Bueno, Marta e Alicia.

Às amigas Jussara Vilella Vieira e Michelle de Sá Mazo, pela convivência e pelo companheirismo.

Às amigas Heloísa Helena de Siqueira, Ana Maria Esteves, Maria Marlúcia Gomes Pereira e Renata Licciardi, pelo carinho e respeito.

DEDICATÓRIA

A Deus, pela existência.

Aos meus pais Emygdio e Celina, pela educação, confiança, amor, compreensão, enfim, por tudo que me levou a trilhar um caminho de conquistas.

Ao meu marido Marco Antônio por sempre me incentivar, por estar presente nas horas difíceis, pelo sentimento puro do amor.

Aos meus irmãos Suely, Roseli, Paulo Sérgio e Sílvia Regina, pela ajuda nos estudos e pelo exemplo de irmãos.

Aos meus sobrinhos Kássia Ayumi, Caio César, Sara Akemi e à pequena Letícia Maki por serem a minha alegria, esperança e paz em forma de criança.

Aos meus sogros, Antonio e Maristela, pelo carinho, confiança e por terem me recebido como filha.

Aos meus cunhados Macoto, Lúcia Natsue, Lígia, Evandro, Antônio Marcos, Marcelo e Fábio, pelos momentos de alegria e companheirismo.

À amiga de todas as fases da minha vida, Irani Maria, que apesar do pouco convívio, está sempre presente no meu coração.

BIOGRAFIA

Patricia Rodrigues da Silveira Oliveira, filha de Emygdio Rodrigues da Silveira e Celina Silveira, nasceu em São Roque, Estado de São Paulo, em 10 de agosto de 1970.

Em novembro de 1998, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais.

Em maio de 1999, iniciou o curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, na área de Química, Bioquímica e Físico-Química dos Alimentos, nesta Universidade.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	04
2.1 Considerações Gerais Sobre o Queijo Prato.....	04
2.2 Pasteurização do Leite	05
2.2.1 Sistema HTST (High Temperature Short Time).....	07
2.2.2 Injeção Direta de Vapor.....	07
2.3 Efeito da Pasteurização Sobre a Composição do Leite.....	08
2.3.1 Proteínas e Enzimas.....	09
2.3.2 Gordura.....	10
2.3.3 Equilíbrio Salino e pH.....	11
2.4 Fatores Tecnológicos que Podem Afetar a Qualidade do Queijo.....	12
2.4.1 Teor de Umidade do Queijo.....	12
2.4.2 pH do Queijo.....	13
2.4.3 Salga.....	13
2.5 Rendimento.....	13
2.6 Maturação do Queijo.....	14
2.7 Agentes da Maturação.....	15
2.7.1 Enzimas do Coalho.....	16
2.7.2 Enzimas do Fermento Láctico.....	16
2.7.3 Proteases Naturais do Leite.....	17
2.8 Fatores que Afetam a Maturação do Queijo.....	19
2.8.1 Retenção de Coalho na Massa do Queijo.....	19
2.8.2 Retenção de Plasmina na Massa do Queijo.....	19

2.8.3 Efeito da Relação Sal/Umidade.....	20
2.8.4 Efeito do pH.....	20
2.9 Índices de Maturação do Queijo.....	21
2.9.1 Extensão da Maturação.....	21
2.9.2 Profundidade da Maturação.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 Localização do Experimento.....	23
3.2 Pasteurização do Leite.....	23
3.3 Fabricação do Queijo Prato.....	23
3.4 Ingredientes Utilizados na Fabricação do Queijo Prato.....	25
3.4.1 Coalho.....	25
3.4.2 Cultura Láctica.....	25
3.4.3 Corante.....	25
3.4.4 Nitrato de Sódio.....	25
3.4.5 Sal.....	25
3.5 Embalagem.....	25
3.6 Análises Físico-Químicas do Leite.....	26
3.6.1 Fosfatase Alcalina e Peroxidase.....	26
3.6.2 Acidez Titulável.....	26
3.6.3 Gordura.....	26
3.6.4 Densidade.....	26
3.6.5 Extrato Seco Total (EST).....	26
3.6.6 Crioscopia.....	27
3.6.7 Proteína.....	27
3.7 Análises Físico-Químicas do Soro no Corte.....	27
3.8 Análises Físico-Químicas do Queijo Prato.....	27
3.8.1 pH.....	27
3.8.2 Extrato Seco Total (EST).....	28

3.8.3 Umidade.....	28
3.8.4 Gordura e Gordura no Extrato Seco (GES).....	28
3.8.5 Sal.....	28
3.8.6 Sal na Umidade.....	28
3.8.7 Atividade da Água (Aw).....	29
3.8.8 Tirosina.e Triptofano.....	29
3.8.9 Nitrogênio Total (NT), Nitrogênio Solúvel (NS) e Nitrogênio Não-Protéico (NNP).....	30
3.9 Cálculo das Porcentagens de Transição de Gordura e Sólidos Totais.do Leite para o Queijo.....	30
3.10 Cálculo do Rendimento de Fabricação.....	30
3.11 Cálculo dos Índices de Maturação do Queijo Prato.....	30
3.12 Tratamentos.....	31
3.13 Análises Estatísticas.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Composição Físico-Química do Leite Cru e Pasteurizado.....	34
4.1.1 Fosfatase Alcalina e Peroxidase.....	35
4.2 Composição Físico-Química do Soro do Queijo Prato.....	36
4.3 Transição dos Componentes na Coalhada e Rendimento.....	37
4.4 Composição Físico-Química do Queijo Prato.....	39
4.5 Composição do Queijo Prato Durante a Maturação.....	40
4.5.1 pH.....	40
4.5.2 Proteólise.....	42
4.5.2.1 Índice de Extensão e Profundidade da Maturação do Queijo Prato.....	43
4.5.2.2 Tirosina e Triptofano.....	57
5 CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS.....	59

RESUMO

OLIVEIRA, Patricia Rodrigues da Silveira. Rendimento e Proteólise do Queijo Prato Elaborado com Leite Pasteurizado pelo Sistema a Placas e Injeção Direta de Vapor. Lavras: UFLA, 2001, 67p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos)*

O experimento foi conduzido no Centro de Excelência em Laticínios (CEL) e no Laboratório de Laticínio do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, ambos situados em Lavras, MG. Avaliaram-se o rendimento, a transição de gordura e extrato seco do leite para a coalhada e as características físico-químicas do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelo sistema a placas (ou HTST) e injeção direta de vapor (IDV). Neste ensaio, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, constituído por dois tratamentos (HTST e IDV) e seis repetições (fabricações). Avaliaram-se também os índices de proteólise, o pH e os teores de tirosina e triptofano durante a maturação do queijo Prato, produzido com leite pasteurizado pelos dois sistemas. Para análise deste ensaio, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 2x5, sendo dois sistemas de pasteurização (HTST e IDV) e cinco idades de maturação (1, 10, 20, 30 e 40 dias), com seis repetições (fabricações). A utilização do sistema IDV resultou em maior rendimento de fabricação. Observou-se maior transição de gordura do leite para a coalhada, quando este foi submetido ao sistema de pasteurização por IDV. Os queijos fabricados pelo sistema IDV apresentaram teores mais elevados de gordura e gordura no extrato seco (GES) (29,06 e 55,25%), quando comparados aos do sistema HTST (27,02 e 49,88%). Os índices de proteólise, extensão (EMAT) e profundidade (PMAT) de maturação, aumentaram linearmente durante o período de cura (1 a 40 dias). O sistema IDV proporcionou maiores incrementos nos índices EMAT e PMAT,

* Comitê Orientador: Luiz Ronaldo de Abreu - UFLA (Orientador), Roberta Hisdorf Piccoli do Valle - UFLA (Co-Orientadora) e Celeste Maria Patto de Abreu - UFLA

durante o período de maturação (de 1 a 40 dias). Entretanto, não foram observadas diferenças estatísticas ($P>0,05$) atribuídas ao sistema de pasteurização, aos 30 e 40 dias de maturação. O pH aumentou linearmente durante o processo de cura, variando de 5,02 a 5,65 para o sistema HTST, e de 5,15 a 5,67 para o sistema IDV, de 1 a 40 dias de maturação, respectivamente. Maiores valores de pH foram observados no queijo Prato produzido pelo sistema IDV, durante os primeiros 10 dias de maturação. Os teores de tirosina e triptofano aumentaram linearmente durante o período de cura dos queijos (de 1 a 40 dias). Maiores valores de tirosina nos queijos foram observados para o sistema HTST (78,63%) em relação ao IDV (62,67%), aos 40 dias de maturação. Por outro lado, não foi observada diferença estatística ($P>0,05$) quanto aos teores de triptofano dos queijos fabricados pelos dois sistemas, neste mesmo período. Os resultados obtidos permitem concluir que a proteólise do queijo prato foi pouco influenciada pelo sistema de pasteurização do leite. No entanto, pode-se conseguir aumentos bastante expressivos no rendimento do queijo quando fabricado pelo sistema IDV.

* Comitê Orientador: Luiz Ronaldo de Abreu - UFLA (Orientador), Roberta Hisdorf Piccoli do Valle - UFLA (Co-Orientadora) e Celeste Maria Patto de Abreu - UFLA

ABSTRACT

OLIVEIRA, Patricia Rodrigues da Silveira. Yield and Proteolysis of Prato Cheese Elaborated with Milk Pasteurized by the HTST and Direct Steam Injection Systems. Lavras: UFLA, 2001, 67p. (Dissertation – Master Degree in Food Science)*

The experiment was conducted in the Department of Food Science of the Federal University of Lavras and in the Center of Excellency in Dairy Products - CEDP, both in the city of Lavras-MG. Prato cheese yield, fat and dry matter transitions from milk pasteurized by the two pasteurization systems to the curd, as well as the physical-chemistry characteristics of cheeses were evaluated. The statistical treatment was full randomly, with two treatments: pasteurization by high temperature short time system (HTST) and direct steam injection (DSI), with six replications. It was also evaluated: proleolysis indexes, pH as well as tyrosin and tryptophan indexes, during ripening of the prato cheeses. For these results the design utilized was the rondomized blocks, in 2x5 factorial outline, being two pasteurization systems (HTST and DSI) and five ripening periods (1, 10, 20, 30 and 40 days), with six blocks (manufacturings). The use of DSI resulted in increased cheese yield and higher fat and dry matter transitions. Cheeses manufactured by the DSI system presented higher fat content and fat in dry matter-FDM (29.06 and 55.25%, respectively), compared to the HTST system (27.02 and 49.88%). Proteolysis indexes, linearly increased during the ripening period, in both treatments, however in cheeses manufactured by the DSI system, the increment of those indexes had a tendency of being more intense. The pH linearly increased during the ripening period 5.02 to 5.65 to the system HTST, and from 5.15 to 5.67 for the system DSI from 1 to 40 days of ripening, respectively. Higher pH values were observed in the prato cheese

* Guidance Comittee: Luiz Ronaldo de Abreu - UFLA (Adviser), Roberta Hisdorf Piccoli do Valle - UFLA (Co-Adviser) e Celeste Maria Patto de Abreu - UFLA

produced by DSI system, during the first 10 days of ripening. The tyrosin and triptophan indexes linearly increased during ripening period of all treatments. Higher tyrosin index was observed for the system HTST (78.63%) compared to DSI (62.67%) after 40 days of ripening. On the other hand, statistical differences were not observed ($P > 0.05$) in relation to the triptophan index of cheeses in both treatments. It can be concluded, from the results that the proteolysis of Prato cheese did not received high influence of the pasteurization systems.

* Guidance Committee: Luiz Ronaldo de Abreu - UFLA (Adviser), Roberta Hisdorf Piccoli do Valle - UFLA (Co-Adviser) e Celeste Maria Patto de Abreu - UFLA

1 INTRODUÇÃO

A indústria queijeira do Brasil está conseguindo elaborar produtos que vêm atingindo, gradativamente, melhor aceitação no mercado. Com o passar dos anos, novas tecnologias surgiram inovando a indústria laticinista. A maneira pela qual os antigos fabricavam queijos, como forma de preservação do leite ou para pequenas comercializações, foi marcante na economia do setor. Entretanto, novos investimentos tecnológicos e financeiros foram necessários para acompanhar o avanço da sociedade como um todo. Dentre os produtos de laticínios, o queijo é um dos mais difundidos. Vários tipos e formas de processamento foram e estão surgindo, muitos dos quais adaptados daqueles já existentes.

Dentre os diversos tipos de queijos fabricados no Brasil, o prato destaca-se como um dos mais importantes. Ele foi introduzido no Brasil por imigrantes dinamarqueses, e originou-se dos queijos tybo e danbo, dinamarqueses e do gouda, holandês. Possui grande importância no meio comercial, ocupando o segundo lugar em consumo no Brasil. Em 1997, a produção do queijo prato no Brasil, em fábricas sob inspeção federal, foi de aproximadamente 75 mil toneladas, o que corresponde a 27% da produção total de queijos no país. Esse tipo de queijo caracteriza-se por ter sabor suave, consistência macia, fácil fatiabilidade e melhor padronização tecnológica, portanto, melhor caracterizado comercialmente.

Para a obtenção de um bom produto é essencial a utilização de leite de boa qualidade, tanto microbiológica como físico-química. Independente da qualidade do leite, utiliza-se o processo de pasteurização como forma de garantir a segurança do produto para o consumidor, além de melhorar a padronização e diminuir as perdas causadas por microrganismos prejudiciais ao produto.

