

11296

MFW=7141

**CRISTIANE GATTINI SBAMPATO**

**PROPRIEDADES LIPOLÍTIICAS E SENSORIAIS DO  
QUEIJO TIPO GORGONZOLA ELABORADO COM  
LEITE PASTEURIZADO PELOS SISTEMAS HTST E  
EJETOR DE VAPOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal  
de Lavras, como parte das exigências do curso de  
Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para  
obtenção do grau de «Mestre».

**Orientador**

**Luiz Ronaldo de Abreu**



**LAVRAS**

**MINAS GERAIS- BRASIL**

**1996**

DECLARADO  
ASSINATURA  
DATA 13/02/96  
BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA  
UFLA

Ficha catalográfica preparada pela seção de Classificação e Catalogação da  
Biblioteca Central da UFLA

Sbampato, Cristiane Gattini  
Propriedades lipolíticas e sensoriais do  
queijo tipo gorgonzola elaborado com leite pasteu-  
rizado pelos sistemas HTST e ejetor de vapor/  
Cristiane Gattini Sbampato. -- Lavras : UFLA,  
1996. 69 p. : il.

Orientador: Luiz Ronaldo de Abreu.  
Dissertação (Mestrado) - UFLA.  
Bibliografia.

1. Queijo - Lipólise, 2. Aroma, 3. Pasteuriza-  
ção, 4. Queijo gorgonzola, 5. Ejetor de vapor,  
6. Maturação, 7. Metilcetonas. I. Universidade  
Federal de Lavras. II. Título.

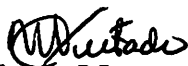
CDD-637.3

CRISTIANE GATTINI SBAMPATO

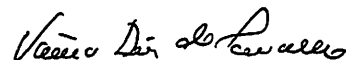
**PROPRIEDADES LIPOLÍTICAS E SENSORIAIS, DO  
QUEIJO TIPO GORGONZOLA ELABORADO COM  
LEITE PASTEURIZADO PELOS SISTEMAS HTST E  
EJETOR DE VAPOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal  
de Lavras, como parte das exigências do curso de  
Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para  
obtenção do grau de «Mestre».

Aprovada em 29 de novembro de 1996



Prof. Mauro Mansur Furtado



Prof.<sup>a</sup> Vânia Déa de Carvalho



Prof. Luiz Ronaldo de Abreu  
(Orientador)

**À Deus pelo dom da vida e pelas bênçãos**

**Aos meus pais Adolpho e Aída pelo apoio e carinho**

**Ao meu noivo Alexandre pelo incentivo, amor e dedicação**

**À minha irmã Cynthia pela amizade e confiança**

**À sempre presente "vó Lourdes" *in memoriam***

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal de Lavras-UFLA, através do DCA pela oportunidade de realização do curso.

Aos meus orientadores Prof. Luiz Ronaldo de Abreu e Dr. Múcio Mansur Furtado, pela orientação, incentivo, amizade e pelos conhecimentos transmitidos.

Às Professoras Vânia Déa de Carvalho e Eliana Pinheiro de Carvalho pela confiança, estímulo, orientação e sincera amizade.

Ao Técnico em Laticínios Fábio Carneiro pela atenção e pelas sugestões.

Aos Professores Eufêmio Steiner Gomes Juste Júnior, Maria Isabel Fernandes Chitarra e Admilson Bosco Chitarra pelo incentivo e amizade.

Ao CNPq pela ajuda financeira concedida para a realização do curso.

Ao chefe do Departamento Prof. Paulo Roberto Clemente e à secretária Gicelda pela colaboração e pelo convívio amistoso durante a realização do curso.

À toda minha família pela confiança e pelas orações.

Ao Prof. Mauro Mansur Furtado pela participação na banca e pelas sugestões.

Ao Prof. Luiz Henrique de Aquino pela amizade e orientação na elaboração da análise estatística.

Às amigas Anna Christina, Ana Cláudia, Ivana, Josane e Daise pela valiosa colaboração e pelas sugestões.

Aos Professores do DCA e funcionários do DCA, Biblioteca, APG, EPAMIG, PRPG e DRCA pela atenção e pelo convívio.

Aos colegas do DCA pela agradável convivência e pelo aprendizado

Enfim a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	vii
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	viii
<b>RESUMO.....</b>	x
<b>ABSTRACT.....</b>	xii
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	01
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	06
2.1 Pasteurização.....	07
2.2 Maturação do queijo tipo Gorgonzola.....	09
2.3 Geração de aroma em queijos mofados.....	11
2.3.1 Ácidos graxos livres.....	11
2.3.2 Lipólise.....	14
2.3.3 Metilcetonas.....	17
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	21
3.1 Pasteurização do leite.....	21
3.2 Análises físico-químicas realizadas no leite cru e no leite pasteurizado.....	21
3.3 Fabricação do queijo.....	23
3.4 Análises do soro: no corte e no ponto.....	23
3.4.1 Soro corte.....	23
3.4.2 Soro ponto.....	25
3.5 Cálculo do rendimento da fabricação.....	25
3.6 Cálculo das porcentagens de transição de gordura e sólidos totais do leite para o queijo.....	25
3.7 Maturação dos queijos.....	25

3.8 Análises físico-químicas do queijo.....	26
3.9 Análise sensorial.....	28
3.10 Análise estatística.....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
4.1 Composição físico-química do leite cru e leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor.....	33
4.1.1 Glóbulos de gordura.e.Ácidos graxos livres.....	35
4.1.2 Fosfatase alcalina e peroxidase.....	39
4.2 Composição físico-química do soro do queijo tipo Gorgonzola.....	40
4.2.1 Glóbulos de gordura.....	41
4.3 Retenção de componentes na coalhada e rendimento.....	42
4.4 Composição físico-química do queijo tipo Gorgonzola.....	44
4.5 Composição dos queijos durante a maturação.....	45
4.5.1 pH.....	45
4.5.2 Sal.....	48
4.5.3 Índice de acidez (lipólise).....	51
4.5.4 Metilcetonas.....	53
4.6 Análise sensorial.....	55
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>62</b>



## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Resultados da composição média do leite com seus respectivos erros-padrão.....	34
2 Testes de peroxidase e fosfatase alcalina no leite cru, fervido e pasteurizado..... pelos sistemas HTST e ejetor de vapor.....	39
3 Resultados da composição média do soro dos queijos tipo gorgonzola. com seus respectivos erros-padrão.....	40
4 Rendimento (L de leite/kg de queijo) e retenção de gordura e sólidos totais do leite pasteurizado pelos sistemas HTST e ejetor de vapor na fabricação de queijo gorgonzola, com seus respectivos erros-padrão.....	42
5 Composição média dos queijos tipo gorgonzola aos 5 dias de maturação com seus respectivos erros-padrão.....	44

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Fluxograma geral de fabricação do queijo tipo Gorgonzola.....	24
2	Ficha de avaliação sensorial do queijo tipo Gorgonzola.....	30
3	Escala hedônica utilizada para realização do teste de aceitação.....	32
4	Fotomicrografia dos glóbulos de gordura do leite cru e pasteurizado pelos sistemas HTST e ejetor de vapor.....	36
5	Teores da ácidos graxos livres-(meq/l) encontrados no leite cru e pasteurizado pelos sistemas HTST e ejetor de vapor.....	37
6	Fotomicrografia dos glóbulos de gordura do soro dos queijos fabricados com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e ejetor de vapor.....	41
7	Valores de pH obtidos durante os diferentes periodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e ejetor de vapor.....	47
8	Curva de regressão para valores de pH obtidos durante os diferentes periodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor.....	47
9	Curva de regressão para valores de sal/umidade obtidos durante os diferentes periodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor.....	50
10	Valores médios de sal/umidade obtidos durante os diferentes periodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor.....	50

11	Curva de regressão para valores de índice de acidez (lipólise) obtidos durante os diferentes períodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor.....	52
12	Valores de 2-nonanona obtidas durante os diferentes períodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor.....	54
13	Valores de 2-heptanona obtidas durante os diferentes períodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor.....	55
14	Fotografia dos queijos utilizados na análise sensorial realizada aos 65 dias de maturação.....	56
15	Resultados da análise sensorial realizada aos 65 dias de maturação nos queijos tipo Gorgonzola produzidos com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e ejetor de vapor.....	58
16	Resultados do teste de aceitação realizado aos 65 dias de maturação nos queijos tipo Gorgonzola produzidos com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e ejetor de vapor.....	59

## RESUMO

**SBAMPATO, Cristiane Gattini. Propriedades lípolicas 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).\***

Queijos tipo Gorgonzola foram fabricados com leite pasteurizado por dois sistemas (Ejetor de vapor e HTST). No presente estudo, foram analisados os leites pasteurizados pelos dois sistemas, a transição de componentes do leite para o queijo e o rendimento dos queijos. Através de fotomicrografia observou-se a influência do sistema de pasteurização nos glóbulos de gordura do leite e do soro. Durante a maturação, os queijos foram analisados em vários períodos (5, 25, 45, 65 e 85 dias) para se verificar os teores de ácidos graxos livres e metilcetonas. Observou-se teores mais elevados de ácidos graxos livres e metilcetonas nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor, indicando que houve maior atividade lipolítica nesses queijos. A análise sensorial foi realizada nos queijos aos 65 dias de maturação, e não foi observada diferença significativa entre os tratamentos com relação à aspecto exterior, cor, textura,

---

\*Orientador: Prof. Luiz Ronaldo de Abreu. membros da banca: Prof Mauro Mansur Furtado e Prof<sup>a</sup> Vânia Déa de Carvalho

consistência e sabor. Entretanto foi observada diferença significativa entre os tratamentos, em relação à aroma e desenvolvimento do *Penicillium roqueforti*, indicando que a alta retenção de gordura e água que ocorreu nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor, leva à formação de massa mais macia e fechada, ocorrendo assim, menor desenvolvimento de mofo e conseqüentemente menor intensidade de aroma. No teste de aceitação dos queijos, verificou-se uma pequena diferença entre os tratamentos. Através de observações práticas, verificou-se que queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor, possuem atividade lipolítica superior e massa mais macia e fechada. Os resultados permitem concluir que essas características são devido à alta umidade e retenção de gordura na coalhada.

## ABSTRACT

### LIPOLYTIC AND SENSORY PROPERTIES OF GORGONZOLA TYPE CHEESE PRODUCED WITH MILK PASTEURIZED BY HTST SYSTEM AND BY STEAM EJECTOR.