O processo de pasteurização pode ser realizado por meio de vários processos, os quais utilizam diferentes equipamentos e têm como objetivos a eliminação total dos microorganismos patogênicos e a redução do número de microorganismos indesejáveis ao processo de fabricação. No caso particular do Brasil, além do sistema de pasteurização a placas ou HTST (high temperature short time), outros sistemas tradicionais, como ejetor de vapor, injeção direta de vapor e camisa de vapor, continuam sendo utilizados, embora haja tendência de serem legalmente proibidos. A substituição desses sistemas descontínuos de pasteurização do leite destinado à fabricação de queijos pelo contínuo (sistema a placas), nas pequenas indústrias de laticínios, está se tomando prática bastante comum, principalmente em função da grande oferta de sistemas contínuos o que está levando a diminuição considerável de seus preços. Entretanto, observações práticas têm demonstrado que queijos prato e afins, fabricados com leites pasteurizados pelos sistemas de placas e injeção direta de vapor, apresentam diferenças sensíveis em suas características sensoriais, bem como nos índices de maturação e no rendimento.

Na elaboração do queijo prato, a operação de pasteurização é uma exigência legal, trazendo, além da segurança sanitária, padronização tecnológica, uniformização do sabor e redução da incidência de defeitos e perdas, devido às fermentações anormais, sendo considerado, portanto, um dos fatores indispensáveis para a qualidade do produto oferecido ao mercado.

A indústria de laticínios não possui ainda informações precisas e tecnicamente embasadas a respeito de qual sistema de pasteurização é o mais adequado para se obter um produto de qualidade desejada.

Em face do exposto, esse trabalho teve como objetivos comparar os processos de pasteurização de placas e injeção direta de vapor, de leite destinado à fabricação do queijo prato, visando verificar as diferenças quanto ao

rendimento, características físico-químicas e índices de maturação dos queijos fabricados com leite pasteurizado pelos dois sistemas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações Gerais Sobre o Queijo Prato

O queijo prato foi introduzido no Brasil por imigrantes dinamarqueses por volta de 1930, no sul de Minas Gerais. O seu surgimento coincidiu com o das primeiras fabriquetas, já com finalidade comercial, pois seu processo de fabricação não se adaptava às fabricações caseiras existentes naquela época, como acontecia com outros tipos de queijos, pois a sua fabricação é mais elaborada, exigindo um semi-cozimento da massa. Na adaptação da tecnologia dos queijos europeus tybo e danbo às condições brasileiras, surgiram então as variedades de queijo prato hoje conhecidas, sendo que as variedades cobocó e lanche as mais difundidas. A variedade lanche é a que praticamente domina o mercado desse tipo de queijo e seu peso varia de 0,5 a 3,0 kg (Albuquerque, 1986).

O queijo prato é definido como o produto obtido de leite pasteurizado com teor de gordura em torno de 3,6%, de massa semi-cozida, prensado e maturado por pelo menos 30 dias. O rendimento de produção situa-se em torno de 9,0 a 9,5 litros de leite para um quilo de queijo. A massa interior é amarelada, fina, macia e ligeiramente untuosa. Normalmente não possui olhaduras. O fermento utilizado é o do tipo "O" (*Streptococcus lactis* 5% e *S. cremoris* 95%), mesofílico, caracterizado pela produção apenas de acidez e ausência de gás e por ser um propulsor da proteólise na maturação do produto. Os dados referentes à composição físico-química média do queijo tipo prato encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 Composição físico química média do queijo prato

Parâmetros	Resultados
Umidade (%)	42-44%
Gordura (%)	26-29%
PH	5,2-5,4
Sal (%)	1,6-1,9%

Fonte: Furtado e Lourenço Neto (1994).

O crescimento acelerado de produção desse queijo, nas últimas décadas, é motivo de preocupação, pois tem levado a descaracterização e falta de padronização do produto. A maioria dos queijos prato só tem em comum o nome, conservando poucas características do produto original.

2.2 Pasteurização do Leite

O leite é um produto altamente perecível e a pasteurização é a forma de prolongar o seu tempo de conservação, preservando suas características naturais, além de torná-lo seguro sob o ponto de vista de saúde pública. A pasteurização consiste no emprego de calor com o objetivo de eliminar totalmente a flora microbiana patogênica, a maioria fermentativa, sem alteração sensível de sua constituição física e do equilíbrio químico do leite, sem prejudicar seus elementos bioquímicos, como também suas propriedades organolépticas (Brasil, 1980).

Segundo a legislação brasileira (Brasil, 1980), é proibida a fabricação de queijos com leite cru, exceto aqueles que passam por período de maturação superior a 60 dias. O emprego de leite cru na fabricação de queijos de maturação prolongada, embora não acarrete riscos de contaminantes patogênicos, não é

patogênicos, não é recomendado, devido às condições de produção de leite e ao clima do país, que são favoráveis a contaminações e desenvolvimento microbiológico.

No Brasil, a legislação vigente (Brasil, 1980) permite dois processos de pasteurização: a) pasteurização lenta, que consiste no aquecimento do leite a 62-65°C por 30 minutos, mantendo-se o leite em grande volume sob agitação mecânica lenta; b) pasteurização de curta duração, que consiste no aquecimento do leite em camada laminar a 72-75°C por 15 a 20 segundos, em aparelhagem própria.

A legislação em vigor não diferencia o tratamento térmico da pasteurização para o leite de consumo daquele destinado à elaboração de queijos, tanto em relação à temperatura como ao tempo de residência. Entretanto, alguns autores (Furtado, 1973 e Souza, 1960) recomendam temperaturas não superiores a 72°C para leite destinado à fabricação de queijos.

Stobberup (1985) relata que o calor exagerado rompe o equilíbrio entre o conteúdo de cálcio e fósforo solúveis e o de cálcio e fósforo coloidais, modificando, ao mesmo tempo, as dimensões das micelas coloidais da caseína, assim como o seu grau de hidratação, além de promover a interação entre a β -lactoglobulina e a κ -caseína. Por isso, não se recomendam temperaturas elevadas para a pasteurização do leite destinado à elaboração de queijos.

Segundo Sghedoni e Retzl (1968), o tratamento térmico da pasteurização deveria ser definido para cada tipo de queijo de maneira a não alterar as características do produto final.

A eficiência da pasteurização é definida pelos testes de fosfatase alcalina e peroxidase, contagem de microrganismo aeróbios mesófilos e quantificação de microrganismos do grupo dos coliformes totais e fecais. A prova de fosfatase deve ser negativa e da peroxidase positiva; o número de colônias de microorganismos aeróbios estritos e facultativos mesófilos por ml para o leite

$1,5 \times 10^5$

salmonella = salmonella

tipo C, não deve ultrapassar a 150.000 após pasteurização e, finalmente, deve ser constatada a ausência de coliformes em 1ml (Brasil, 1980).

A higienização dos equipamentos nas usinas também se revela importante. A contagem de esporos bacterianos em amostras de leite pasteurizado pode ser maior do que em amostras de leite cru, podendo ser causado por contaminação com esporos bacterianos presentes no equipamento.

2.2.1 Sistema HTST (High Temperature Short Time)

O sistema de pasteurização HTST ou sistema a placas corresponde ao aquecimento e resfriamento indireto, ou seja, o leite não entra em contato direto com o fluido aquecedor, pois existe uma parede metálica que os separa. Geralmente, a maioria dos aquecedores em laticínios utiliza o sistema indireto. Esse princípio é empregado principalmente nos pasteurizadores de placas e tubulares em fluxo contínuo e tanques de pasteurização lenta em fluxo descontínuo. No sistema de placas, a pasteurização é realizada pelo aquecimento rigorosamente uniforme do leite à temperatura de $\pm 75^\circ\text{C}$ durante ± 15 segundos, tempo denominado de retenção (Ventura e Rusig, 1983). Uma vantagem do sistema HTST em relação ao sistema de injeção direta de vapor é que ele permite o emprego do leite pasteurizado em vários produtos de laticínios.

2.2.2 Injeção Direta de Vapor

O sistema de injeção direta de vapor emprega, por meio de um cano inoxidável, o contato direto do vapor de água com o leite. O emprego de vapor direto no leite ficou conhecido como procedimento de Heryng (Fleischmann, 1924), o qual colocava o vapor em forma de névoa no leite, mediante um pulverizador de vapor, aquecendo o leite entre $75-80^\circ\text{C}$. Observava-se, após o resfriamento da mistura, aumento de 10 a 15% no peso inicial do leite. Esse

processo trazia várias vantagens, entre elas a destruição completa dos microrganismos patógenos.

O vapor como meio de aquecimento direto é empregado principalmente no tratamento do creme para fabricação de manteiga, em aparelho denominado vacreador e no processo de esterilização do leite (Roberts, 1959). Dentre os aparelhos utilizados para a esterilização do leite, o uperizador é o mais difundido. Ele realiza o tratamento em duas etapas: a primeira, por aquecimento indireto, onde eleva a temperatura do leite a 80°C; a seguir, por meio de injeção de vapor atingindo 140°C, sendo posteriormente, retirada a água excedente, originada da condensação do vapor, usando processo a vácuo (Veissyre, 1975).

Ventura et al. (1984) relataram que o queijo tipo prato fabricado com leite pasteurizado por ejetor de vapor possui aumento no rendimento, sem variação na sua composição. Esse aumento seria devido ao maior aproveitamento de todos os constituintes do leite. O processo reduz o tamanho dos glóbulos de gordura fazendo com que ocorra maior retenção dos mesmos na coalhada. Permite também a retenção das soroproteínas desnaturadas e complexadas com as caseínas, o que levam a modificações na massa do queijo melhorando o sabor, aroma e textura. De acordo com Ventura (1981), a incorporação de água pode variar de 7 a 11%, em função da pressão de vapor e da temperatura inicial do leite cru, quando se utiliza o sistema ejetor de vapor, que é bastante similar ao sistema injeção direta de vapor.

2.3 Efeito da Pasteurização Sobre a Composição do Leite

Na indústria queijeira, as principais preocupações são a qualidade e o rendimento, tendo em vista a maximização de seus lucros. Portanto, a composição do leite destinado à produção de queijo é muito importante (Marziali e Ng-Kwa-Hang, 1986).

A composição físico-química do leite sofre uma série de alterações quando este é submetido a tratamento térmico. O grau de alteração depende da temperatura e do tempo de aplicação (Silva, 1975).

A maior parte de gordura e proteínas, 30%-50% dos minerais, algumas proteínas do soro e parte da lactose, no processo de elaboração de queijos, contribuem para a formação do extrato seco do queijo, afetando diretamente a sua composição. Assim, o tipo de tratamento térmico a que é submetido o leite destinado a fabricação de queijos é essencial na qualidade final do produto, já que pode promover mudanças nos seus vários constituintes (San José, 1979 e Hashizume e Sato 1988), principalmente nas diferentes frações protéicas e, conseqüentemente, na distribuição de nitrogênio (Wolfschoon-Pombo, 1983).

2.3.1 Proteínas e Enzimas

As proteínas do leite apresentam propriedades químicas que influenciam as características do leite processado. O tratamento térmico é um dos processos fundamentais na obtenção de diversos tipos de alimentos. Alterações nas propriedades dos constituintes do leite, promovidas pelo calor, têm sido estudadas em seus diferentes aspectos físico-químicos (Hashizume e Sato, 1988).

Tem sido demonstrado que interações das proteínas do soro com a caseína, promovidas pelo calor, afetam a coagulação do leite pela enzimas, do coalho. O efeito do aquecimento, do leite na tensão do coágulo e na sua capacidade de retenção de água é atribuído à interação entre proteínas do soro e caseína (Hashizume e Sato, 1988).

A caseína, principal fração protéica, possui estrutura estável, encontra-se sob a forma coloidal, sendo extremamente importante para a coagulação e está estreitamente ligada ao rendimento de queijos, ou seja, quanto maior o conteúdo de caseína do leite, maior o rendimento (Walstra e Jenness, 1984).

Temperaturas elevadas afetam a interação cálcio-fósforo com a caseína, resultando em insolubilização dos sais de cálcio no leite (Stobberup, 1985). O calor exagerado rompe o equilíbrio entre o conteúdo de cálcio e fósforo solúveis e o cálcio e fósforo coloidais, modificando, ao mesmo tempo, as dimensões das micelas coloidais da caseína, assim como o seu grau de hidratação, além de promover a interação entre a β -lactoglobulina e a κ -caseína. Por isto, não se recomendam temperaturas elevadas para a pasteurização do leite destinado à elaboração de queijos (Stobberup, 1985).

As enzimas apresentam diferentes graus de estabilidade ao calor. A fosfatase alcalina, lipase endógena, aldolase e catalase são inativadas durante a pasteurização, enquanto a xantina oxidase, lactoperoxidase, RNase, fosfatase ácida, muitas lipases e proteases microbianas, além das proteases naturais do leite, são relativamente estáveis, resistindo ao processo de pasteurização (San José, 1979).

2.3.2 Gordura

A pasteurização afeta a fase lipídica do leite, promovendo a formação da linha de creme, estimulando a lipólise e a autoxidação que alteram o sabor (IDF, 1986). O leite é mais vulnerável à autoxidação a baixas temperaturas (4°C) do que à temperatura ambiente (20°C). A pasteurização do leite, no entanto, aumenta sua susceptibilidade à oxidação, devido, provavelmente, à migração do cobre e seu acúmulo na fase lipídica do leite. Há também o efeito inibidor da oxidação, atribuído aos grupos -SH resultantes da desnaturação das β -lactoglobulinas, como também dos produtos da reação de Maillard (San José, 1979).

Na medida que se intensifica o tratamento térmico, os glóbulos de gordura aumenta de diâmetro, contraindo-se ao resfriar (San José, 1979). De

acordo com Jameson (1990), a gordura afeta indiretamente a relação água/proteína que, por sua vez, regula a firmeza e a elasticidade do queijo.

2.2.3 Equilíbrio Salino e pH

São encontrados no leite, cerca de trinta a quarenta elementos minerais, a maioria deles em pequenas quantidades e de pequena importância na produção de queijo. Entretanto, o cálcio e o fósforo se concentram no queijo e desempenham papel fundamental na sua qualidade.

Os níveis de cálcio e fósforo no queijo podem ser definidos pela acidez da massa. Assim, o desenvolvimento da acidez, antes da drenagem do soro é o principal fator da composição mineral do queijo. Alguns pesquisadores afirmam que, no queijo, o Ca^{++} é perdido mais rapidamente do que P, com o abaixamento do pH do soro. Kindstedt e Kosikowski (1985) reportaram perda de 2 mmol de Ca^{++} para cada 1 mmol de P perdido em 1 kg de soro. Em queijo mozzarella, o cálcio é dotado de maior mobilidade que o P em meio com acidez mais elevada, resultando em relação Ca/P menor, com o abaixamento do pH. A menor velocidade de perda de P, resultante da elevação da acidez do soro, pode ser devida, provavelmente, ao maior número de ligação covalente do fósforo na micela de caseína. Ao contrário, o Ca se liga completamente à micela da caseína, ao citrato e ao fosfato orgânico e inorgânico por meio de ligações iônicas (Kindstedt e Kosikowski, 1985).

O cálcio é muito mais susceptível à solubilização que o P, como resultado do abaixamento do pH do soro, devido, possivelmente, ao maior peso molecular do íon fosfato em relação ao Ca^{++} (Kindstedt e Kosikowski, 1985).

O emprego do cloreto de cálcio, no leite pasteurizado, é realizado devido à redução observada no seu teor de cálcio solúvel, necessário a perfeita coagulação do leite pelo coalho, que resulta na formação de uma rede protéica tridimensional, que confere a estrutura do coágulo (Furtado, 1973).

A pasteurização precipita pequenas quantidades de fosfatos e citratos. Aproximadamente 20% de cálcio são insolubilizados na forma de fosfato de cálcio, enquanto apenas 15% do cálcio encontram-se na forma solúvel. A ebulição, por sua vez, causa precipitação de sais de cálcio e fósforo (Silva, 1975).

2.4 Fatores Tecnológicos que Podem Afetar a Qualidade do Queijo

2.4.1 Teor de Umidade do Queijo

De acordo com o nível de água presente no queijo, a textura torna-se mais macia ou mais dura, portanto, o teor de umidade do queijo deve ser rigorosamente controlado. O teor de umidade do queijo influencia indiretamente na textura, favorecendo o crescimento bacteriano e a atividade enzimática sobre a lactose, proteínas e citratos, afetando o percentual de proteínas solúveis que pode variar de queijo para queijo com o mesmo período de maturação em função das bactérias lácticas (Furtado, 1983a).

Alguns fatores devem ser levados em consideração durante o tratamento da massa no controle da umidade dos queijos:

- 1 - o “ponto da massa”; afetando o teor do extrato seco do queijo;
- 2 - o tamanho dos grãos do coágulo; grãos maiores resultam em maior umidade;
- 3 - a temperatura de mexedura; quanto mais elevada, mais secos se tornam os grãos.

2.4.2 pH do Queijo

O pH do queijo influi no sabor e, principalmente, nas reações bioquímicas responsáveis pela sua maturação. Estas reações são catalizadas por enzimas naturais do leite, do coalho e produzidas por microrganismos que dependem do pH para sua atividade. Os microrganismos são responsáveis pela alteração de textura e do sabor do queijo, devido à produção do ácido láctico e de outros compostos, a partir da lactose e da degradação de proteínas e lipídeos (Furtado, 1983b).

2.4.3 Salga

O nível de sal no queijo influencia diretamente no sabor e na atividade enzimática dos microrganismos, bem como na textura do queijo. O sal encontra-se dissolvido na água livre do queijo, e dependendo do seu teor, influencia nas reações enzimáticas que ocorrem na maturação, como proteólise e lipólise (Furtado, 1983a).

2.5 Rendimento

Segundo Kosikowski (1977), o rendimento é a quantidade de queijo com determinada umidade, produzida a partir de um volume fixo de leite, com um certo teor de gordura.

As principais preocupações da indústria queijeira são a qualidade e o rendimento dos seus produtos. Assim, as diferenças de produção observadas em queijos fabricados com leite pasteurizado por diferentes sistemas são de grande interesse prático e econômico para a indústria de laticínios. Os principais fatores que influenciam no rendimento dos queijos, são: a composição do leite, principalmente a quantidade de gordura e caseína; a porcentagem de transição dos constituintes do leite para queijo e a quantidade de umidade retida no queijo, além da incorporação de sais insolúveis e concentração de sal (NaCl) adicionado

à massa (SEAB, 1992). Além desses fatores, de acordo com Folegatti (1994), os tratamentos térmicos e mecânicos aplicados ao leite e ao coágulo durante o processamento também influenciam de modo sensível no rendimento.

2.6 Maturação do Queijo

As modificações na composição físico-química que atingem os principais componentes do queijo como proteínas, lipídeos e lactose residual, originando um produto com características próprias, são denominadas maturação. A maturação pode ser influenciada pelo leite usado, pelo tipo de cultura, por modificações no processo de fabricação e por mudanças nas condições de estocagem do queijo. Nesse período, no qual os queijos são deixados em condições especiais, a massa do queijo é transformada em produto rico em aroma e sabor, dotado de textura, consistência e coloração própria (Kosikowski, 1977). A textura é considerada um dos fenômenos mais característicos da maturação e é dependente do pH, proporção de caseína e umidade no queijo (Lawrence, Creamer e Gilleset, 1987).

As transformações começam a ocorrer muito antes da fabricação do produto, devido à presença de microorganismos e enzimas presentes no leite cru ou pasteurizado. A elevação da acidez do leite, desde sua obtenção até o momento do processamento pela degradação do principal carboidrato do leite (lactose) é chamada de glicólise. A lipólise ocorre quando enzimas lipolíticas são responsáveis pela degradação de lipídios e a degradação da proteína através das enzimas (proteases) dos microorganismos e das enzimas do leite (plasmina) é chamada de proteólise (Wolfschoon-Pombo, 1983).

2.7 Agentes da Maturação

A proteólise, na fabricação de queijos, é a degradação necessária e desejada, sem a qual seria impossível a produção. Esse processo é o resultado do conjunto de enzimas (proteínases e peptidases) provenientes do coalho (renina ou quimosina), do fermento láctico ou ainda originados pela microbiota contaminante (Wolfschoon-Pombo, 1993). Segundo Minussi (1994), a proteólise do queijo, primariamente da caseína, é considerada como o fenômeno mais importante na maturação, pois afeta de uma só vez a textura, a consistência e o sabor.

A ação de enzimas proteolíticas sobre as frações protéicas do leite e derivados leva ao aparecimento gradual de proteoses-peptonas, peptídios e aminoácidos, que é proporcional à atividade enzimática, ocasionando, conseqüentemente aumento, tanto da fração nitrogenada não-caseínica, solúvel a pH 4,6, como também da fração nitrogenada não protéica solúvel em ácido tricloroacético (Retzl e Sghedoni, 1969).

De acordo com Fox (1989), a proteólise atua durante a maturação do queijo de, pelo menos, quatro formas; pela formação direta de “flavor” ou “off flavor”; pelo aumento da liberação de compostos com sabor durante a mastigação através das modificações de pH, pela formação de NH_3 e pelas alterações na textura.

No final da maturação, a proporção de substâncias nitrogenadas solúveis em água varia de 20% a 50%, de acordo com o tipo de queijo. Esse valor corresponde de 4,8% em um queijo recém fabricado (Alais citado por Costa Júnior, 1997).

A taxa e a natureza da proteólise durante a maturação do queijo, tanto quanto a quantidade e a natureza dos produtos de degradação, variam de acordo com a enzima envolvida, o tipo e a composição do queijo e as condições ambientais de estocagem (Minussi, 1994).

2.7.1 Enzimas do Coalho

Considerado o primeiro agente proteolítico, o coalho está envolvido no mecanismo de transformação da caseína em queijo. Em decorrência da ação proteolítica do coalho, a coagulação das micelas de caseína é dividida em fases. Na primeira fase acontece o ataque enzimático da quimosina à ligação 105-106 da k-caseína, com posterior liberação do glicomacropéptido (porção hidrofílica 106-169). Na fase secundária há agregação do fragmento hidrofóbico (seqüência de 1 a 105) da k-caseína com os outros componentes caseínicos das micelas vizinhas pelas pontes de cálcio, o que resulta na formação da coalhada (Law, 1997). Uma terceira fase, caracterizada por degradação de outras ligações peptídicas na caseína, tem sido também mencionada por outros autores (Wolfschoon- Pombo, 1983).

Pequena porção (cerca de 6%) das enzimas do coalho é retida na massa e elas continuam a atuar durante a maturação do queijo. A quimosina tem significativa contribuição nos estádios iniciais da degradação da caseína, particularmente hidrolisando a alfa S₁-caseína. As ligações Phe23-Phe24 ou Phe24-Val25 da alfa S₁-caseína são clivadas no início da maturação, resultando em amolecimento significativo na consistência do queijo. Em contrapartida, a degradação da β-caseína pela quimosina é lenta e ocorre mais tarde no processo de maturação (Dalglish, 1987, citado por Steele e Ünlü, 1992).

De acordo com Walstra e Jenness (1984), a atuação das enzimas do coalho parece ser responsável pela liberação de peptídeos de alto e baixo peso molecular e, em menor grau, na liberação de aminoácidos.

2.7.2 Enzimas do Fermento Láctico

A maior parte dos microrganismos que crescem dentro ou na superfície dos queijos possui proteases endo e exocelulares que são liberadas na maturação.
As bactérias do fermento láctico promovem a liberação de peptídios da caseína

por meio de proteases que elas produzem, sendo que alguns destes peptídeos (hidrofóbicos) podem conferir gosto amargo aos queijos. Algumas bactérias lácticas produzem grande variedade de peptidases responsáveis pela liberação dos aminoácidos dos peptídios produzidos pela ação da quimosina ou das proteases do fermento (Wolfshoorn-Pombo, 1983).

A ação de bactérias lácticas leva principalmente ao aparecimento de aminoácidos e peptídios de cadeia curta, diferindo das enzimas do coalho, que produzem principalmente peptídios de alto peso molecular (Desmazeud e Gripon, 1977).

2.7.3 Proteases Naturais do Leite

No leite cru, a atividade das proteases naturais é considerada baixa. A plasmina cliva a β -caseína em solução levando à formação de γ -caseínas (Grappin, Rank e Olsn, 1985).

Walstra, Noomen e Geurts (1987) relatam que as proteases do leite atuam sozinhas no queijo. Elas podem decompor a alfa S_1 e a β -caseína em alguma extensão durante a maturação prolongada, com o aparecimento de pequenas quantidades de peptídios de baixo peso molecular e liberação de aminoácidos.

De acordo com Minussi (1994), a atividade proteolítica sobre a caseína durante a maturação é resultado da ação sinérgica do coalho e do fermento láctico. Produtos de degradação liberados por certos agentes são usados por outros e o processo pode ser considerado uma cadeia de degradação. A Figura 1 esquematiza a proteólise da caseína pela ação de enzimas (proteases) presentes no fermento láctico e no coalho adicionados durante a fabricação do queijo, além de enzimas (proteases) naturais presentes no próprio leite.

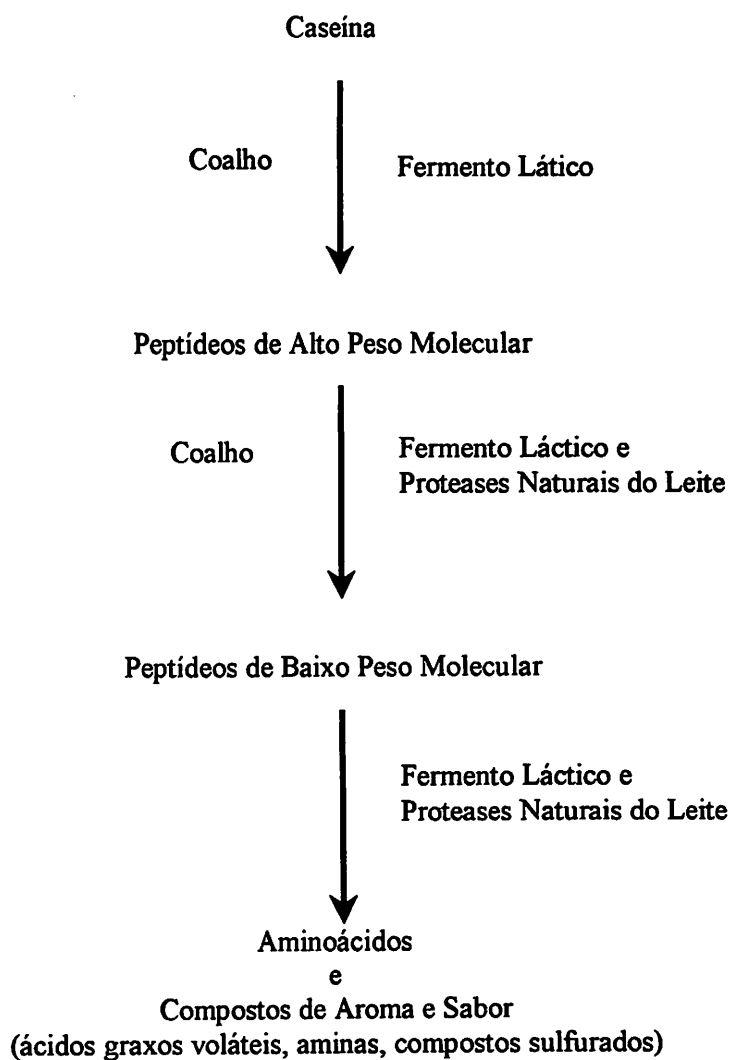


FIGURA 1 Proteólise da caseína (Law, 1981).