Gorgonzola type cheeses were manufactured with milk pasteurized by two systems: steam ejector and HTST. In this study, milk pasteurized both systems, transition from milk to cheese and cheese yield were analyzed. The influence of pasteurization systems on fat globules of both milk and whey utilizing photomicrograph system was also observed. During ripening cheeses were analyzed in several periods (5, 25, 45, 65 e 85 days) to verify the contents of free fatty acids and methyl ketone. Cheeses manufactured with milk pasteurized by the steam ejector system presented higher contents of free fatty acids and methyl ketone, indicating the higher lipolytic activity in these cheeses. Sensory evaluation was carried out with samples after 65 days of ripening and no significant differences between treatments were observed concerning exterior aspects, color, texture, consistency and flavor. However, significant differences between treatments in relation to aroma and development of *Penicillium roqueforti* were observed indicating that the high fat and water retention in cheeses manufactured with pasteurized milk by the steam ejector system led to a softer and more compact mass, resulting in a lower mold

development and consequently a lower aroma intensity. In the analysis of acceptance of the cheese a small variation between different treatments was observed.

## 1 INTRODUÇÃO

O queijo é o derivado do leite, que mais se difundiu pelo mundo e o que recebeu maiores modificações nas técnicas de elaboração. Em consequência disso temos hoje centenas de tipos desse produto. Fabricado com o leite de quase todos os mamíferos, porém mais frequentemente com o de vaca, búfala, cabra e ovelha, é considerado uma excelente fonte de cálcio, fósforo e proteínas. Seu período de conservação é muito superior ao do leite e por ser um produto que possui muitas variedades, oferece ao consumidor possibilidade de escolher, dentre muitos, aquele que melhor lhe convier.

A fabricação de queijos no Brasil é relativamente recente tendo-se firmado do ponto de vista industrial no início deste século e sobretudo a partir da década de 20, com a chegada de imigrantes dinamarqueses e holandeses que se estabeleceram principalmente na região do Sul do estado de Minas Gerais. Nessa época presenciou-se também um acentuado desenvolvimento de certas áreas da ciência correlatas à indústria de laticínios, principalmente a microbiologia, química, mecânica e zootecnia, bem como um aperfeiçoamento das técnicas de fabricação levando ao aparecimento de produtos novos e de melhor qualidade (Abreu, 1986).

Dentre os tipos de queijos mais consumidos e existentes em maior quantidade no Brasil, e principalmente na região Sudeste, destacam-se o queijo Prato, a Muzzarela e o Minas (Brasil,



1990). A produção brasileira de queijos finos, apesar de ser pequena quando comparada à produção dos queijos tradicionais, vêm crescendo a cada ano; destacando os queijos Provolone, Brie, Camembert e os queijos azuis, cuja produção em 1982 era de 292 toneladas passando para 458 toneladas em 1983 e atingindo 1500-2000 toneladas em 1995. / //

Dentre os vários tipos de queijos; aqueles maturados por mofos, representam uma pequena proporção da produção mundial de queijos. Entretanto, esses produtos estão se tornando mais populares e sua demanda vêm aumentando. Esses queijos tem sido produzidos em vários países, sendo o Roquefort, Gorgonzola Stilton e Danablu exemplos típicos.

O consumo mundial de queijos mofados, particularmente queijos azuis tem crescido muito após a década de 60; conseqüentemente existe um mercado crescente para esses queijos. A maior parte dos queijos azuis é consumida diretamente, mas quantidades crescentes vêm sendo utilizadas como condimentos e flavorizantes para molhos de saladas, maioneses, snacks e produtos de panificação. (Kinsella. e Hwang, 1976)

O consumo de queijos mofados no Brasil tem aumentado e conseqüentemente o interesse por parte das indústrias na elaboração destes produtos, cresce com intensidade. Uma das melhores opções é sem dúvida o célebre queijo italiano Gorgonzola; esse queijo tem sua origem no Vale do Pó, situado na Itália e segundo Lourenço Neto (1984) e Furtado e Lourenço Neto (1994) deve apresentar as seguintes características: ser obtido de leite de vaca, pasteurizado, massa macia, crua, gorda, de cor branca matizada pelo desenvolvimento do mofo com a seguinte composição físico-química: umidade 43% - 45%, gordura 28% - 30%, proteína 21%, pH 5,7 a 5,9 e teor de sal 3,0% - 3,5%.

O queijo tipo Gorgonzola é maturado por *Penicillium roqueforti* que cresce internamente nas olhaduras mecânicas do queijo. Devido à forte ação proteolítica e lipolítica do mofo, o queijo desenvolve um pronunciado sabor e aroma. Esse queijo é maturado por 60-120 dias, em câmaras especiais, com 90% de umidade e temperatura entre 5 e 7°C. Quando cortado, apresenta veias azul-esverdeadas bem distribuídas na massa, caracterizadas pelo abundante crescimento do mofo. (Furtado, 1987).

A adição de uma pequena porcentagem (0,05%) de uma cultura de *Streptococcus lactis subsp diacetylactis*, auxilia o crescimento do mofo no interior do queijo, pois essa bactéria heterofermentativa produz gás que aumenta as olhaduras promovendo uma maior oxigenação da massa.

Para a obtenção de queijo tipo Gorgonzola com reconhecida qualidade, um fator de grande importância é a qualidade do leite usado em sua fabricação (Cruz, 1984). A pasteurização é um tratamento indispensável tanto do ponto de vista tecnológico como de saúde pública, principalmente em países em desenvolvimento onde a qualidade microbiológica do leite é em geral precária (Furtado, 1987). A pasteurização do leite pode ser efetuada de várias maneiras ou processos, utilizando-se os mais variados tipos de equipamentos. Deve-se no entanto, ater aos objetivos da pasteurização, que é a eliminação total dos microrganismos patogênicos presentes no leite e a redução do número de microrganismos não patogênicos, conhecidos como flora banal.

Dentre os processos mais utilizados para se efetuar a pasteurização do leite, o mais difundido é o da manutenção da temperatura por determinado tempo, denominado tempo de retenção. Vários sistemas de pasteurização são utilizados no Brasil, dentre eles podemos citar:

HTST, ejetor de vapor, injeção direta de vapor no leite e vapor indireto (camisa de vapor) (Ventura, 1984).

No Brasil, as grandes indústrias utilizam o sistema HTST ou sistema de placas, que permite a pasteurização de um grande volume de leite em um espaço de tempo relativamente curto. Já nas pequenas e médias indústrias, o ejetor de vapor é o sistema mais utilizado principalmente da região Sul de Minas (Wolfschoon-Pombo, Furtado, 1983). Nas pequenas fábricas o ejetor tem sido utilizado devido à sua eficiência e por não requerer grandes investimentos.

É do conhecimento industrial que queijos fabricados com leite tratado pelo ejetor de vapor apresentam características sensoriais particulares e diferentes daquelas observadas no queijo elaborado com leite pasteurizado pelo sistema HTST (Ventura et al. 1984), principalmente com referência à cor, textura, retenção de água.

Embora o ejetor seja largamente utilizado na pasteurização do leite destinado à fabricação de queijos tipo Gorgonzola, não existem trabalhos que relacionem esse tipo de pasteurização com as qualidades físico-químicas e sensoriais desse produto. Face ao exposto, o presente trabalho teve como objetivos:

#### **Objetivo geral:**

Verificar a influência de dois tipos de pasteurização (HTST e ejetor de vapor) na lipólise e características sensoriais do queijo Gorgonzola.

**Objetivos específicos:**

- 1) Estudar as modificações sofridas pelos lipídeos (atividade lipolítica) dos queijos elaborados com leite pasteurizado pelos dois sistemas.
- 2) Verificar as modificações sofridas no tamanho dos glóbulos de gordura do leite pasteurizado pelos dois sistemas.
- 3) Verificar a concentração de ácidos graxos voláteis e metilcetonas nos queijos elaborados com leite pasteurizado pelos dois sistemas.
- 4) Verificar a intensidade do aroma e desenvolvimento de mofo e as diferenças de cor, textura, consistência, sabor e aspecto exterior dos queijos elaborados com leite pasteurizado pelos dois sistemas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A obtenção de um queijo é um processo que se inicia na coleta do leite e termina ao final da maturação. Entretanto, os principais fatores que determinam as características finais de um queijo são regulados em um espaço de umas poucas horas, que se estende desde a chegada do leite ao tanque de fabricação até sua prensagem nas formas. Este período é crucial, porque os tratamentos dispensados ao leite e à coalhada determinarão o tipo de queijo a ser elaborado, suas características e seu grau de qualidade (Furtado, 1987).

Cada variedade de queijo, possui uma série de características típicas, referentes a seu odor, sabor, cor, consistência, textura e aspecto geral, que a distingue de qualquer outra e dependem das condições de produção e da exatidão adotada no método de fabricação. Por outro lado, qualquer anormalidade, de uma ou mais características, acarretará defeitos de qualidade que tornarão o produto inferior ou até impróprio para consumo Chile, (1985)

O grau de qualidade juntamente com a durabilidade de um produto dependem em grande parte, da qualidade da matéria-prima usada na sua fabricação; portanto torna-se praticamente impossível a obtenção de queijos de alta qualidade se o leite não satisfaz às condições necessárias (Huhn et al., 1980). Devido à má qualidade do leite que normalmente chega às indústrias, a pasteurização se torna indispensável quando se visa a produção de derivados de alta qualidade.

## 2.1 Pasteurização

Segundo definições oficiais (Brasil, 1980), a pasteurização consiste no emprego de calor, com a finalidade de destruir totalmente a flora microbiana patogênica, sem alteração sensível da constituição física e do equilíbrio químico do leite, sem prejuízo dos seus elementos bioquímicos, bem como de suas propriedades organolépticas.

No Brasil, os tipos de pasteurização comumente utilizados para o leite destinado à fabricação de queijos são HTST (placas), ejetor de vapor, injeção direta de vapor no leite e vapor indireto (camisa de vapor). Na pasteurização do leite para consumo, os sistemas ejetor de vapor e injeção de vapor são proibidos, por incorporarem água ao leite. Já para a fabricação de queijo todos esses sistemas podem ser usados, uma vez que a água adicionada é eliminada juntamente com o soro.

O sistema HTST (placas), emprega o aquecimento e resfriamento indireto, ou seja, o leite não entra em contato direto com o fluido aquecente pois existe uma parede metálica que os separa. No sistema HTST, a pasteurização é realizada pelo aquecimento uniforme do leite à temperatura de  $\pm 75^{\circ}\text{C}$  durante  $\pm 15$  segundos, esse período é denominado tempo de retenção.