2.8 Fatores que Afetam a Maturação do Queijo

2.8.1 Retenção de Coalho na Massa do Queijo

Ao se utilizar quantidades de coalho acima e abaixo do normal pode-se verificar diferentes graus de amolecimento do queijo. Quando não há coalho no queijo, não ocorre a degradação da alfa S_1 - caseína e o amolecimento do queijo. A diminuição do pH da massa no dessoramento aumenta a retenção de coalho na massa e a proporção de alfa S_1 -caseína hidrolisada pela quimosina (Lawrence, Creamer e Gilles, 1987).

Outros fatores podem também afetar o teor residual de coalho no queijo, como a acidez mais elevada do leite, a utilização de maior quantidade de fermento e a elevação da temperatura de pasteurização do leite. O tipo de coalho também exerce influência, já que coagulantes de origem fúngica são menos dependentes do pH do leite em relação à sua taxa de retenção na coalhada.

2.8.2 Retenção de Plasmina na Massa do Queijo

O pH no dessoramento é fator determinante da proporção de plasmina (protease natural do leite) no queijo. Em leite fresco, a plasmina está associada à caseína, mas ocorre dissociação com o abaixamento do pH. A proporção de plasmina é maior em queijos como o Suíço, nos quais o dessoramento da massa ocorre em pH considerado alto e menor em queijos ácidos tipo Cheshire. A plasmina, porém, é relativamente resistente ao calor e parece ter grande atuação na degradação da caseína (Lawrence, Creamer e Gilles, 1987).

2.8.3 Efeito da Relação Sal/Umidade

A relação sal/umidade tem acentuada influência sobre o índice de proteólise no queijo. Altas concentrações de sal no produto podem diminuir a intensidade da degradação protéica que, por sua vez, é induzida por alto teor de umidade. O paracaseinato de cálcio, o qual é o principal constituinte da massa de queijo fresco, degrada-se melhor a concentração de sal de aproximadamente 5% da umidade, equivalente a cerca de 2% de sal num queijo prato. Desta maneira, um queijo com excesso de sal requer muito mais tempo para maturar (Furtado, 1991).

Quanto mais elevada for a umidade do queijo, mais rápida é a proteólise a uma dada temperatura. Isso se deve ao aumento na concentração de sal na água. Como consequência há abaixamento de atividade de água e diminuição da disponibilidade de água para o crescimento bacteriano e para a degradação protéica em reações enzimáticas, caracterizadas principalmente pela hidrólise das ligações peptídicas (Surazinski e Petersen, 1973). Queijos como o parmesão, requerem períodos mais longos de maturação, pois a atividade de lipases e proteases é bastante limitada pela baixa atividade de água. Em contrapartida, o queijo minas frescal possui alto teor de umidade, diminuindo sua durabilidade, devido à rápida proteólise e o crescimento bacteriano que ocorre nos primeiros dias de estocagem (Minussi, 1994).

2.8.4 Efeito do pH

Durante a fase inicial da maturação, o pH sofre redução devido a produção do ácido láctico e de outros compostos, a partir da lactose proveniente da ação dos microorganismos responsáveis pelas alterações de textura e sabor do queijo (Furtado, 1983a). Em meio ácido, abaixo de 5,5, a proteólise torna-se mais lenta. Após a fase inicial, observa-se aumento gradual do pH durante a maturação do queijo resultante da destruição do ácido láctico, formação de

subprodutos não dissociados ou de fraca dissociação e liberação de produtos alcalinos resultantes da decomposição protéica.

A elevação do pH promove aumento na degradação protéica do queijo. Este fenômeno se relaciona com o pH ideal das proteases bacterianas e também com o da quimosina e pepsina do coalho. As variações de pH, ao longo do processo de maturação, dependem muito do tipo de queijo, uma vez que muitos possuem floras desacidificantes que elevam o pH rapidamente, em função do metabolismo do ácido láctico (Raadsveld, 1953).

2.9 Índices de Maturação do Queijo

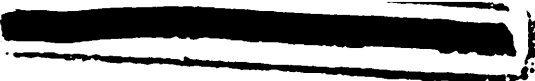
De acordo com Minussi (1994), as mudanças físico-químicas que ocorrem durante a maturação são determinantes na qualidade total do queijo. O grau de maturação é definido como sendo a degradação protéica em um queijo produzido e estocado sob condições definidas. A determinação do índice de maturação permite prever a qualidade do produto final (Venema, Merstel e Elenbaas, 1987).

2.9.1 Extensão da Maturação

A característica “extensão” da proteólise diz respeito a quantidade de substâncias nitrogenadas solúveis em pH 4,6 acumuladas durante o processo e expressas como porcentagens do nitrogênio total:

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

Sua determinação analítica é baseada na precipitação isoelétrica da caseína a pH 4,6 em uma amostra diluída do queijo e posterior quantificação do nitrogênio solúvel pelo método de Kjeldahl.



Choisy et al. (1984) relatam que a ação do coalho residual sobre as caseínas, principalmente nas frações α e β , eleva o teor de peptídeos de médio e baixo peso molecular, que compõem o chamado nitrogênio solúvel. De acordo com Wolfschoon-Pombo et al. (1984), esses peptídeos irão determinar a extensão da proteólise.

2.9.2 Profundidade da Maturação

A profundidade da maturação ou proteólise abrange substâncias nitrogenadas de baixo peso molecular acumuladas durante o processo (aminoácidos, oligo-peptídios, aminas, etc.). É quantificada pelo teor de nitrogênio não protéico, solúvel em ácido tricloroacético (12%) ou pela determinação direta dos aminoácidos e expressos como percentual da proteína total (Wolfschoon-Pombo, 1983):

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

A determinação deste índice é importante, pois ele está diretamente relacionado à ação de endo e exopeptidases bacterianas que venham a produzir aminoácidos e, por meio de descarboxilases e desaminases, outros compostos nitrogenados que colaboram para o sabor típico de cada queijo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do Experimento

O experimento foi desenvolvido nas instalações do Centro de Excelência em Laticínios (CEL) e no Laboratório de Laticínios do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), ambos localizados na cidade de Lavras, Minas Gerais.

3.2 Pasteurização do Leite

O leite de plataforma (tipo C), padronizado a 3,5% de gordura e proveniente de um mesmo tanque foi dividido em duas partes, após retiradas amostras para análises. A primeira foi destinada à pasteurização pelo sistema de injeção direta de vapor e a segunda pelo sistema HTST (High Temperature Short Time).

No sistema de injeção direta de vapor o leite foi aquecido a 70°C, por cinco minutos, após o qual sofreu resfriamento em trocadores de calor a placas. Já no sistema HTST utilizou-se o binômio tempo/temperatura de 72°C/15s.

3.3 Fabricação do Queijo Prato

Cada fabricação foi conduzida com 100 litros de leite pasteurizado, inoculado com 1,5% de fermento láctico mesofílico tipo “O”, segundo técnica descrita por Furtado e Lourenço Neto (1994) e apresentada no fluxograma da Figura 2.

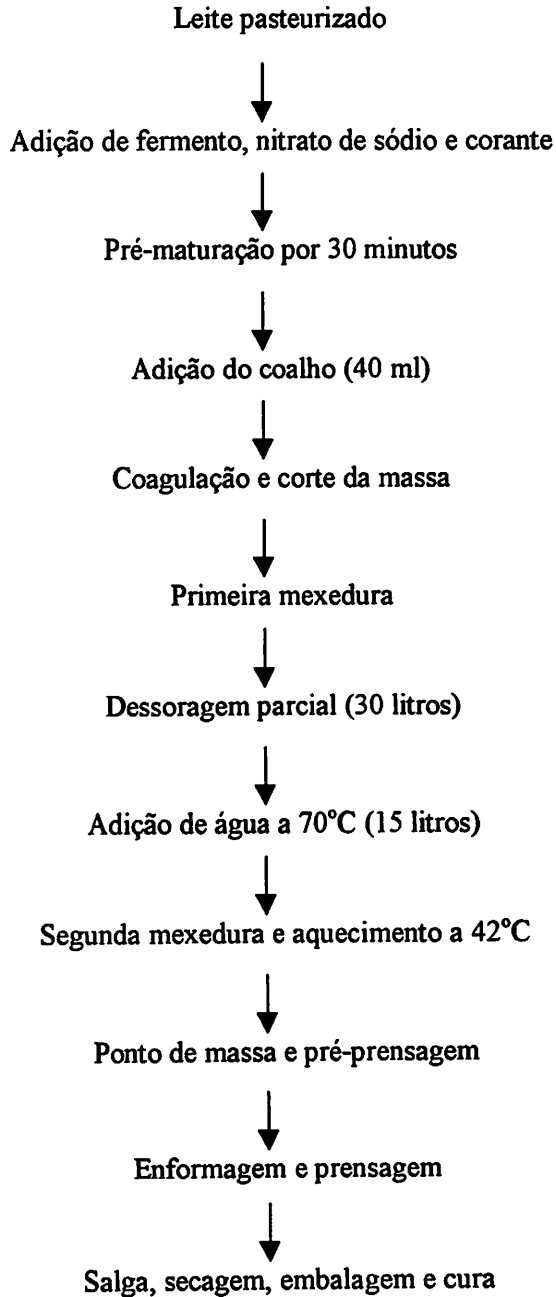


FIGURA 2 Fluxograma da fabricação do queijo prato (Adaptado de Furtado e Lourenço Neto, 1994)

3.4 Ingredientes Utilizados na Fabricação do Queijo Prato

3.4.1 Coalho

Utilizou-se coalho líquido comercial (Chr. Hansen) na proporção de 40ml/100 litros de leite, conforme recomendação do fabricante.

3.4.2 Cultura Láctica

Adicionou-se 1,5% de cultura láctica mesofílica mista (5% de *Lactococcus lactis ssp. lactis* e 95% de *Lactococcus lactis ssp. cremoris*), do tipo “O”(R 704) da Chr. Hansen’s Laboratorium, Dinamarca.

3.4.3 Corante

Empregou-se corante natural de urucum (Chr. Hansen) diluído em água, na proporção de 8 ml/100 litros de leite.

3.4.4 Nitrato de Sódio

O nitrato de sódio (NaNO_3 , 98%) foi utilizado na fabricação do queijo prato com o intuito de evitar o estufamento tardio, devido à fermentação butírica. Utilizou-se o nitrato de sódio a base de 20g/100 litros de leite.

3.4.5 Sal

Após prensagem, os queijos ($\pm 0,5$ kg de peso) foram colocados em salmoura a 20% (m/v), durante cerca de oito horas.

3.5 Embalagem

Os queijos foram embalados a vácuo, com embalagens crio-vac, oriundas do próprio laticínio.

3.6 Análises Físico-Químicas do Leite

3.6.1 Fosfatase Alcalina e Peroxidase

As análises de peroxidase e fosfatase foram realizadas segundo técnicas descritas por Brasil (1980).

3.6.2 Acidez Titulável

A acidez das amostras foram medidas utilizando-se o método de titulação com hidróxido de sódio N/9 (solução Dornic), em presença de fenolftaleína (solução indicadora), segundo LANARA (1981).

3.6.3 Gordura

Os teores de gordura das amostras foram determinados pelo método butirométrico de Gerber-Van Gulik, de acordo com as normas do LANARA (1981).

3.6.4 Densidade

A densidade das amostras foram determinadas pela leitura direta, utilizando um termolactodensímetro segundo Quevenne, corrigindo-se o efeito da temperatura, pelo método descrito nas normas analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.6.5 Extrato Seco Total (EST)

O cálculo do teor de extrato seco total (EST) das amostras de leite foi realizado pelo método indireto de Fleishmann, utilizando-se fórmula descrita por Silva et al. (1997).

3.6.6 Crioscopia

A depressão do ponto de congelamento (DPC) das amostras foi determinada por meio de um crioscópio eletrônico ITR (modelo MK 540), em graus Hortvet (°H).

3.6.7 Proteína

O teor de nitrogênio total (NT) das amostras do leite cru e pasteurizado, em cada fabricação foi determinado pelo método micrométrico de Kjeldahl (AOAC, 1995), utilizando-se o fator 6,38 para estimativa do teor de proteína total, de acordo com Kosikowski (1977).

3.7 Análises Físico-Químicas do Soro no Corte

Após coagulação da massa, procedeu-se ao corte da mesma com o auxílio de duas liras, sendo uma vertical e outra horizontal. As amostras de soro no corte foram coletadas cerca de 5-10 minutos após o corte da massa e foram analisadas quanto aos teores de gordura e sólidos totais, densidade e acidez, segundo metodologias descritas nos sub-itens 3.4.3, 3.4.5, 3.4.4 e 3.4.2, respectivamente.

3.8 Análises Físico-Químicas do Queijo Prato

3.8.1 pH

As medidas do pH dos queijos, em cada tratamento, foram realizadas com o auxílio de um potenciômetro HANNA (modelo HI 8314) previamente calibrado, efetuando-se quatro leituras por amostra.

3.8.2 Extrato Seco Total (EST)

A determinação dos teores de sólidos totais dos queijos foi feita pelo método de secagem em estufa a 105°C (estufa de secagem e esterilização, modelo 315-SE, FANEM), descrito na seção 16.217 da AOAC, 1995.

3.8.3 Umidade

A porcentagem de umidade das amostras de queijo foi calculada por diferença (100% - porcentagem de extrato seco total).

3.8.4 Gordura e Gordura no Extrato Seco (GES)

O teor de gordura das amostras de queijo foi determinado pelo método de Van Gulik (utilizando-se centrífuga tipo Gerber da marca FANEM), como descrito por Brasil (1980). Quanto aos teores de gordura no extrato seco (GES), eles foram calculados dividindo-se os teores de gordura do queijo pelo seu teor de EST.

3.8.5 Sal

O teor de sal dos queijos foi determinado pelo teste de Volhard modificado, descrito por Kosikowski (1977).

3.8.6 Sal na Umidade

Os teores de sal na umidade dos queijos foram determinados pela fórmula:

$$\% \text{ sal/umidade} = \frac{\text{sal}}{\text{sal} + \text{umidade}} \times 100$$

3.8.7 Atividade de Água (A_w)

A atividade de água (A_w) das amostras de queijo foi calculada pela fórmula proposta por Antunes, Teixeira e Silva (1992), utilizando-se o valor médio do teor de sal/umidade do queijo:

$$A_w = 1,0212 - (0,0123 \times \text{NaCl}/100\text{g H}_2\text{O})$$

3.8.8 Tirosina e Triptofano

Os teores de tirosina e triptofano das amostras de queijo foram determinados pelo método proposto por Vakaleris e Price (1959). As amostras de queijo foram trituradas e diluídas em citrato de sódio 0,5 M e precipitadas a pH 4,6. Após filtragem desta mistura em papel de filtro WHATMAM nº 42, obteve-se uma solução límpida de citrato de sódio e ácido clorídrico, contendo a fração hidrolizada da proteína do queijo, solúvel a pH 4,6. A fração solúvel foi diluída (1:1) em água destilada e submetida à leitura no espectrofotômetro BEKMAN nos comprimentos de ondas de 270 e 290 nm (ultravioleta).

A concentração de tirosina (Tir) e triptofano (Trp) em mg/100g de queijo foi calculadas pelas seguintes fórmulas:

$$\text{Tir} = 906 (0,95 \times A_{270} - 1,31 \times A_{290})$$

$$\text{Trp} = 1021 (0,307 \times A_{290} - 0,020 A_{270})$$

em que

A_{270} = absorvância a 270 nm; e

A_{290} = absorvância a 290 nm.

3.8.9 Nitrogênio Total (NT), Nitrogênio Solúvel (NS) e Nitrogênio Não-protéico (NNP)

As amostras de queijo foram trituradas em liquidificador (cerca de 100g) e solubilizadas em citrato de sódio (0,5M). As amostras foram digeridas em bloco aquecedor da marca SARGE, modelo 40-25, e destiladas em equipamento TECNAL, modelo TE-036. Finalmente, os teores de NT, NS e NNP foram determinados de acordo com o método semimicro-Kjeldahl proposto por Gripon et al. (1975).

3.9 Cálculo das Porcentagens de Transição de Gordura e Sólidos Totais do Leite para o Queijo

Para a determinação das cifras de transição, foram utilizados cálculos matemáticos descritos por Wolfschoon-Pombo e Furtado (1979). Estes cálculos foram baseados na composição físico-química do leite e soro de cada fabricação, bem como na composição físico-química dos queijos obtidos e o seu rendimento em kg.

3.10 Cálculo do Rendimento de Fabricação

Os cálculos do rendimento de cada fabricação, expresso em litros de leite/kg de queijo, foram realizados por meio da divisão do volume de leite empregado no processamento (100 litros) pela soma da massa dos queijos (em kg), obtida antes da salga.

3.11 Cálculo dos Índices de Maturação do Queijo Prato

O cálculo do índice de extensão de maturação foi realizado pela seguinte fórmula:

$$\text{Extensão (\%)} = \frac{NS}{NT} \times 100$$

O índice de profundidade da maturação foi determinado pela fórmula:

$$\text{Profundidade (\%)} = \frac{NNP}{NT} \times 100$$

3.12 Tratamentos

Os tratamentos constituíram-se de dois sistemas de pasteurização (HTST e injeção direta de vapor) e cinco idades de maturação dos queijos (1, 10, 20, 30 e 40 dias), com seis repetições (fabricações). Os queijos, após embalagem, foram armazenados em câmara fria, a 10%-12°C, iniciando-se então a contagem dos dias de maturação.

3.13 Análises estatísticas

Para análise dos valores médios de composição físico-química do leite (acidez, gordura, extrato seco total, proteína, crioscopia e densidade), do soro (acidez, gordura, extrato seco total e densidade) e do queijo (pH, umidade, extrato seco total, gordura, gordura no extrato seco, sal, relação sal/umidade e atividade da água), com o objetivo de avaliar o efeito dos sistemas de pasteurização (HTST e injeção direta de vapor), utilizou-se o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

em que

Y_{ij} = variável dependente relacionada à composição físico-química do leite, soro ou queijo que recebeu o tratamento i na repetição j ;

μ = média geral dos dados de composição físico-química do leite, soro ou queijo;

t_i = efeito do i° tratamento (sistema de pasteurização HTST ou injeção direta de vapor); e

ε_{ij} = erro experimental ocorrido na determinação da composição físico-química do leite, soro ou queijo que recebeu o tratamento i na repetição j .

Com o objetivo de comparar os valores médios de composição físico-química do leite cru e do pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor e visando comparar o soro e o queijo obtidos com leite pasteurizado pelos mesmos sistemas, utilizou-se o teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Para análise dos dados médios de composição dos queijos obtidos durante a maturação (relação nitrogênio solúvel/nitrogênio total, relação nitrogênio não-protético/nitrogênio total, pH, tirosina e triptofano), produzidos com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor, empregou-se o modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + (ab)_{ij} + c_k + \varepsilon_{ijk}$

em que

Y_{ijk} = variável dependente relacionada com a composição química do queijo obtida na i^{a} idade de maturação, submetido ao j° sistema de pasteurização, no k° bloco;

μ = média geral dos dados de composição do queijo prato;

a_i = efeito da i^{a} idade de maturação;

b_j = efeito do j° sistema de pasteurização;

$(ab)_{ij}$ = efeito da interação da i^{a} idade de maturação com o j° sistema de pasteurização;

c_k = efeito do k° bloco;

ϵ_{ijk} = erro ocorrido na determinação da composição química do queijo prato na i^{a} idade de maturação, submetido ao j^{o} sistema de pasteurização, no k^{o} bloco.

Neste caso, procedeu-se ao desdobramento da interação idade x sistema de pasteurização, aplicando-se a análise de regressão para o fator quantitativo (idade de maturação) e o teste de médias (no caso, teste Tukey, a 5% de probabilidade) para o fator qualitativo (sistema de pasteurização). A escolha do modelo foi feita com base no coeficiente de determinação, na significância da regressão e dos seus coeficientes, a 5% de probabilidade e pela lógica biológica da variável em estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição Físico-Química do Leite Cru e Pasteurizado

Os valores médios da composição físico-química do leite cru e do pasteurizado, pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2 Valores médios de composição físico-química do leite cru e do pasteurizado, pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor (IDV)

Parâmetros	Cru	HTST	IDV
Acidez (°D) ¹	16,70 a	16,70 a	15,50 b
Gordura (%) ¹	3,50 a	3,46 a	3,24 b
Sólidos totais (%) ¹	12,31 a	12,21 a	11,26 b
Proteína (%) ¹	3,38 a	3,37 a	2,77 b
Crioscopia (°H) ¹	-0,538 b	-0,538 b	-0,492 a
Densidade (g/ml) ¹	1,032 a	1,031 a	1,028 b

¹ Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Valores médios obtidos em seis observações ou fabricações.

Para o leite cru e o pasteurizado pelo processo HTST, os dados estão dentro da faixa normal para todos os parâmetros analisados. Entretanto, para o leite pasteurizado pelo sistema de injeção direta de vapor, houve variação significativa de todos os resultados. Como o sistema injeção direta de vapor incorpora água ao leite (cerca de 8,5%, com base no teor de sólidos totais, e

9,4%, com base na crioscopia do leite antes e após pasteurização), há como consequência diluição da acidez e diminuição na concentração dos componentes sólidos, o que leva ao abaixamento da densidade. A elevação do teor de água eleva o ponto de congelamento (DPC), fazendo-o aproximar-se ao da água pura. É importante ressaltar que a incorporação de água ao leite durante a pasteurização não constitui uma prática fraudulenta. Esta prática faz parte do sistema e pode ser considerada uma etapa do processamento, fazendo com que haja aumento significativo no rendimento. Diante disto o sistema de injeção direta de vapor se torna vantajoso para a produção de queijos.

4.1.1 Fosfatase Alcalina e Peroxidase

Os testes de fosfatase alcalina e peroxidase foram realizados para verificar a eficiência da pasteurização do leite, uma vez que as curvas de inativação dessas enzimas encontram-se próximas àquelas da pasteurização, sendo a fosfatase alcalina menos resistente e a peroxidase mais resistente. Dessa forma, o leite pasteurizado deve apresentar atividade da fosfatase alcalina negativa e peroxidase positiva, o que ocorreu nos sistemas utilizados, demonstrando que ambos os leites foram realmente pasteurizados (Tabela 3).

TABELA 3 Testes de fosfatase alcalina e peroxidase no leite cru e pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor (IDV)

Teste	Cru	HTST	IDV
Fosfatase alcalina	+	-	-
Peroxidase	+	+	+

4.2 Composição Físico-Química do Soro do Queijo Prato

Na fabricação de queijos é importante conhecer a composição do soro. Sua maior ou menor riqueza fornece boa indicação das perdas acontecidas durante a fabricação, uma vez que os sólidos do leite serão repartidos entre os grãos da coalhada, que irão formar o queijo e o soro. Dessa forma, é importante que o soro seja o mais pobre possível, o que indicaria, maior rendimento de fabricação.

O sistema de injeção direta de vapor incorpora água ao leite. Esse excesso de água sai no soro durante a fabricação, aumentando seu volume e, conseqüentemente, diluindo seus constituintes sólidos.

Pode ser observado que o leite pasteurizado por injeção direta de vapor, produziu soro com menor teor de gordura (Tabela 4). Dois aspectos devem ser considerados: o primeiro é que ocorre neste sistema maior produção de soro, advinda da água incorporada ao leite e o segundo é maior retenção de gordura nos grãos. Essa maior retenção de gordura no interior dos grãos ocorre em função da ligeira homogeneização do leite no sistema por injeção direta de vapor. Essa ligeira homogeneização melhora a retenção de gordura no interior dos grãos, conseqüentemente, aumenta o teor de gordura do queijo . Os dados de porcentagem de gordura e gordura no extrato seco serão apresentados e discutidos no item 4.4.

TABELA 4 Valores médios de composição físico-química do soro do queijo prato produzido pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor (IDV)

Parâmetros	SORO CORTE ¹	
	HTST	IDV
Acidez (°D)	12,00 a	10,00 b
Gordura (%)	0,73 a	0,50 b
Sólidos totais (%)	7,35 a	7,10 b
Sólidos desengordurados (%)	6,62 a	6,60 a
Densidade (g/ml)	1,025 a	1,025 a

1 Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Valores médios obtidos de seis repetições.

Observa-se ainda a ocorrência da diminuição da acidez e diluição dos sólidos totais no soro proveniente do sistema injeção direta de vapor, devido à menor diluição do teor de gordura. Os sólidos desengordurados não apresentaram diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos, provavelmente devido ao maior carreamento de sólidos solúveis pelo excesso de água, o que provocou a manutenção da densidade.

4.3 Transição dos Componentes na Coalhada e Rendimento

Os valores médios de rendimento e de transição de sólidos totais e gordura nos processos de fabricação utilizando leites pasteurizados pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor, estão apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 Valores médios de rendimento e transição de sólidos totais e gordura do leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor (IDV), na fabricação do queijo prato

Parâmetros	HTST	IDV
Rendimento (l de leite/kg de queijo) ¹	9,54 a	8,48 b
% de transição de gordura ¹	80,91 b	86,30 a
% de transição de sólidos totais ¹	45,62 a	44,05 a

¹ Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Valores médios obtidos de seis repetições.

Observa-se rendimento superior ($P < 0,05$) nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema de injeção direta de vapor (IDV), comparado com o HTST. O maior rendimento observado está relacionado com o maior aproveitamento dos constituintes do leite no sistema injeção direta de vapor, principalmente, a gordura, uma vez que sua transição foi 5,39 pontos percentuais maior que no HTST. Como consequência, por este sistema produzem-se queijos com maior teor de gordura total e gordura no extrato seco, conforme observa-se na Tabela 6.