O ejetor de vapor é essencialmente um equipamento com um bico que introduz um jato de vapor no seio de uma câmara de expansão. O leite a ser aquecido é aspirado e aquecido pelo jato de vapor nessa câmara de mistura. Em seguida a mistura leite + vapor é conduzida por uma tubulação de comprimento variado, dependendo da qual a temperatura é mantida por um tempo determinado, antes do leite ser resfriado. Em certas situações o leite é conduzido a um tanque

intermediário onde a temperatura pode ser mantida por períodos mais longos (como se fosse uma pasteurização lenta) antes do resfriamento. Nesse tipo de pasteurização, a condensação do vapor provoca uma incorporação de água que varia de 7 a 11% em função da pressão de vapor (entre 2,1 e 6,3 kg/cm<sup>2</sup>) e temperatura inicial do leite cru entre 10 e 30 °C (Ventura, 1981).

O sistema de resfriamento do leite acoplado ao ejetor de vapor consiste normalmente de um trocador de calor aberto (resfriador de cascata), onde o leite quente é distribuído pela parte superior e percorre em sentido descendente a parte externa do aparelho. O resfriamento é executado fazendo circular água fria industrial em temperatura ambiente, na parte interna em sentido oposto ao leite (Ventura, 1984).

Segundo Furtado, Wolfschoon-Pombo, Ventura (1988), uma característica importante que se tem observado na pasteurização do leite por ejetor de vapor é que há um aumento significativo do rendimento do queijo, quando comparada à pasteurização tradicional (HTST). Ventura et al. (1984) relatam que queijo Prato fabricado com leite pasteurizado por esse processo possui um aumento de rendimento, sem variação de composição. Segundo esses autores o aumento de rendimento é devido ao maior aproveitamento de todos os constituintes do leite; dentre essas modificações o processo reduz o tamanho dos glóbulos de gordura fazendo com que haja maior retenção dos mesmos na coalhada. Além disso a intensidade do tratamento permite a retenção das soroproteínas parcialmente desnaturadas e complexadas com as caseínas. Essas alterações, levam a modificações na massa do queijo, que serão refletidas nas variações de sabor, aroma e textura após sua maturação.

Segundo Furtado e Lourenço Neto (1994 ); no queijo Gorgonzola fabricado a partir de leite pasteurizado pelo ejetor de vapor, ocorrem modificações nas características do queijo, que

são reflexos de modificações no leite. A turbulência do aquecimento provoca ruptura parcial e homogeneização dos glóbulos de gordura, havendo menor perda de gordura no soro o que torna a massa do queijo mais untuosa favorecendo a lipólise durante a maturação. Esta homogeneização altera a refração de luz pela gordura e o queijo se torna mais branco, e com melhor contraste com as veias verde azuladas do mofo *P. roqueforti*. Ocorre a incorporação de cerca de 7% a 11% de água ao leite, a massa é mais "lavada"(mais delactosada), o queijo fermenta menos e seu pH é mais alto no início, o que faz com que cure mais depressa.

Devido à essas modificações, o queijo Gorgonzola fabricado com leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor, possui características bem típicas ou seja: mais untuoso, macio, com sabor mais acentuado e cura mais rápida.

## **2.2 Maturação do queijo Gorgonzola**

O fenômeno da maturação compreende um conjunto de complexas modificações de ordem física, química e microbiológica que se caracterizam por transformar uma massa incolor insípida e sem forma definida em um produto rico em aroma e sabor, possuindo formato e coloração própria. Além das modificações físicas facilmente visíveis, como as responsáveis pela textura e plasticidade, temos complexas reações químicas que se identificam pela degradação contínua dos diversos componentes do leite, até a obtenção de compostos mais simples. Essas reações são catalisadas por enzimas que podem ser de origem microbiana, provenientes do próprio leite ou adicionadas ao meio (Wandock, 1972)



A maturação do queijo é caracterizada por uma série de mudanças físicas, químicas e microbiológicas afetando os principais componentes do queijo. As mudanças que envolvem lipídeos e proteínas são as mais características e significativas (Fernandez-Salgueiro, Marco, Alcalá, Esteban, 1988).

A qualidade final do queijo dependerá não somente dos cuidados dispensados na elaboração da massa, mas também, daqueles durante o processo fermentativo da maturação. Diversos fatores ambientais, quando propriamente combinados, irão estabelecer as bases indispensáveis para a própria e completa evolução dos processos fermentativos. Entre eles podemos citar a temperatura, umidade e presença de oxigênio (Wandock, 1972)

Existem queijos maturados por crescimento externo de mofo, dentre eles Camembert, Brie, Coulommiers e queijos maturados por crescimento interno do mofo, os chamados queijos azuis (Gorgonzola, Roquefort, Stilton, Danablu).

Na maturação de queijos, muitos são os fatores que influenciam na modificação da textura e formação do sabor e aroma do produto. A flora bacteriana do queijo, tem destacada importância, assim como todos os fatores que afetam seu desenvolvimento, isto é, teor de umidade, teor de sal, presença de compostos inibidores, disponibilidade de substrato para fermentação e evidentemente, oxigenação da massa, que é importante para microrganismos aeróbicos (Furtado, 1983).

Durante a maturação dos queijos azuis, o mofo cresce e esporula; lipólise, oxidação de ácidos graxos e proteólise ocorrem e o desenvolvimento do flavor avança. O pH do queijo aumenta gradativamente de aproximadamente 4.7 para 6.5 e ocorre metabolização de ácido láctico; o queijo desenvolve as manchas azul-esverdeadas que aparecem como veias. O queijo é maturado

a baixas temperaturas para se obter o balanço apropriado de oxidação de lipídeos e proteólise o qual garante flavor e textura apropriada (Kinsella e Hwang, 1976)

No queijo Gorgonzola, a maturação pode ser dividida em três fases distintas: secagem, maturação propriamente dita e conservação. A maturação propriamente dita efetua-se a uma temperatura entre 5 e 7°C e umidade relativa de 90%. Após 15 a 20 dias de fabricação os queijos são perfurados para promover penetração de oxigênio no interior dos mesmos, o que constitui um dos fatores indispensáveis para o crescimento do *Penicillium*. Durante a maturação deve-se efetuar um controle rigoroso de temperatura e da umidade da câmara, a fim de evitar distúrbios na atividade microbiana. A maturação termina aos 60 dias após a fabricação, devendo a massa do queijo se apresentar macia, com intensa e extensa ramificação do crescimento do mofo, sabor ligeiramente picante e crosta rosada (Lourenço Neto, 1984).

No final da maturação, a presença do mofo confere aos queijos uma aparência diferente e a alta atividade bioquímica do mofo leva ao aparecimento de um flavor típico (Gripon, 1987), o que dará as características próprias desse produto.

## **2.3 Geração de aroma em queijos mofados**

### **2.3.1 Ácidos graxos livres**

O flavor de um alimento é uma resposta integrada envolvendo constituintes principais das sensações de aroma e sabor. A cor e a textura também podem modificar a avaliação subjetiva

global de um flavor particular, mas de maneira geral o odor ou aroma é o fator isolado mais importante no flavor característico da maioria dos alimentos (Abreu, 1993).

Dentre os componentes do queijo, a gordura exerce um papel preponderante na geração do “flavor” em queijos, principalmente no tipo Gorgonzola onde a lipólise fúngica é intensa. A gordura do leite de ruminantes é caracterizada pela presença de grandes quantidades de ácidos graxos de cadeia curta ( $C_4$  e  $C_{12}$ ), diferenciando-a dos outros tipos de gordura.

Os ácidos graxos de cadeia curta, por serem voláteis, estão entre os mais importantes grupos de compostos contribuintes para o “flavor” de produtos lácteos, especialmente queijos.

Um grande número de trabalhos tem destacado a importância da composição de ácidos graxos livres, no flavor de diferentes tipos de queijos. Ácidos graxos livres se formam durante a maturação e são precursores de metilcetonas, alcanos, lactonas e ésteres alifáticos e aromáticos; os quais são componentes característicos do aroma de queijos. Além disso, ácidos graxos de cadeia curta contribuem diretamente para o aroma de muitos queijos maturados Lacasa (1986); Ha e Lindsay (1991) e Urbach (1991). Ácidos graxos livres são considerados compostos chaves que contribuem fortemente nas características do flavor de queijos italianos maturados (Ha e Lindsay, 1993) A natureza dos compostos responsáveis pelo flavor dos queijos azuis e a fisiologia da sua produção pelo *P. roqueforti* são importantes para o entendimento do processo de maturação desses queijos.

Os mofos tem o potencial de produzir enzimas lipolíticas e proteolíticas na fabricação de queijos azuis; o *Penicillium roqueforti* produz uma lipase que hidrolisa os triglicerídeos do leite à monoacilglicerol, diacilglicerol e ácidos graxos livres; esses ácidos graxos livres, principalmente os de baixo peso molecular, são parcialmente voláteis (dependendo do pH) e

consequentemente importantes para o aroma do queijo. As características do flavor de queijos italianos são atribuídas primariamente aos ácidos graxos livres de baixo peso molecular (Moskowitz, 1980).

O flavor "picante" característico dos queijos azuis e a leve sensação de ardor que causa na língua, são devido à presença de ácidos caproíco, caprílico e cáprico e seus sais facilmente hidrolisáveis (Bruce e Stine, 1977).

Ácidos graxos livres voláteis ( $C < 12$ ) contribuem muito para o flavor característico fornecido pela gordura do leite aos produtos lácteos e alimentos onde a gordura do leite é usada como ingrediente funcional (Ha e Lindsay, 1990). Ácidos graxos livres voláteis (AGLV), ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) e outros ácidos graxos hidrolizados da gordura do leite pelas lipases, fornecem aroma característico aos produtos lácteos (Dziezak, 1986)

Segundo Eskin (1990), no queijo Roquefort, o *Penicillium roqueforti* tem uma lipase solúvel em água, que hidrolisa a gordura do leite produzindo principalmente ácidos graxos de cadeia curta ( $C_4 - C_{12}$ ), que dão origem ao flavor característico do queijo. Nos queijos Camembert e Roquefort, os mofos típicos desses produtos possuem intensa atividade lipolítica sendo capazes de hidrolisar a gordura em glicerol e ácidos graxos e produzir compostos secundários a partir dos produtos da hidrólise inicial (Furtado, Chandan, 1983).