Sbampato (1996) e Ventura et al. (1984) trabalhando com queijo gorgonzola e prato, respectivamente, encontraram maior rendimento do queijo produzido com leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor comparado ao sistema HTST. O sistema ejetor de vapor e injeção direta de vapor, apesar de apresentarem algumas particularidades, apresentam efeitos idênticos no rendimento de queijos. A introdução direta de vapor no leite visando seu aquecimento provoca redução no tamanho dos glóbulos de gordura (Sbampato, 1996), além de provocar uma “homogeneização” do leite, o que facilita a retenção da gordura na coalhada. Assim, o queijo resultante deste processo

processo normalmente apresenta elevado teor de gordura e características de textura próprias.

4.4 Composição Físico-Química do Queijo Prato

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios de alguns parâmetros físico-químicos dos queijos fabricados com leites pasteurizados pelos dois sistemas.

TABELA 6 Valores médios de composição físico-química do queijo prato com um dia de maturação produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor (IDV)

Parâmetros	HTST	IDV
pH ¹	4,92 a	5,03 a
Umidade (%) ¹	45,80 a	47,38 a
Sal (%) ¹	1,71 a	1,95 a
Gordura (%) ¹	27,02 b	29,06 a
GES (%)	49,88 b	55,24 a
Sólidos totais (%) ¹	54,20 a	52,62 a
Sal na umidade (%) ¹	3,60 a	3,95 a
Atividade da água ¹	0,977 a	0,973 a

¹ Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Valores médios obtidos de seis repetições.

Observa-se aumento ($P < 0,05$) nos teores de gordura, gordura no extrato seco do queijo e tendência de maior umidade (embora estatisticamente não significativa) quando se utilizou o sistema de injeção direta de vapor para pasteurização do leite. O aumento destes constituintes no leite foi responsável pelo aumento da conversão de leite para queijo durante o processo de fabricação (Tabela 5), principalmente em função da maior retenção de gordura, o que levou

também a maior concentração de gordura no extrato seco. A maior umidade e concentração de gordura provocam maior maciez da massa do queijo, o que foi empiricamente observado. Entretanto, deve-se considerar que esses dois fatores levam a diminuição do período de validade do produto.

O teor de sal, embora não tenha apresentando diferença significativa, apresentou valor mais elevado (14% a mais) no queijo produzido pelo sistema injeção direta de vapor, quando comparado com o produzido pelo HTST. Isto ocorreu devido à maior umidade obtida naquele sistema proporcionando também maior difusão de sal na massa dos queijos mais úmidos. Observa-se que o teor de sal na umidade foi também maior no mesmo sistema, o que levou a ligeira redução da atividade de água desses queijos, embora não tenha apresentado diferença estatística ($P > 0,05$).

4.5 Composição do Queijo Prato Durante a Maturação

4.5.1 pH

O pH aumentou ($P < 0,01$) linearmente com a idade de maturação (de um a quarenta dias), variando de 5,02 a 5,65 para o queijo prato produzido pelo sistema HTST e de 5,15 a 5,67 para o sistema injeção direta de vapor (Figura 3). Observou-se o incremento de 0,0162 unidade nos valores de pH, a cada dia de maturação do queijo produzido pelo sistema HTST, enquanto que para o sistema injeção direta de vapor este incremento foi de 0,0134 unidade. Isto ocorreu porque o pH no início da maturação foi mais baixo nos queijos provenientes do sistema HTST. No decorrer da maturação, o pH aumentou devido à formação de compostos nitrogenados alcalinos ou, ainda, ao catabolismo do ácido lático.

O valores médios de pH observados para o queijo prato produzido pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor diferiram significativamente ($P < 0,05$) somente aos dez dias de maturação (Figura 4), provavelmente em função da

maior delactosagem da massa no segundo processo. Isso acontece em função do maior teor de água na coalhada obtida de leite pasteurizado pelo sistema injeção direta de vapor.

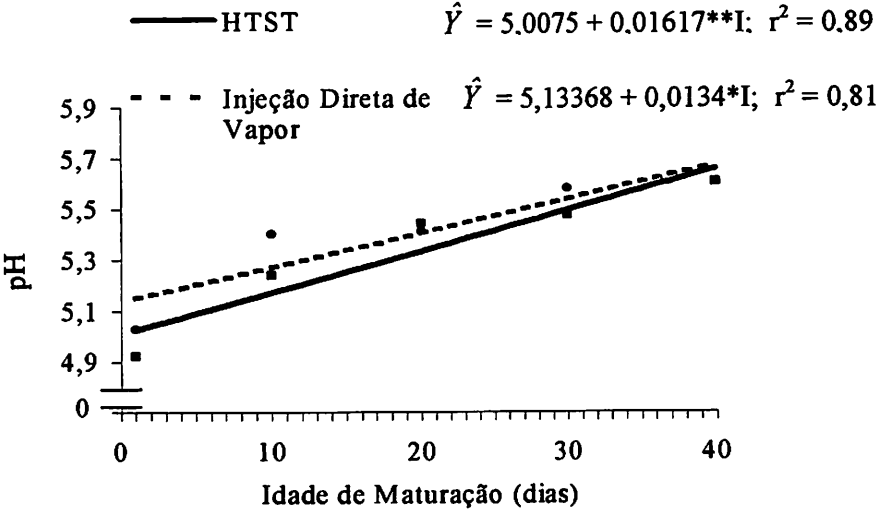


FIGURA 3 Curva de regressão para os valores de pH obtidos em diferentes idades de maturação.

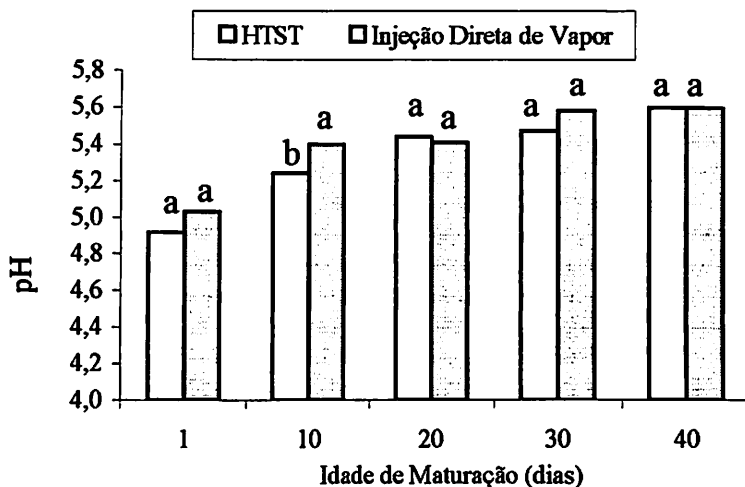


FIGURA 4 Valores médios de pH do queijo Prato pasteurizado pelos sistemas HTST e Injeção Direta de Vapor em diferentes idades de maturação. Letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.5.2 Proteólise

Os índices de proteólise, extensão (relação nitrogênio solúvel/nitrogênio total ou NS/NT) e profundidade da maturação (relação nitrogênio não-protéico/nitrogênio total ou NNP/NT) e os teores de tirosina e triptofano são utilizados como indicadores da qualidade dos queijos distribuídos no mercado. O conhecimento destes dados permite conhecer a atividade proteolítica do coalho e fermento e também o momento ideal de lançamento do queijo no mercado.



4.5.2.1 Índice de Extensão e Profundidade da Maturação do Queijo Prato

Observou-se o aumento ($P < 0,05$) linear do índice de extensão em função da idade de maturação, variando de 8,91% a 14,72% para o sistema HTST e de 7,06% a 15,36% para o sistema de injeção direta de vapor, de um a quarenta dias de maturação (Figura 5). Houve acréscimo de 0,14901 unidade nos valores de extensão após cada dia de estocagem e maturação do queijo prato produzido pelo sistema HTST, enquanto para o sistema injeção direta de vapor, o incremento foi de 0,21262 unidades. A maior intensidade de proteólise do queijo prato fabricado pelo sistema injeção direta de vapor provavelmente estaria associada ao maior teor de umidade inicial, apesar de não haver diferença estatística quanto ao teor de umidade comparando-se os dois sistemas (Tabela 6). Segundo Lawrence et al. (1987), pequenas alterações na umidade dos queijos podem resultar em alterações relativamente grandes na atividade proteolítica dos queijos

Os valores médios de extensão observados para o queijo prato produzido pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor diferiram significativamente ($P < 0,05$) aos dez e vinte dias de maturação (Figura 6), apresentando menores valores para o segundo sistema. Como o sistema Injeção Direta de Vapor incorpora água ao leite, a qual sai durante a mexedura no processo conhecido como sinerese, pode-se deduzir que dessa forma retira maior quantidade de coalho do grão. Este processo pode ocasionar menor proteólise inicial, já que o coalho é o principal agente proteolítico na primeira fase do processo.

Apesar da proteólise ser menor na fase inicial (Figuras 5 e 6) para o sistema injeção direta de vapor, observou-se recuperação mais rápida destes valores, o que, provavelmente se intensificaria num período mais prolongado de cura, fazendo com que os valores de extensão e profundidade de maturação dos queijos produzidos por este sistema sejam ainda mais elevados.

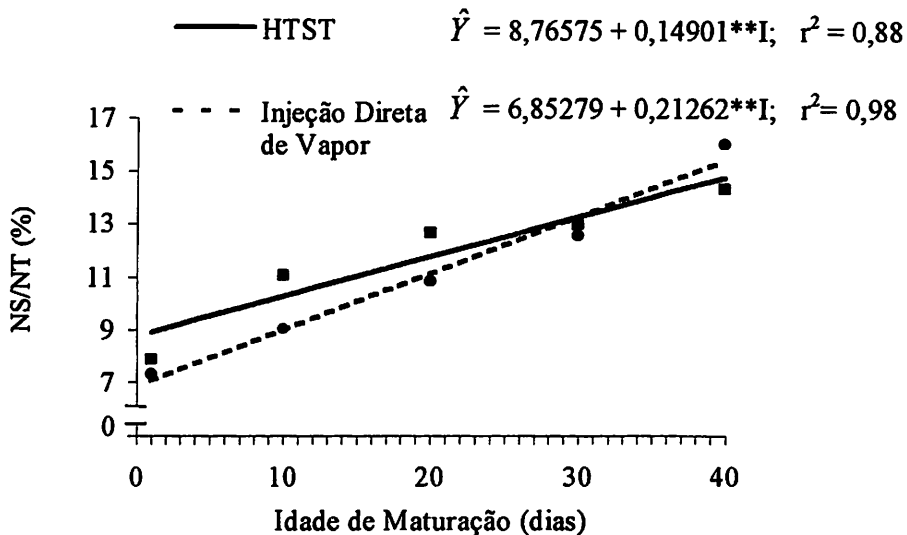


FIGURA 5 Curva de regressão para os valores do índice de extensão da maturação (NS/NT) obtidos em diferentes idades de maturação (I) do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor.

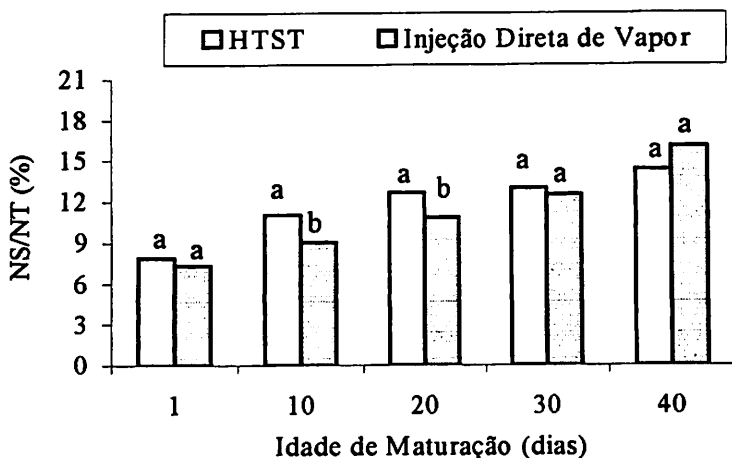


FIGURA 6 Valores médios do índice de extensão da maturação (NS/NT) do queijo prato produzido pelos sistemas de pasteurização HTST e injeção direta de vapor em diferentes idades de maturação. Letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Os índices de profundidade de maturação também aumentaram ($P < 0,01$) linearmente com a idade de maturação, variando de 9,14 a 11,53 para o sistema HTST e de 7,59 a 12,75 para o sistema injeção direta de vapor, de um a quarenta dias de maturação (Figura 7). Houve o acréscimo de 0,06109 unidades nos valores de extensão, a cada dia de aumento na idade de maturação do queijo prato produzido pelo sistema HTST, enquanto que para o sistema de injeção direta de vapor, o incremento foi de 0,13231 unidade. Esta diferença também pode estar relacionada com o maior teor de umidade dos queijos produzidos pelo sistema injeção direta de vapor, conforme já discutido. Além disso, deve-se considerar a maior atividade esperada das peptidases microbianas, que provocaria maior desenvolvimento microbiano, acelerando a maturação.