Como somente as formas protonadas (hidrogenadas) dos ácidos graxos são voláteis, o pH do alimento ou meio, afeta a concentração das moléculas de ácidos graxos capazes de contribuir para o aroma dos produtos. À medida que o pH abaixa, a concentração mínima perceptível (CMP) do ácido graxo diminui, até um ponto em que todas as moléculas são convertidas em suas formas protonadas. Portanto, os ácidos graxos de cadeia curta, se tornam muito importantes no

aroma da maioria dos queijos e leites fermentados cujos meios são mais ácidos do que o leite (Abreu, 1993 b).

### 2.3.2 Lipólise

A hidrólise dos triglicerídeos, com liberação de ácidos graxos, é o resultado de uma ação enzimática, que pode aparecer em todos os produtos lácteos e é denominada lipólise. Sendo a gordura o substrato para variadas reações bioquímicas que levam à formação de aromas e sabor no queijo, grande importância é dada aos agentes responsáveis pela sua hidrólise durante a maturação (Furtado, Chandan, 1983).

Triglicerídeos são progressivamente hidrolizados a monoglicerídeos e ácidos graxos livres durante a maturação dos queijos; conseqüentemente nos queijos, os triglicerídeos decrescem de 96-98% dos lipídeos (cerca de 35% do queijo) nos estágios iniciais para 75-80% dos lipídeos (cerca de 32% do queijo) no final da maturação. A extensão da decomposição é governada pela atividade da lipase, desenvolvimento do *P. roqueforti* duração da maturação, taxa de atividade lipolítica residual do leite, eficiência da homogeneização do leite, número e tipo de organismos da superfície, pH, temperatura e concentração de sal no queijo.

A lipólise do leite é devido a dois fatores: a lipase natural e a lipase microbiana. A lipase natural provém do sangue e passa ao leite, hidrolisa preferencialmente os ácidos graxos de cadeia curta e é termosensível. Como as lipases naturais do leite são geralmente termolábeis, não

resistindo às temperaturas de pasteurização, as lipases microbianas tornam-se mais importantes para a indústria de laticínios. As lipases microbianas são muito termoresistentes, e embora os organismos causadores sejam facilmente destruídas pela pasteurização, as enzimas persistem e sua ação enzimática continua após o tratamento térmico. Como a membrana dos glóbulos graxos é constituída por uma associação lipídeo-proteína, pode também ser afetada pela ação de enzimas proteolíticas.

As lipases naturais do leite causam uma taxa significativa de hidrólise. Entretanto a homogeneização é um processo crítico, facilitando a hidrólise subsequente, a qual é causada predominantemente pela lipase do *P. roqueforti*. Os triglicerídeos no leite não homogeneizado são menos acessíveis à lipase, indicando que a membrana intacta que envolve esses lipídeos deve ser rompida para permitir que a enzima cause a hidrólise. A homogeneização também expande marcadamente a superfície total da gordura do leite, disponível para ataque da lipase (Kinsella e Hwang, 1976)

A hidrólise da gordura ocorre em variadas proporções em todas as variedades de queijo, mas pode ser mais importante em alguns tipos do que em outros. Tanto os produtos resultantes de desagregação primária ou secundária têm relevante influência na formação do aroma e sabor do queijo. Nos queijos maturados, a lipólise é um processo normal causado por lipases microbianas e fúngicas, que influem no aroma (Alais, 1991).

A lipólise é muito mais extensiva nos queijos azuis que nos outros queijos. Enquanto a extensão da lipólise não excede a 2% dos triglicerídeos em queijos como Gouda, Gruyère ou Cheddar; nos queijos azuis está entre 5 e 20% dos triglicerídeos. Essa grande variação provavelmente depende do grau de maturação. No queijo Roquefort a extensão da lipólise está

entre 8-10% dos ácidos graxos totais. Na casca dos queijos azuis são encontrados níveis mais baixos de ácidos graxos livres devido à maior concentração de sal que limita a produção de lipases e provavelmente sua ação. Durante a maturação o nível de ácidos graxos livres aumenta, decrescendo ao final da maturação (Gripon, 1987).

A produção de queijos azuis de qualidade depende muito do metabolismo de lipídeos e seus substratos no queijo. O flavor típico e dominante nos queijos maturados por mofo é devido às metilcetonas as quais são derivadas predominantemente via parcial oxidação de ácidos graxos livres no queijo. Uma pequena taxa (~40mg/kg) de metilcetonas podem ser derivadas dos  $\beta$  ceto ácidos originais da gordura do leite. Devido à correlação positiva entre níveis de ácidos graxos livres e formação de metilcetonas, a lipase desempenha uma função chave primária na formação do flavor (Kinsella e Hwang, 1976)

Estudos realizados por Godinho e Fox (1981) mostraram uma forte influência entre concentração de sal e crescimento do mofo, lipólise e proteólise. Salga em salmoura por dois dias ou salga seca por três dias dão ótimos resultados, porém a salga seca é recomendada porque produz um queijo com melhor aparência e desenvolvimento da casca com menor superfície de crescimento do mofo (Godinho e Fox, 1981). A lipólise é retardada por altas concentrações de sal, e a formação de compostos Carbonil também é inibida, mas a correlação entre conteúdo total de Carbonil e concentração de sal é menos clara que o efeito do sal no crescimento do mofo, lipólise e proteólise. Os ácidos graxos são produtores de flavor e precursores de metilcetonas. Na ausência de lipólise adequada o queijo fica com flavor "pobre" e de desenvolvimento lento; afetando as principais características do queijo (Kinsella e Hwang, 1976)

### 2.3.3 Metilcetonas

Os compostos voláteis tem grande importância no aroma e flavor de queijos. O estudo de algumas dessas substâncias é de grande interesse para avaliar a qualidade do produto. Dentre esses compostos, as metilcetonas têm função chave no aroma típico dos queijos azuis, sendo que nesses queijos, 2-heptanona e 2-nonanona são as mais abundantes. A concentração desses compostos aumenta regularmente até 70 dias e então começa a decrescer.

Ácidos graxos podem ser tóxicos para o *P. roqueforti*, o grau de toxicidade depende da concentração do ácido, pH do meio e comprimento da cadeia. Tem sido sugerido que a oxidação de ácidos graxos em metilcetonas é um mecanismo desintoxicante. Alguns autores relatam que a produção de metilcetonas pelo fungo pode ter também a função de inibir o aparecimento de outros microrganismos competitivos além da função desintoxicante. (Kinsella e Hwang, 1976)

As metilcetonas saturadas tem sido identificadas como o principal grupo de compostos que conferem aumento no flavor característico dos queijos azuis. Metilcetonas com cadeia de comprimento intermediário são produtos metabólicos do fungo *Penicillium roqueforti*, o qual tem grande importância na maturação de queijos azuis (Dartey e Kinsella, 1971).

A série homóloga de carbonos ímpares na cadeia de metilcetonas, C<sub>3</sub> a C<sub>15</sub> inclusive e também alguns carbonos pares como: C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>, C<sub>8</sub> e C<sub>10</sub> foram identificados em queijos azuis; em vários trabalhos, dentre eles (Schwartz, Haller e Keeney, 1963) e (Langlois e Gallois, 1990).

Embora a quantidade e proporção de metilcetonas varie de uma amostra para outra; 2-heptanona e 2-nonanona são as principais metilcetonas encontradas em amostras de queijos



azuis. Durante a maturação ocorre acúmulo de metilcetonas em queijos azuis; das várias metilcetonas encontradas, 2-heptanona é normalmente a mais abundante, seguida pela 2-nonanona, 2-pentanona e 2-undecanona.

O mecanismo de formação de metilcetonas em queijos azuis, aparentemente envolve hidrólise inicial da gordura do leite e posterior metabolismo de transformação de ácidos graxos em metilcetonas pelo *P. roqueforti*.

Alguns autores relatam que a  $\beta$ -oxidação de ácidos graxos e formação de metilcetonas ocorrem simultaneamente em queijos azuis. O *P. roqueforti* o qual está envolvido na maturação de queijos azuis pode oxidar ácidos graxos à metilcetonas correspondentes com um átomo de carbono a menos (Dartey e Kinsella, 1973a,b)

Vários fungos tem a capacidade de oxidar ácidos graxos de cadeia curta em metilcetonas correspondentes, com um átomo de carbono a menos. A maioria dos fungos dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus* produzem metilcetonas como produto metabólico.

Dartey e Kinsella (1973a,b) relatam que esporos de *P. roqueforti* produzem 2-alkanonas, quando são incubados com ácidos graxos. Esses mesmos autores, descrevem que apesar da maior parte das metilcetonas serem derivadas diretamente do ácido graxo correspondente pela  $\beta$ -oxidação, a concentração de 2-heptanona e 2-nonanona ultrapassa a razão de 1 mol do ácido correspondente  $C_{8:0}$  e  $C_{10:0}$ , indicando a possível derivação de ácidos graxos de cadeia mais longa.

Segundo Kinsella e Hwang (1976), existe uma oxidação insignificante de cadeias mais longas de ácidos graxos ( $>C_{14}$ ), para suas cetonas correspondentes no pH que prevalece durante a maturação de queijos azuis.

Madkor et al. (1987); relatam que a quantidade de cada cetona produzida não depende diretamente da concentração do ácido graxo precursor; algumas das metilcetonas de maior concentração como heptanona e nonanona podem originar de ácidos graxos de cadeia mais longa através de  $\beta$ -oxidação de ácidos graxos correspondentes com um ou mais átomos de carbono. Assim os ácidos graxos de cadeia longa presentes na gordura do leite podem ser uma fonte significativa de metilcetonas presentes nos queijos maturados por mofo.

Compostos carbonil são produzidos a partir dos ácidos graxos do leite, pela atividade metabólica do *P. roqueforti*. A gordura do leite é hidrolizada pelas lipases do mofo e os ácidos graxos são subsequentemente metabolizados em metilcetonas e outros compostos carbonil.

Segundo Gripon (1987) a intensidade de desenvolvimento do *Penicillium roqueforti* é de fundamental importância para conferir ao queijo seu flavor característico; sendo que altas concentrações de sal limitam o desenvolvimento do mofo, retarda a lipólise e reduz a produção de metilcetona.

Gonzalez De Llano et al. (1990), descreveram a evolução de alguns compostos voláteis durante a maturação do queijo Gamonedo. A fração volátil foi obtida pelo método SDE (destilação e extração simultâneas) e sua composição foi determinada pela cromatografia a gás (CG) e espectrometria de massa (MS) e concluíram que a fração volátil de queijos maturados é muito rica em ácidos graxos livres, metil cetonas e 2-alcanóis. Ácidos graxos, metilcetonas e álcoois secundários são considerados os maiores componentes do flavor de queijos azuis, em particular, as metilcetonas que são responsáveis pelo flavor característico dos queijos azuis (Dartey e Kinsella, 1971) e (King e Clegg, 1979).

Os componentes da fração volátil são semelhantes aos descritos em outras variedades de queijos azuis e são resultado da ação lipolítica dos mofos. Metil e etil esterés também estão presentes em altas proporções; esterés são abundantes em queijos macios (Karamadian, Josephson, Lindsay, 1985).

No início da maturação (após três dias), a concentração de voláteis é muito baixa. Após 90 dias de maturação, os ácidos graxos livres e outros compostos (cetona, esterés) aparecem em altas concentrações (Gonzalez De Llano et al., 1990).

Segundo Dartey e Kinsella (1971), o flavor dos queijos se torna típico dos bons queijos azuis aos 60 dias de maturação e permanece assim até 100 dias; o que corresponde ao período de acúmulo de heptanona e nonanona. Madkor et al. (1987), estudando a maturação do queijo Stilton, observaram uma flutuação geral na concentração relativa de metilcetonas durante a maturação; exceção apenas para 2-heptanona e 2-nonanona as quais aumentaram consistentemente durante toda a maturação. C<sub>7</sub> e C<sub>9</sub> são as principais metilcetonas nos queijos e são responsáveis por mais de 60% da concentração total de metilcetonas durante a maturação.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Pasteurização do Leite**

O leite termizado (65°/15s- teor de médio de gordura em torno de 3.8%) utilizado na pasteurização pelo ejetor de vapor e sistema de placas (HTST), foi mantido em tanque de estocagem (com temperatura entre 6°-8°) até o momento da pasteurização, no tanque foi adaptado uma derivação que dividiu o leite cru entre os dois sistemas. Uma parte foi submetida à pasteurização lenta (ejetor de vapor-68°c/3-5 min.) e a outra parte foi submetida à pasteurização rápida (HTST-72°c/15s). Foram coletadas amostras do leite antes e após a pasteurização.

### **3.2 Análises físico-químicas realizadas no leite cru e no leite pasteurizado**

**pH:** as medidas de pH foram obtidas, utilizando-se um potenciômetro HANNA (modelo HI 8314), o qual foi calibrado previamente.

**Acidez. titulável:** Determinada em 10ml de leite, utilizando-se o método de titulação com hidróxido de sódio N/9 (solução Dornic), em presença de solução indicadora (fenolftaleína), como descrito por Brasil (1981)

**Extrato seco total:** os teores de extrato seco total (EST) das amostras de leite foram determinados pelo método de secagem em estufa à 105°C, como descrito pela A.O.A.C. (1995)

**Gordura:** os teores de gordura das amostras foram determinados pelo método do butirômetro de Gerber-Van Gulik, descrito por Brasil (1981). Para esta análise foi utilizada uma centrífuga do tipo Gerber da marca FANEM.

**Densidade:** Determinada através de leitura direta, utilizando-se um termolactodensímetro segundo Quevenne, o efeito da temperatura foi corrigido segundo o método descrito pelas NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLPHO LUTZ (1976)

**Crioscopia:** foi determinada através de crioscópio LAKTRON M.90/Br, calibrado em graus Hortvert.

**Peroxidase e fosfatase:** as análises de peroxidase e fosfatase foram realizadas segundo técnicas descritas por Brasil (1981)

**Ácidos graxos livres:** os teores de ácidos graxos livres foram determinados pelo método de Dole, segundo Mahieu (1983)

**Tamanho dos glóbulos de gordura:** através de microscopia ótica foi visualizado o tamanho dos glóbulos de gordura que foram posteriormente analisados por fotomicrografia.

### **3.3 Fabricação do queijo**

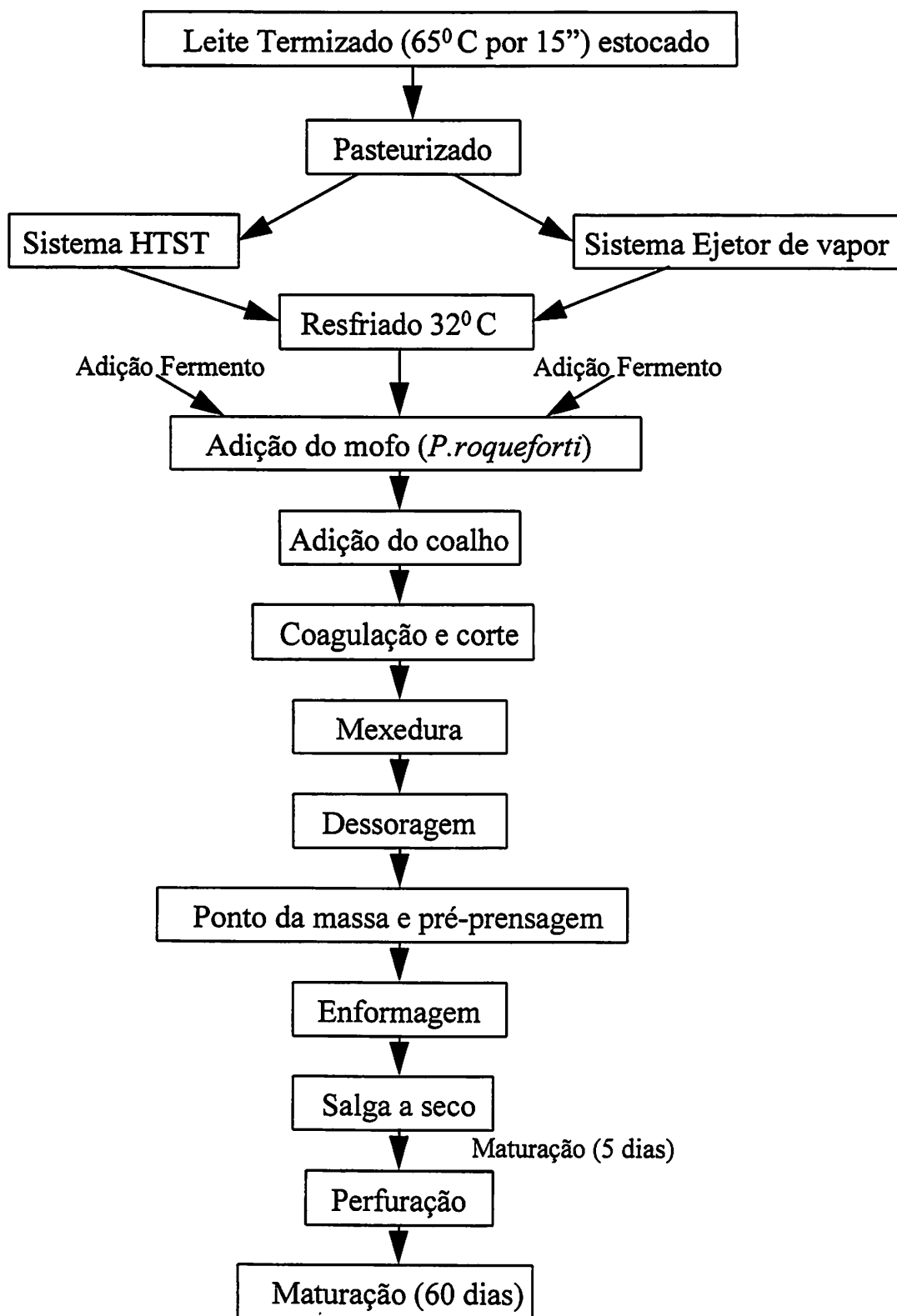
Os processos de fabricação dos queijos foram idênticos para cada leite assim como as quantidades dos constituintes utilizados. A técnica de elaboração foi a descrita por Moraes e Freitas (1983). As operações de fabricação dos queijos foram efetuadas em tanques de 2000 litros. O fluxograma de fabricação encontra-se na Figura 1.

Foram realizadas quatro fabricações em períodos distintos. Para se avaliar os parâmetros físico-químicos foram coletadas amostras do soro no corte e no ponto e amostras do queijo durante vários períodos de maturação e análises posteriores realizadas.

Os períodos de coleta de amostras de queijo e análises foram: 5, 25, 45, 65 e 85 dias de maturação.

### **3.4 Análises do soro: no corte e no ponto**

**3.4.1 Soro Corte:** as amostras de soro no corte foram coletadas 10 minutos após o corte. Foram realizadas análises de pH, acidez titulável, extrato seco total(EST), gordura e densidade seguindo as mesmas técnicas utilizadas para o leite. Através de microscopia foi visualizado o tamanho dos glóbulos de gordura, que foram posteriormente analisados por fotomicrografia



**Figura 1. Fluxograma de fabricação do queijo tipo Gorgonzola**

**3.4.2 Soro Ponto:** as amostras de soro no ponto foram coletadas cerca de 1 hora após o corte. As análises realizadas nas amostras de soro no ponto (pH, acidez titulável e densidade) foram realizadas seguindo as técnicas utilizadas no leite e no soro no corte

### **3.5 Cálculo de rendimento da fabricação**

Os rendimentos das fabricações, expressos em L de leite/kg de queijo; foram obtidos pela divisão do volume de leite utilizado na fabricação pelo total da massa dos queijos obtidos antes da salga.

### **3.6 Cálculo das porcentagens de transição de gordura e sólidos totais do leite para o queijo**

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

### **3.7 Maturação dos queijos**

Após o fim da salga os queijos foram levados para câmara de maturação onde permaneceram durante um período de 85 dias e neste período as determinações tiveram a



seguinte periodicidade: D+5, D+25, D+45, D+65 e D+85 considerando D o dia da fabricação. A temperatura da câmara foi mantida à 5-7°C e umidade a 90%. de acordo com Moraes e Freitas (1983) Após 5 dias de fabricação os queijos foram perfurados manualmente, permitindo a introdução de ar no interior do queijo, o que constitui um dos fatores indispensáveis para o desenvolvimento do *Penicilium roqueforti*.

### 3.8 Análises físico-químicas do queijo

**pH:** as medidas de pH foram obtidas, utilizando-se um potênciômetro HANNA (modelo HI 8314), provido de detector de inserção, o qual foi calibrado previamente.

**Acidez titulável:** determinada segundo Brasil (1981)

**Extrato seco total:** os teores de extrato seco total (EST) das amostras de queijo foram determinados segundo técnica descrita pela A.O.A.C. (1995)

**Gordura:** para determinação de gordura; foi utilizado o método ácido butirométrico Van-Gulik, descrito por Brasil (1981)

**Sal:** os teores de sal foram determinados segundo o método descrito por Kosikowski (1977)

**Sal na umidade:** os teores de sal na umidade dos queijos foram determinados pela fórmula:

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

**Lipólise (índice de acidez de ácidos graxos):**a lipólise foi determinada por titrimetria segundo técnicas descritas pela A.O.A.C.(1995)

**Metilcetonas** As duas metilcetonas que mais contribuem para o aroma de queijos azuis, 2-heptanona e 2-nonanona, foram analisadas pela técnica preconizada por King e Clegg, (1979)com algumas modificações.