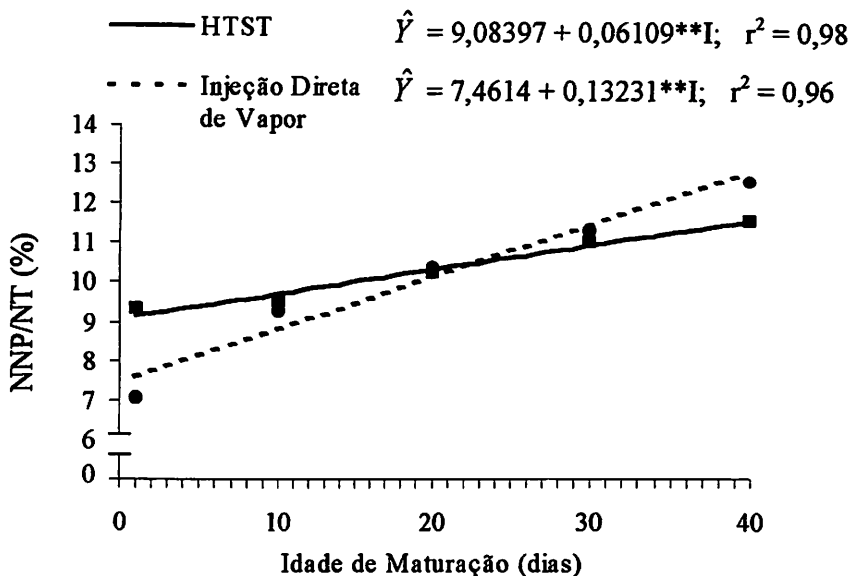


FIGURA 7 Curva de regressão para os valores do índice de profundidade da maturação (NNP/NT), obtidos em diferentes idades de maturação (I) do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor.

Da mesma forma que ocorreu com os valores de extensão de maturação, observou-se uma recuperação nos valores médios de profundidade de proteólise para os queijos fabricados pelo sistema injeção direta de vapor, com o avanço da idade de maturação (Figura 8). Entretanto, não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) entre os dois sistemas aos quarenta dias de maturação dos queijos.

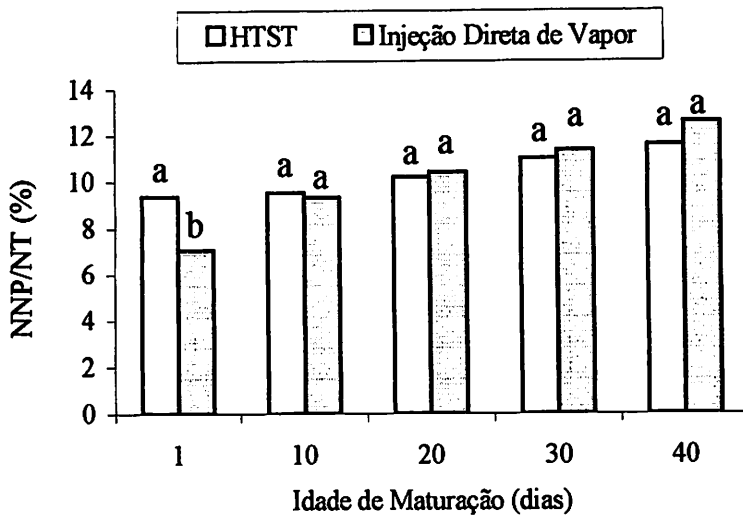


FIGURA 8 Valores médios do índice de profundidade da proteólise (NNP/NT) do queijo prato produzido pelos sistemas de pasteurização HTST e injeção direta de vapor em diferentes idades de maturação. Letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

4.5.2.2 Tirosina e Triptofano

O teor de tirosina aumentou ($P < 0,05$) linearmente com a idade de maturação, variando de 16,27 a 89,91 para o sistema HTST e de 9,68 a 70,50 para o sistema de injeção direta de vapor, de 1 a 40 dias de maturação, respectivamente (Figura 9). O aumento nos teores de tirosina já seriam esperados em função da ação de proteases (peptidases) do fermento láctico sobre os peptídeos liberados, em virtude, principalmente da ação do coalho, formando mais aminoácidos e compostos de baixo peso molecular. Ao contrário do observado para os índices extensão e profundidade de maturação, observou-se o acréscimo maior, de 1,89 unidade, no teor de tirosina a cada dia de aumento na

idade de maturação quando o queijo prato foi produzido pelo sistema HTST, enquanto que para o sistema injeção direta de vapor, este incremento foi de 1,56 unidades. A maior taxa de liberação de aminoácidos pelo sistema HTST poderia justificar a maior extensão e profundidade de proteólise observada na fase inicial de maturação.

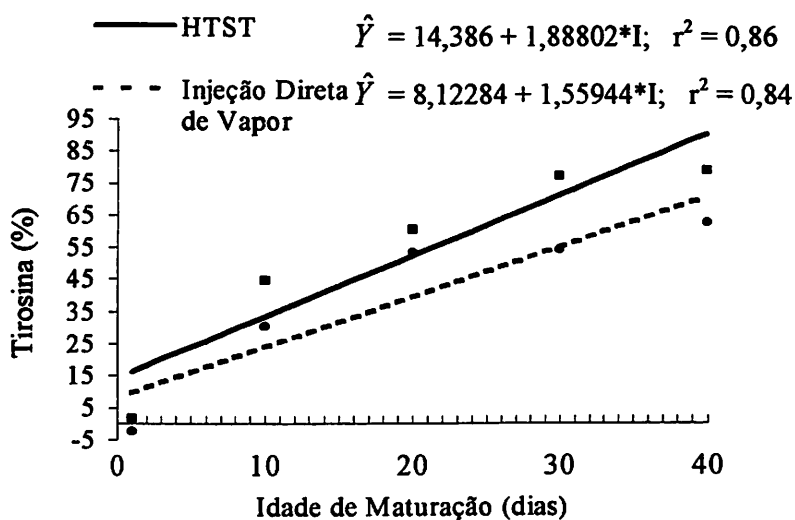


FIGURA 9 Curva de regressão para os valores de tirosina obtidos em diferentes idades de maturação (I) do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor.

Observa-se que os valores médios de tirosina diferiram significativamente ($P < 0,05$) a partir dos dez dias de maturação, apresentando valores menores para o sistema injeção direta de vapor em relação ao sistema HTST (Figura 10). O mesmo não foi observado para os teores de triptofano, os quais não diferiram entre os dois sistemas de pasteurização (Figura 11).

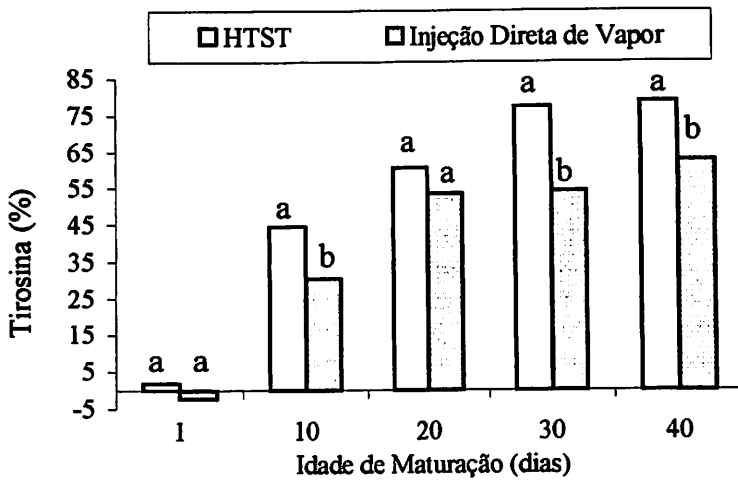


FIGURA 10 Valores médios de tirosina do queijo prato pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor em diferentes idades de maturação. Letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

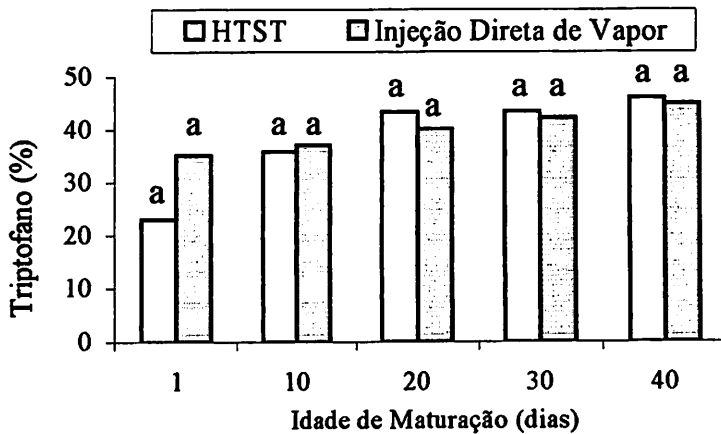


FIGURA 11 Valores médios de triptofano do queijo prato pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor em diferentes idades de maturação. Letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

O teor de triptofano aumentou ($P < 0,05$) linearmente com a idade de maturação, variando de 27,98 a 49,16 para o sistema HTST e de 35,10 a 44,94 para o sistema de injeção direta de vapor, de um a quarenta dias de maturação (Figura 12). Observa-se maior acréscimo de 0,54 unidades nos valores de triptofano a cada dia de aumento na idade de maturação do queijo prato produzido pelo sistema HTST, enquanto que para o sistema injeção direta de vapor este incremento foi de 0,25 unidade.

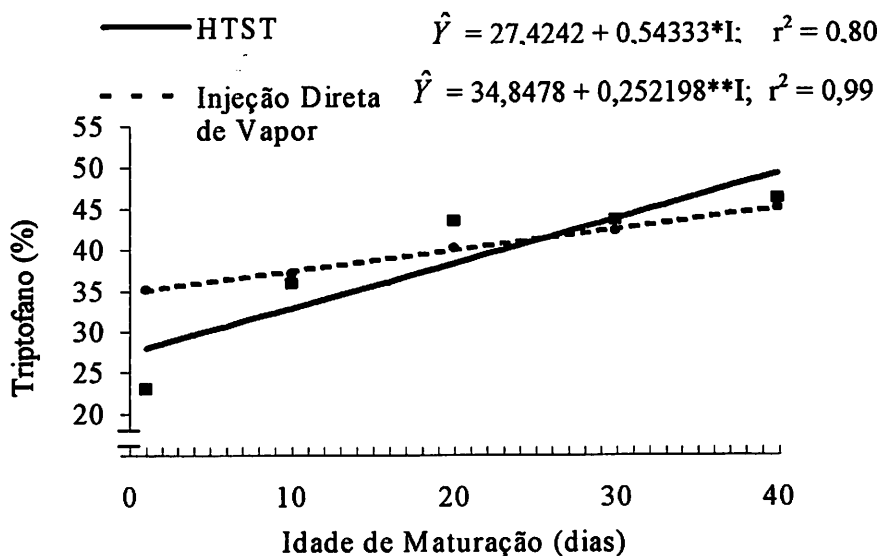


FIGURA 12 Curva de regressão para os valores de triptofano obtidos em diferentes idades de maturação (I) do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor.

5 CONCLUSÕES

A utilização do sistema injeção direta de vapor na pasteurização do leite para a elaboração do queijo prato, resultou em maior rendimento de fabricação (litros de leite/kg de queijo). Isto ocorre porque esse sistema permite melhor aproveitamento de gordura comparando com o sistema HTST.

O sistema de pasteurização injeção direta de vapor proporcionou menor acidez ao queijo, no início do processo de maturação. Não foram observadas diferenças na acidez dos queijos produzidos pelos dois sistemas, aos quarenta dias de maturação.

A proteólise do queijo prato foi pouco influenciada pelo sistema de pasteurização.

Os teores de tirosina e triptofano aumentaram durante o período de maturação dos queijos (de um a quarenta dias), sendo que maiores valores de tirosina foram observados para o sistema HTST em relação ao injeção direta de vapor, aos quarenta dias de maturação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAIS, C. **Science du Lait: principes de techniques laitières**. 3.ed. Paris: Societé D'Édition et Publicité Agricoles, 1975. 608p.
- ALBUQUERQUE, L.C. **Queijos no Brasil**. Juiz de Fora: EPAMIG/CEPE/ILCT, 1986; 140p.
- ANTUNES, L.A.F.; TELXEIRA, E.C.; SILVA, R.S.S.F. Models for determination of water activity in Prato cheese. **Journal Dairy Science**, Champain, v.75, n.1, p.104-109, jan. 1992.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS-AOAC. **Official methods of analysis**; 12.ed. Washington, 1995. 1094p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal - RIISPOA**. Brasília, 1980. 116p.
- CHOISY, C.; DESMAZAUD, M.; GRIPTON, J.C.; LAMBERT, G.; LENOIR, J.; TOURNEUR, C. Les phenomenes microbiologiques ei enzimatiques et la Biochimie de Taffinage. In: ECK, A. **Le Fromage**, Paris: Tec ei. Documentation (Lavoisier), 1984. p.62-100.
- DESMAZEUD, M.J.; GRIPON, J.C. General mechanism of protein breakdown during cheese ripening. **Milchwissenschaft**, França v.32, n.12, p.731-734, 1977.
- FLEISCHMANN, W. **Tratado de Lecheria** Barcelona: Gustavo Gili, 1924., 240p.
- FOLEGATTI, M.L.S. **Avaliação do uso de quimosina produzida por *Aspergillus niger* (var. awamori) na fabricação do queijo tipo Prato**. Campinas: UNICAMP, 1994. 65p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Alimentos)

- FOX, P.F. Proteolysis during cheese manufacture and ripening *Journal Dairy Science*, Champain v.72, n.6, p.1379-1400, Jun. 1989.
- FURTADO, M.M. Algumas considerações a respeito da fabricação dos queijos Prato e Minas curado. *Boletim do Leite*, Belo Horizonte, n.657, p.1-6, jul. 1983.
- FURTADO, M.M. *Tecnologia de Fabricação de Queijos*. 3. ed. Juiz de Fora: EPAMIG/ILCT, 1973. 215p.
- FURTADO, M.M. *A arte e a ciência do queijo*. São Paulo: Globo, 1991. 297p.
- FURTADO, M.M. Princípios básicos da fabricação de queijo Prato e similares Dinamarqueses. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora: v.38, n.229, p.52-55, set./out. 1983b.
- FURTADO, M.M.; LOURENÇO NETO, J.P.M. *Tecnologia de queijos: manual técnico para produção industrial de queijos*. São Paulo: Dipemar, 1994. 118p.
- GRAPPIN, R.; RANK, T.C.; OLSON, N.F. Primary proteolysis of cheese proteins during ripening: a review. *Journal of Dairy Science*, Champain v.45, n.68, p.531-540, 1985.
- HASHZUME, K.; SATO, T. Gel-forming characteristic of milk proteins. 1. Effects of heat treatment. *Journal of Dairy Science*, Champain, v. 71, n.12, p. 1439-1446, Dec. 1988.
- INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION – IDF. *Monograph on pasteurized milk*. [S.I.], 1986, 150p (Bulletin, 200).
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. I.A.L., 3. ed. São Paulo: v.1, 1985, 533p.
- JAMESON, G.W. Cheese with less fat. *The Australian Journal of Dairy Technology*, Austrália v.73, n.1, p.93-98, 1990.