Após a maceração do queijo, pesou-se 15 gramas que foram colocadas em frascos de vidro juntamente com 2000 ppm de ácido nonanoico como padrão interno. Os vidros foram hermeticamente selados com uma tampa de borracha. Estes frascos foram então colocados em um banho Maria a 50 °C por uma hora, para estabilização do vapor interno. Foi então coletado 1µm do "head space" de cada frasco, os quais foram injetados em um cromatógrafo a gás acoplado a um espectômetro de massa (Fennigan), equipado com uma coluna capilar Carbowax de 30 metros de comprimento e diâmetro interno de 0,25 µm. O gás de arrasto utilizado foi o Hélio, com uma velocidade de 30 cm/min e a temperatura inicial do forno foi de 50 °C com um incremento de 2 °C por minuto até atingir uma temperatura final de 230 °C. O pico de cada composto foi identificado utilizando a biblioteca instalada ao sistema de computador do equipamento.

### 3.9 Análise sensorial

Aos 65 dias de maturação, os queijos foram analisados para avaliação dos atributos de aspecto exterior, cor, odor, textura, consistência, desenvolvimento do mofo e sabor, utilizando-se uma escala não estruturada semelhante à utilizada no método de análise Descritiva Quantitativa, conforme Figura 2 (Stone, Sidel, Olnér, Woosley, 1974)

A equipe de provadores foi composta de quatro julgadores treinados quanto aos critérios de avaliação, através de treinamento composto de reuniões e discussões dos parâmetros de interesse no trabalho. As características avaliadas foram anexadas à ficha de avaliação sensorial (Figura 2).

As avaliações das amostras de queijos foram realizadas em cabines individuais, sendo que as amostras foram codificadas com números de três dígitos aleatórios e apresentadas aos provadores em três repetições por cada tratamento. As amostras foram apresentadas à temperatura ambiente e em quantidade suficiente para a avaliação sensorial dos queijos.

O traço vertical, referente à nota de cada julgador, na ficha, foi transformado em escore por medida, em cm, do comprimento da linha assinalada na ficha de resposta.

Os escores médios das triplicatas de avaliação sensorial dos queijos em cada tempo de maturação foram submetidos à análise de variância, usando-se o programa estatístico SAS (Statistical Analysis System).

Os queijos com 65 dias de maturação foram também submetidos a um teste de aceitação, usando-se para tal uma Escala Hedônica (Jones, Peryam, Thurstone 1955), como pode ser visto na ficha de resposta (Figura 3).

Para realização deste teste, utilizou-se provadores não treinados e selecionados aleatoriamente, representando a população de consumidores potenciais do queijo Gorgonzola. Foram feitas 50 avaliações para cada tratamento.

As folhas de respostas preenchidas pelos provadores foram devidamente organizadas e a classificação dos julgadores foi transformada em valores numéricos para análise estatística dos resultados (análise de variância) usando-se o programa estatístico para computador SAS (Statistical Analysis System)

### **3.10 Análises estatísticas**

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial. Foram testados dois tipos de pasteurização ( HTST e Ejetor de Vapor) e cinco estágios de maturação ( 5, 25, 45, 65 e 85 dias), sendo cada tratamento repetido quatro vezes. A análise de variância foi realizada, fazendo-se as comparações entre médias pelo teste de F a nível de 5% de probabilidade. Foram feitas análises de regressão linear entre os parâmetros físico-químicos e sensoriais.

Amostra número:-----Data: \_/\_/\_/

Nome:-----

Avalie a amostra de queijo Gorgonzola conforme instruções anexas e expresse seu conceito, marcando com traço vertical na escala não estruturada.

**1- ASPECTO EXTERIOR (CROSTA)**

-----|-----|-----

Atípica Típica

**2- COR**

-----|-----|-----

Atípica Típica

**3- ODOR**

-----|-----|-----

Atípico Típico

**4- TEXTURA**

-----|-----|-----

Atípica Típica

**5- CONSISTÊNCIA**

-----|-----|-----

Atípica Típica

**6- CRESCIMENTO DO MOFO**

-----|-----|-----

Atípico Típico

**7- SABOR**

-----|-----|-----

Atípico Típico

Comentários-----|-----|-----

**Figura 2. Ficha de avaliação sensorial do queijo tipo Gorgonzola**

## **AVALIAÇÃO SENSORIAL DO QUEIJO GORGONZOLA(ANEXO)**

### **ATRIBUTOS A SEREM JULGADOS**

**1-ASPECTO EXTERIOR (CROSTA):** não deverá ser melada, manchada, excessivamente arenosa ou mofada em excesso.

**2-COR:** refere-se à coloração interna que deverá ser amarelo palha ou amarelada. A cor deverá ser homogênea, não sendo admitida a presença de manchas, coloração excessivamente clara ou escura.

**3-ODOR:** não deverá ser forte, amoniacal ou desagradável.

**4-TEXTURA:** o queijo deve apresentar-se com olhaduras mecânicas bem definidas.

**5-CONSISTÊNCIA:** deve ser macia e untuosa. A massa deve apresentar-se ligeiramente quebradiça. Não deverá ser seca, flexível, colante, compacta, arenosa ou excessivamente quebradiça

**6-CRESCIMENTO DO PENICILLIUM:** o queijo deverá possuir a presença de veias azuis bem distribuídas. Não deverá ter crescimento excessivo ou crescimento insuficiente do Penicillium, nem deverá ocorrer a presença de outros mofos .

**7-SABOR:** o sabor deverá ser picante e apurado. Não é desejável um sabor insípido, salgado, ácido, amargo, rançoso, muito amoniacal, oxidado, gosto de terra, pútrido, cozido.

## ESCALA HEDÔNICA

Nome:

Data:

Avalie cada amostra usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou.

- 1-Desgostei muitíssimo
- 2-Desgostei muito
- 3-Desgostei regularmente
- 4-Desgostei ligeiramente
- 5-Indiferente
- 6-Gostei ligeiramente
- 7-Gostei regularmente
- 8-Gostei muito
- 9-Gostei muitíssimo

Número da amostra

Valor

-----

-----

-----

-----

-----

-----

Comentários-----

-----

**Figura 3. Escala Hedônica usada no teste de aceitação**

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Composição físico-química do leite cru e do leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor**

Os resultados relativos à composição média do leite cru e leite pasteurizado pelos sistemas HTST e ejetor de vapor são apresentados na Tabela 1. Observa-se que os valores de acidez, gordura, densidade, sólidos totais e crioscopia; foram modificados em função da incorporação de água, no leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor. Os teores de gordura, densidade e sólidos totais sofreram um decréscimo; houve redução da acidez do leite tratado pelo ejetor de vapor, a redução foi de 2° Dornic. O índice crioscópico aumentou. Os valores de pH não foram alterados pela incorporação de água. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por (Ventura e Rusig, 1984) e (Furtado, Wolfschoon-Pombo e Ventura, 1988).

O leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor, sofre incorporação de vapor condensado, levando a uma diluição do mesmo. Esta diluição altera os parâmetros físico-químicos do leite, e as alterações variam de acordo com a porcentagem de diluição (Ventura e Rusig, 1984)



Wolfschoon-Pombo e Furtado (1983), relatam que o vapor condensado faz aumentar o volume de leite numa média de 10 a 12%; e essa diluição provoca um decréscimo de 1 a 2° Dornic na sua acidez titulável.

O ejetor de vapor traz como vantagem a eliminação de odores estranhos ao leite arrastados pelo vapor de água, além de reduzir o gás carbônico no leite. A condensação do vapor dilui ligeiramente o leite aumentando seu volume. Esses dois fatores, a diluição e a saída de gás carbônico, fazem com que o leite após o tratamento apresente acidez menor, chegando a perdas de 0.5 a 1° Dornic (Ventura e Rusig,(1983)

**Tabela 1-Resultados da composição média\* do leite com seus respectivos erros padrão**

<b>LEITE</b>			
	<b>CRU</b>	<b>EJETOR</b>	<b>HTST</b>
<b>pH</b>	6.71±0.077	6.72±0.066	6.74±0.038
<b>Acidez(°D)</b>	16.80±0.433	15.00±0.471	16.50±0.204
<b>Gordura(%)</b>	4.00±0.109	3.63±0.043	4.00±0.109
<b>EST(%)</b>	12.93±0.164	11.48±0.335	12.71±0.140
<b>Crioscopia</b>	0.530±0.001	0.480±0.008	0.530±0.002
<b>Densidade</b>	1.0313±0.217	1.0269±0.158	1.0304±0.779
<b>AGL(meq/l)**</b>	1.187±0.089	2.128±0.085	1.425±0.071

\*médias obtidas de quatro observações

\*\*AGL(ácidos graxos livres)

#### 4.1.1 Glóbulos de gordura e Ácidos graxos livres

Observa-se na Figura 4 ter havido menor aglutinação dos glóbulos de gordura no leite tratado pelo ejetor de vapor, devido à homogeneização, turbulência e alta pressão do vapor na câmara de mistura. Ernstron (1980), relata que o contato direto do vapor com os glóbulos de gordura, sob elevada pressão e temperatura, fraciona os glóbulos de gordura e dispersa-os finamente no leite.

A gordura do leite encontra-se na forma de pequenos glóbulos cujo diâmetro normalmente é menor que 10 micra envoltos pela membrana do glóbulo de gordura (Mc Pherson e Kitchen, 1983). A membrana atua como emulsificante natural e permite a dispersão e estabilização da gordura (Darling, 1982). Entretanto essa membrana é susceptível à interações das quais pode resultar entre outros, a lipólise e conseqüentemente acúmulo de ácidos graxos livres (AGL) Downey, (1980)

No leite tratado por ejeção de vapor, os glóbulos de gordura são afetados tanto física como quimicamente (Harper e Hall, 1981); esses mesmos autores observaram que o aquecimento do leite por introdução direta de vapor, permite um aumento de cerca de 57% na quantidade de glóbulos graxos com diâmetro inferior à 2 micra.

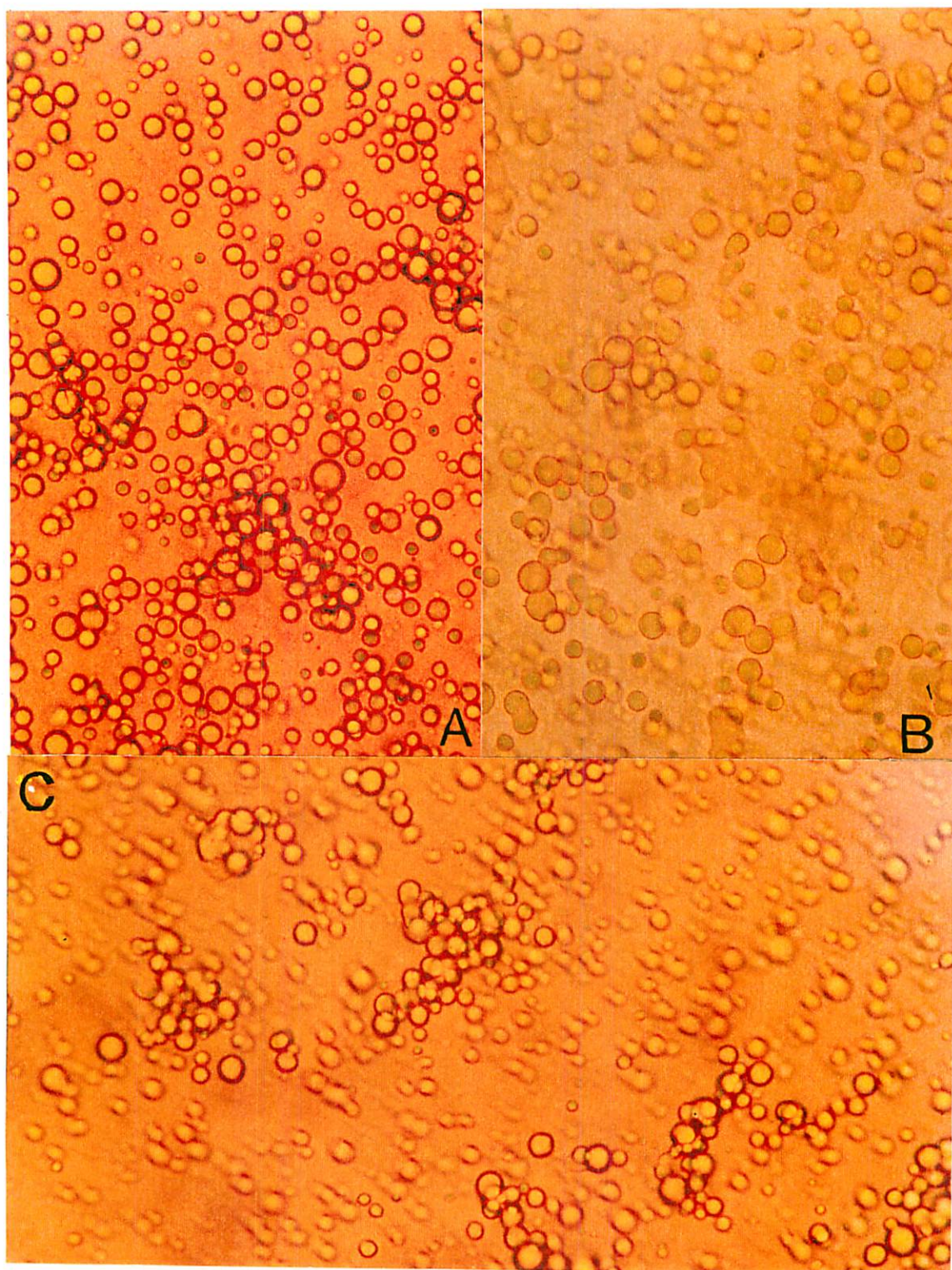
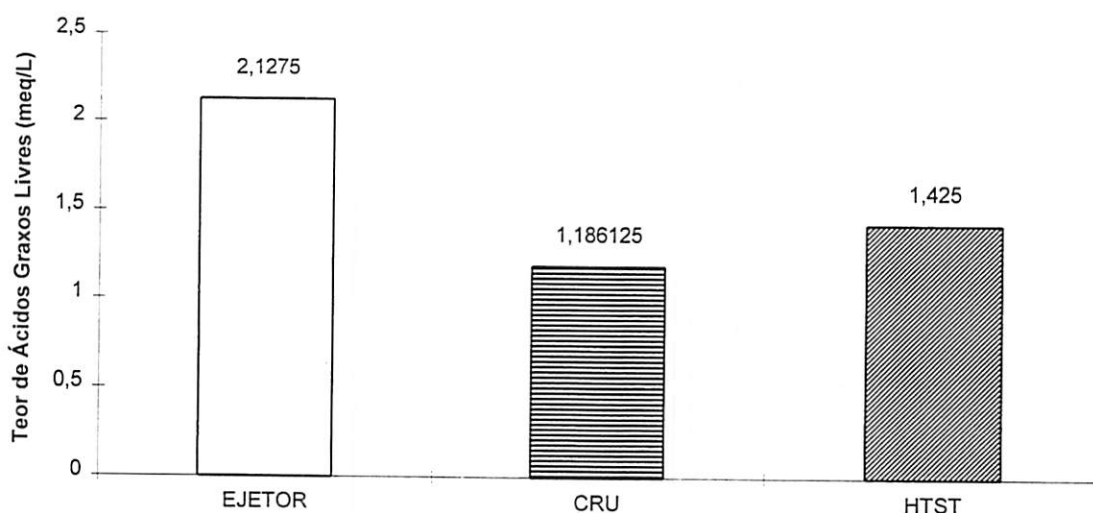


Figura 4. Fotomicrografia dos glóbulos de gordura do leite cru (A) e pasteurizado pelos sistemas Ejetor de vapor (B) e HTST (C).

No presente trabalho; os teores de ácidos graxos livres(AGL), aumentaram com a pasteurização, e o leite pasteurizado pelo Ejetor de vapor teve valores superiores aos do leite pasteurizado pelo sistema HTST (Figura 5). Os valores encontrados são muito próximos aos descritos na literatura. Surhen(1981) na Alemanha Ocidental encontrou valores médios de  $0.710 \pm 0.610$  meq/l e  $0.860 \pm 0.650$  meq/l para leite obtido com ordenhadeira mecânica com tubulação dupla e simples respectivamente. Thomasow (1981), encontrou  $0.950 \pm 0.380$  meq/l, em amostras de leite cru.

Wolfschoon-Pombo, Carvalho e Fischer (1986), analisando leite de plataforma de 163 fornecedores de leite em Juiz de Fora, encontraram valores médios de  $0.744\text{meq/l} \pm 0.192$ , sendo que 93.7% das amostras se encontraram na faixa de 0.396 a 1.007meq/l.

Downey (1980), analisando leite resfriado por dois dias à temperatura de  $4/5^{\circ}\text{c}$ , encontrou uma grande variação, os valores estavam entre 0.5meq/l até 2.0meq/l.



**Figura 5.** Teores de ácidos graxos livres (meq/l) encontrados no leite cru e leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor.

Em leite resfriado, como o utilizado no presente estudo; ocorre contribuição de lipólise microbiana, devido ao crescimento de microorganismos psicotróficos (especialmente *Pseudomonas*) à níveis de  $10^6$ /ml, que produzem lipases e fosfolipases capazes de atacar (associadas à lipase natural do leite) e hidrolizar os complexos lipoprotéicos da membrana do glóbulo de gordura; elevando-se assim os teores de AGL (Wolfschoon-Pombo, Carvalho e Fischer, 1986)

Segundo (Downey, 1980), se o leite for submetido a agitação excessiva ou turbulência, a membrana do glóbulo de gordura se rompe, resultando em hidrólise de triglicerídeos pelas enzimas lipolíticas. Esse fenômeno é conhecido como lipólise induzida. Quanto maiores as influências mecânicas sobre o leite e mais alta a temperatura, mais forte será a lipólise induzida. Como influência mecânica, estão incluídos tanto o sistema de ordenha mecânico, como fenômenos que produzem turbulência no leite tais como agitação, bombeio, homogeneização etc. Tal fato justifica maiores teores de AGL no leite pasteurizado pelo ejetor de vapor (Surhen, 1981)

Chilliard (1982), relata que entre as lipólises induzida e espontânea existem interações e que os limites entre elas não são bem definidos. Ambas as formas são devidas às lipases naturais do leite. Para que a lipólise possa se desenvolver, deve-se iniciar uma deterioração mínima da membrana do glóbulo de gordura, que pode ocorrer pelo seu contato com glóbulos de ar ou diretamente por forças mecânicas provocadas por agitação ou pelo resfriamento do leite que leva consigo uma cristalização dos triglicerídeos.

#### 4.1.2 Fosfatase Alcalina e Peroxidase

Para se verificar a eficiência da pasteurização do leite, são usados os testes de peroxidase e fosfatase alcalina. O teste de fosfatase alcalina será positivo se a temperatura de pasteurização ou se o tempo de exposição for ligeiramente inferior ao mínimo requerido (Sotbberup, 1985). Pelos dados da Tabela 2; pode-se observar que no leite pasteurizado pelo sistema HTST, a fosfatase alcalina foi ausente, indicando que o sistema de pasteurização foi eficiente. A fosfatase é inativada em temperaturas superiores à 72°C, o que justifica sua presença no leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor, que atingiu a temperatura de 68°C. Resultados semelhantes foram encontrados por Ventura e Rusig (1984); esses autores relatam redução elevada de microorganismos no leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor sendo portanto mais indicado que o uso de leite cru.

A peroxidase, por ser mais termoresistente que a fosfatase, permanece ativa, devido ao fato de suportar tratamentos térmicos mais elevados, que os utilizados na pasteurização legal.

**Tabela 2 Testes de Peroxidase e fosfatase alcalina no leite cru, fervido e pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor**

Tratamento				
Teste	Fervido	Cru	Ejetor	HTST
Fosfatase*	-	+	+	-
Peroxidase*	+	+	+	+

\*média obtida de quatro observações

## 4.2 Composição físico-química do soro do queijo Gorgonzola

Os resultados relativos à composição média do soro dos queijos tipo Gorgonzola fabricados com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e ejetor de vapor se encontram na (Tabela 3).

Da mesma forma que no leite, quando se analisa o soro dos queijos, observa-se redução nos valores de acidez, gordura, sólidos totais e densidade; quando o queijo é elaborado com leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor. Essa redução é devido à incorporação de água no leite, a qual é perdida no soro.