- KINDSTEDT, P.S; KOSIKOWSKI, E.V. Improved complexometric determination Calcium cheese. *Journal Dairy Science*, v. 66, p.806-809, 1985.
- KOSIKOWSKY, F. *Cheese and fermented milk foods*. 2.ed. Ann Arbor: Edwards, 1977. 711p.
- LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA ANIMAL - LANARA. *Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes*. II. Métodos físicos e químicos. Brasília, 1981. 85p.
- LAW, The formation of aroma and flavour compounds in fermented dairy products. *Dairy Science Abstracts*, v.43, n.3, p.143-154, 1981.
- LAWRENCE, R.C.; CREAMER, L.K.; GILLES, J. Symposium: Cheese Ripening Technology. Texture Development during Cheese Ripening. *Journal Dairy Science*, Champain, v.70, n.8, p.1750-1760, sept. 1987.
- MARZIALI, A.S.; NG-KWA-HANG, K.F. Effects of milk composition and genetic polymorphism on cheese composition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.69, n.10, p.25333-25420, oct. 1986.
- MINUSSI, R.C. *Avaliação de métodos para aceleração da maturação do queijo Prato*. Viçosa, MG: UFV, 1994. 84p. (Dissertação - Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)
- RAADSVELD, C.W. Different factors influencing ripening of Edam cheese. In: *INTERNATIONAL DAIRY CONGRESS*, 13, 1953, Brussels. *Proceedings...* Brussels: 1953, p.671-676.
- RETTL, C.; SGHEDONI, A. Considerações sobre a pasteurização de leite para fabricação de queijos. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, v.7, n.139, p.21-22, jul./ago. 1969
- ROBERTS, W.M. Symposium: Latest Development in the Heat and Vaccun Treatment of Milk-. Problems Involved in Flavor Removal. *Journal of Dairy Science*, Champain, v.42, n.3, p.560-563, Mar., 1959.

- SAN JOSÉ, C.** Efectos de la temperatura sobre la leche y sus componentes. **Revista Espanôla de Lecheria**, Madrid, v.34, n.114, p.193-211, set/oct. 1979.
- SARAIVA, L.A.**, Composição dos queijos fabricados no nosso país. **Boletim do Leite**, Rio de Janeiro v.12, n.141, p.1-5, fev. 1940.
- SBAMPATO, C.G.** Propriedades lipolíticas e sensoriais do queijo tipo gorgonzola elaborado com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e ejetor de vapor. Lavras: UFLA, 1996. 69p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos)
- SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ - SEAB.** Origem e informação sobre queijos. **Leite e Derivados**, v.4 n.6, p.80-88, jun. 1992.
- SGHEDONI, A.; RETTL, C.** Considerações sobre pasteurização do leite para Fabricação de queijo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.23, n.139, p. 21-22, 1968.
- SILVA, P.H.F. da.** Físico-química do leite e derivados. Juiz de Fora: Oficina de Impressão Gráfica e Editora Ltda. 1997. 190p.
- SILVA, J.O.** Efeito do calor sobre o leite. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.30, n.30, p.61-67, 1975.
- SOUZA, E.A.** Tecnologia da fabricação de queijos. Juiz de Fora, MG, Editora Lar Católico, 1960, 116p. (Edição da Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes).
- STEELE, J.L.; ÜNLÜ, G.** Impact of lactic acid bacteria on cheese flavor development. **Food Technology**, v.46, n.10, p.128-136, 1992.
- STOBBERUP, J.** Elaboracion de quesos: módulo III-B Santiago: FAO, 1985. 310p.

- SURAZINSKI, A.; PETERSEN, E.L. Fenômenos fundamentais durante la maduración de la quesos. In: CURSO NACIONAL DE LEITE E DERIVADOS, 1, Belo Horizonte, 1973. Resumos... Rio de Janeiro, FAO, UFMG, 1973. 38p.
- VAKALERIS, D.G.; PRICE, W.V. Rapid spectrophotometric method for measuring cheese ripening. *Journal Dairy Science*, Champaign, v.42, n.2, p.264-276, feb., 1959.
- VEISSYRE, R. *Technologil du Iait*. 2. ed. Paris: La maison Rustique, 1975, 565p.
- VENEMA, D.P.; HERSTEL, H.; ELENBAAS, H. L. Determination of the ripening time of Edam and Gouda cheese by chemical analysis. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, Wageningen, v.41, n.2, p.215-226, 1987.
- VENTURA, R.F. **Caracterização do sistema ejetor de vapor na pasteurização de leite destinado à fabricação de queijos**. Campinas: UNICAMP, 1981. 144p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos)
- VENTURA, R.F.; RUSIG, O. Ejetor de vapor: sistema de pasteurização de leite destinado à fabricação de queijos (7ª parte) *Revista de Laticínios Cândido Tostes*, v.38, n.227, p.3-16, jul./ago. 1983.
- VENTURA, R.F., FURTADO, M.M., WOLFSCHOON-POMBO, A.F., LOURENÇO NETO, J.P.M., LIMA, A. Queijo Prato: Compração de fabricação usando leite pasteurizado por sistem de placas e ejetor de vapor (Nota prévia). *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, v.39, n.235, p.59-70, set./out. 1984.
- WALSTRA, P.; JENNESS, R. *Dairy chemistry and physics*. New York: John Wiley, 1984. 310p.
- WALSTRA, P.; NOOMEN, A.; GEURTS, T.J. Dutch-type varieties. In: FOX, P.F. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. New York: Elsevier, 1987. 320p.

WOLFSCHOON-POMBO,A.F.; FURTADO, M.M. Changes in soluble nitrogen, pH e lactic acid during ripening of chabichou-type cheese. **Journal of Food Protection.,Iowa, v.42, n.8, p.666-669, aug 1979.**

WOLFSCHOON-POMBO, A.F. Índices de proteólise em alguns queijos brasileiros. **Boletim do Leite, Rio de Janeiro, v.51, n.661, p.1-8, nov. 1983.**

WOLFSCHOON-POMBO,A.F.; CASAGRANDE, H.R.; LOURENÇO-NETO, J.P.M.; MUNCK, A.V. Alterações do queijo Minas Frescal durante o período de Armazenamento. **Revista do Instituto de laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, v.39, n.233, p.3-9, maio/jun. 1984.**

ANEXOS

TABELA 1A Resumo da análise de variância para os valores de acidez do leite cru e pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Leite	2	2,24	0,05377
Resíduo	15	0,6266668	
CV			4,937

TABELA 2A Resumo da análise de variância para os teores de gordura do leite cru e pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Leite	2	0,1137737	0,00003
Resíduo	15	0,4947199E-02	
CV			2,069

TABELA 3A Resumo da análise de variância para os teores de sólidos totais do leite cru e pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Leite	2	2,026922	0,00000
Resíduo	15	0,2568731E-01	
CV			1,344

TABELA 4A Resumo da análise de variância para os teores de proteína bruta do leite cru e pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Leite	2	0,1224504	0,00002
Resíduo	15	0,4932992E-02	
CV			2,430

TABELA 5A Resumo da análise de variância para os índices de crioscopia do leite cru e pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Leite	2	0,3423229E-02	0,00000
Resíduo	15	0,166098E-04	
CV			0,785

TABELA 6A Resumo da análise de variância para os valores de densidade do leite cru e pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Leite	2	0,3053042E-05	0,00126
Resíduo	15	0,2837577E-06	
CV			0,052

TABELA 7A Resumo da análise de variância para os valores de acidez do soro no corte obtido do leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Sistema de pasteurização	1	0,1865014	NS
Resíduo	10	0,2750012	
CV			5,310

TABELA 8A Resumo da análise de variância para os teores de gordura do soro no corte obtido do leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Sistema de pasteurização	1	0,2223152E-02	NS
Resíduo	10	0,1070315E-01	
CV			14,397

TABELA 9A Resumo da análise de variância para os teores de sólidos totais do soro no corte obtido do leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Sistema de pasteurização	1	0,17113E-01	0,01582
Resíduo	10	0,2034365E-02	
CV			0,617

TABELA 10A Resumo da análise de variância para os valores de densidade do soro no corte obtido do leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Sistema de pasteurização	1	0,3703167E-07	NS
Resíduo	10	0,1481266E-06	
CV			0,038

TABELA 11A Resumo da análise de variância para o rendimento de queijo prato (litros de leite/kg queijo) produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Sistema de pasteurização	1	3,379073	0,00001
Resíduo	10	0,5269434E-01	
CV			2,547

TABELA 12A Resumo da análise de variância para os valores de pH do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Sistema de pasteurização	1	0,7008336	0,00303
Resíduo	10	0,4643667E-01	
CV			4,081

TABELA 13A Resumo da análise de variância para os teores de umidade do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Sistema de pasteurização	1	7,545763	0,11326
Resíduo	10	2,504519	
CV			3,397

TABELA 14A Resumo da análise de variância para os teores de sal no queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Sistema de pasteurização	1	0,16811912	0,27334
Resíduo	10	0,1251867	
CV			19,351

TABELA 15A Resumo da análise de variância para os teores de gordura do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Sistema de pasteurização	1	12,46441	0,01162
Resíduo	10	1,313109	
CV			4,087

TABELA 16A Resumo da análise de variância para os teores de gordura no extrato seco do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Sistema de pasteurização	1	86,13025	0,0028
Resíduo	10	5,562067	
CV			4,487

TABELA 17A Resumo da análise de variância para os teores de extrato seco do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Sistema de pasteurização	1	7,545763	0,11326
Resíduo	10	2,504519	
CV			2,963

TABELA 18A Resumo da análise de variância para os teores de sal na umidade do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Sistema de pasteurização	1	0,3633046	NS
Resíduo	10	0,497132	
CV			18,689

TABELA 19A Resumo da análise de variância para os valores de atividade da água do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Significância
Sistema de pasteurização	1	0,5496441E-04	NS
Resíduo	10	0,7521098E-04	
CV			0,89

TABELA 20A Resumo da análise de variância para os valores de pH do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor em diferentes idades de maturação (1, 10, 20, 30 e 40 dias)

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Signif.
Bloco	3	0,161117E-01	0,29113
Sistema de pasteurização	1	0,493507E-01	0,05518
Idade de maturação	4	0,4823953	0,00000
Sist. de pasteurização*Idade de mat.	4	0,1334051E-01	0,38327
Resíduo	27	0,1228734E-01	
CV			2,065

TABELA 21A Resumo da análise de variância para os valores de extensão de maturação do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor em diferentes idades de maturação (1, 10, 20, 30 e 40 dias)

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Signif.
Bloco	5	4,849436	0,08486
Sistema de pasteurização	1	5,91917	0,11767
Idade de maturação	4	96,27242	0,00000
Sist. de pasteurização*Idade de mat.	4	6,543945	0,03626
Resíduo	45	2,326128	
CV			13,307

TABELA 22A Resumo da análise de variância para os valores de profundidade de maturação do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor em diferentes idades de maturação (1, 10, 20, 30 e 40 dias)

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Signif.
Bloco	5	8,888339	0,00544
Sistema de pasteurização	1	0,5070296	NS
Idade de maturação	4	27,16755	0,0000
Sist. de pasteurização*Idade de mat.	4	4,533108	0,11607
Resíduo	45	2,306442	
CV			14,851

TABELA 23A Resumo da análise de variância para os teores de tirosina do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor em diferentes idades de maturação (1, 10, 20, 30 e 40 dias)

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Signif.
Bloco	2	50,75146	0,37773
Sistema de pasteurização	1	1248,152	0,00009
Idade de maturação	4	5005,119	0,00000
Sist. de pasteurização*Idade de mat.	4	84,25874	0,19229
Resíduo	18	49,36089	
CV			15,249

TABELA 24A Resumo da análise de variância para os teores de triptofano do queijo prato produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e injeção direta de vapor em diferentes idades de maturação (1, 10, 20, 30 e 40 dias)

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Signif.
Bloco	2	86,51818	0,27381
Sistema de pasteurização	1	17,85132	NS
Idade de maturação	4	254,3053	0,01563
Sist. de pasteurização*Idade de mat.	4	56,4671	NS
Resíduo	18	62,10186	
CV			20,118