**Tabela 3 Resultados da composição média\* do soro do queijo Gorgonzola com seus respectivos erros-padrão**

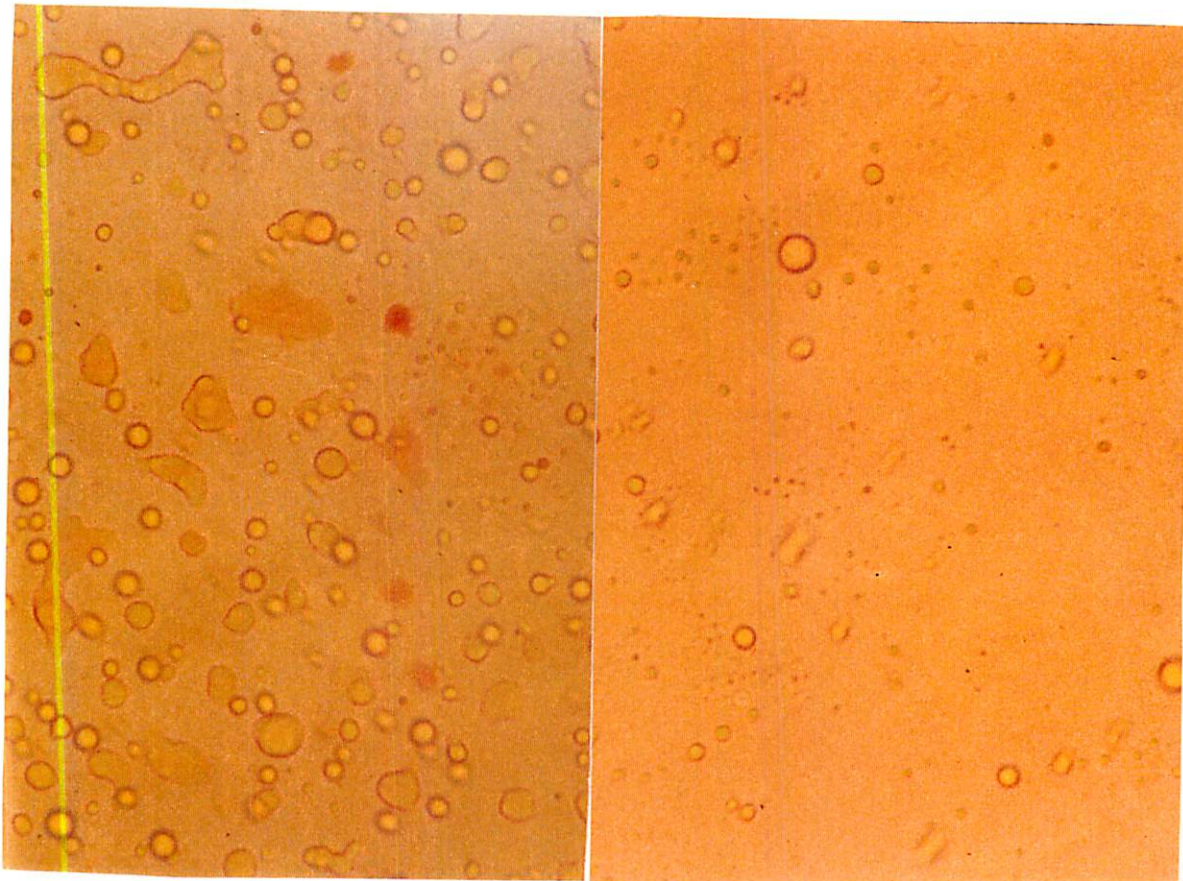
	SORO CORTE		SORO PONTO	
	Ejetor	HTST	Ejetor	HTST
<b>pH</b>	6.35±0.050	6.27±0.024	6.12±0.0735	5.94±0.0571
<b>acidez(°D)</b>	12.50±0.470	14.25±0.177	14.33±0.830	19.00±0.000
<b>densidade</b>	24.53±0.776	26.95±0.455	23.85±0.205	27.08±0.426
<b>gordura(%)</b>	25,3 — 23,8 0.30±0.047	0.80±0.021		
<b>EST(%)</b>	6.65±0.145	7.44±0.142		

\*médias obtidas de quatro observações

Comparando os teores de gordura no soro, observa-se uma diferença acentuada, o que nos leva a concluir que a perda de gordura é bastante inferior nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo Ejetor de vapor.

Os resultados obtidos estão de acordo com os encontrados por Ventura et al. (1984). Segundo Furtado e Lourenço Neto (1994), a menor perda de gordura no soro do queijo fabricado com leite pasteurizado pelo Ejetor é devido à ruptura parcial e homogeneização dos glóbulos de gordura causados pela turbulência de aquecimento.

#### 4.2.1 Glóbulos de gordura



**Figura 6. Fotomicrografia dos glóbulos de gordura do soro dos queijos fabricados com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor, respectivamente.**



Observa-se na Figura 6 que os glóbulos de gordura do soro dos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor; se apresentam em menor número e menos aglomerados.

#### 4.3 Retenção dos componentes na coalhada e rendimento

Os rendimentos de fabricação (l de leite/kg de queijo) e os valores médios das porcentagens de transição de gordura sólidos totais; são apresentados na tabela 4.

**Tabela 4 Rendimento (l de leite/kg de queijo) e retenção de gordura e sólidos totais do leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor na fabricação do queijo tipo Gorgonzola, com seus respectivos erros padrão.**

<b>Parâmetros</b>	<b>HTST</b>	<b>Ejetor</b>
<b>Rendimento</b>	7.72±0.295	7.26±0.085
<b>% transição de gordura</b>	83.60±1.634	92.05±1.058
<b>% transição.de sól. totais</b>	51.06±1.831	53.51±0.634

**\*médias obtidas de quatro observações**

De acordo com os dados encontrados na tabela 4, comparando-se os valores médios dos rendimentos (l de leite/kg de queijo) observou-se rendimento superior nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor (7.26%), em relação àqueles fabricados com leite pasteurizado pelo sistema HTST (7.72%).

Resultados superiores foram encontrados por Furtado, Wolfschoon-Pombo e Ventura (1988), que analisando queijo Prato fabricado com leite pasteurizado pelos sistemas ejetor de vapor e HTST, encontraram rendimento de 12.13% e 11.53% respectivamente; o que confirma rendimento superior quando o sistema de pasteurização por ejetor de vapor é usado Ventura et al. (1984), verificaram um aumento de rendimento no queijo Prato quando este é fabricado com leite pasteurizado pelo Ejetor de vapor e esses mesmos autores atribuem o aumento de rendimento ao maior aproveitamento dos constituintes do leite. O aumento de rendimento observado no queijo Prato fabricado com leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de Vapor pode estar relacionado ao grau de diluição do leite e do próprio sistema de aquecimento empregado e à maior retenção de gordura na coalhada (Furtado, Wolfschoon-Pombo e Ventura, 1988).

Na tabela 4, observa-se as porcentagens de transição de gordura e sólidos totais (EST) na coalhada. Foram encontrados valores superiores para o queijo fabricado com leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de Vapor (92.05% e 53.51%, respectivamente) em relação aos encontrados para o sistema HTST (81.50% e 51.06%, respectivamente).

Furtado, Wolfschoon-Pombo e Ventura (1988); avaliando queijo Prato encontraram valores de transição de gordura e EST de 82.84% e 50.84% para o queijo fabricado com leite pasteurizado pelo ejetor de vapor, enquanto que para queijo fabricado com leite pasteurizado pelo sistema HTST, os valores foram 72.31% e 46.62%. Antila, Hakkarainem, Lappalainem (1982), encontraram valores médios de transferência de gordura de 88.7% e 88.1% para os queijos Edam e Emmental respectivamente. Segundo Ernstron (1980), quando o leite é previamente homogeneizado, ocorre um aumento de retenção da gordura na coalhada. A variação dos valores pode ser explicada por diferenças na tecnologia de elaboração de queijos de diferentes tipos.

Furtado, Wolfschoon-Pombo e Ventura (1988); relatam que a introdução direta de vapor no aquecimento do leite (UHT e Ejetor de vapor), provoca efeito similar à homogeneização e, conseqüentemente o queijo resultante apresenta um alto teor de gordura e textura própria.

O aumento de rendimento observado nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo ejetor de vapor; pode ser explicado pelas diferenças observadas nas porcentagens de transição de gordura, EST e umidade entre os tratamentos.

#### 4.4 Composição físico-química do queijo tipo Gorgonzola

A composição média de alguns parâmetros físico-químicos do queijo tipo Gorgonzola aos 5 dias de maturação se encontram na tabela 5. Os teores médios de umidade, sal, extrato seco total e pH estão muito próximos dos encontrados por (Furtado, Casagrande e Freitas, 1984)

**Tabela 5 Composição média dos queijos tipo Gorgonzola aos 5 dias de maturação, com seus respectivos erros padrão**

Parâmetros	Ejetor de vapor	HTST
Umidade(%)	47.65±0.255	45.44±0.570
Sal(%)	2.13±0.189	1.83±0.191
Gordura(%)	33.00±1.179	31.88±0.471
Sólidos totais (%)	52.35±0.255	54.56±0.570
pH	4.90±0.011	4.85±0.007

\*médias obtidas de quatro observações

## 4.5 Composição dos queijos durante o período de maturação

### 4.5.1 pH

A evolução do pH é um parâmetro fundamental na fabricação de queijos azuis. O valor do pH diminui nas primeiras horas após a fabricação e tende a aumentar durante a maturação devido à utilização do ácido láctico pelo fungo (Vieira, Lourenço Neto e Neves, 1982).

O comportamento dos teores de ácido láctico durante a maturação é essencial para o desenvolvimento do flavor e para a manutenção da qualidade do queijo (Khatoon, Hossain e Joshi, 1990).

O pH durante a maturação, interfere no flavor do queijo, considerando que as lipases e as proteases produzidas pelo *Penicillium roqueforti*, atuam melhor em pH na faixa de 5.5-7.0 (Furtado, 1991). A neutralização gradual da massa tem importância fundamental na maturação do queijo Gorgonzola. Tal fato se deve à dependência do sistema enzimático intra e extracelular do mofo às variações do pH do queijo.

Segundo Jolly e Kosikowski (1975), no início da maturação há uma destruição metabólica de ácido láctico consumido pelo fungo, fazendo elevar lentamente o pH. Ao mesmo tempo, o fungo libera enzimas no meio e quando o pH se eleva até uma faixa ideal, as proteases e as lipases atuam mais intensamente.

Os resultados encontrados indicam que houve diferença significativa de pH entre os tratamentos ( $P < 0.05$ ). Os queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema HTST obtiveram

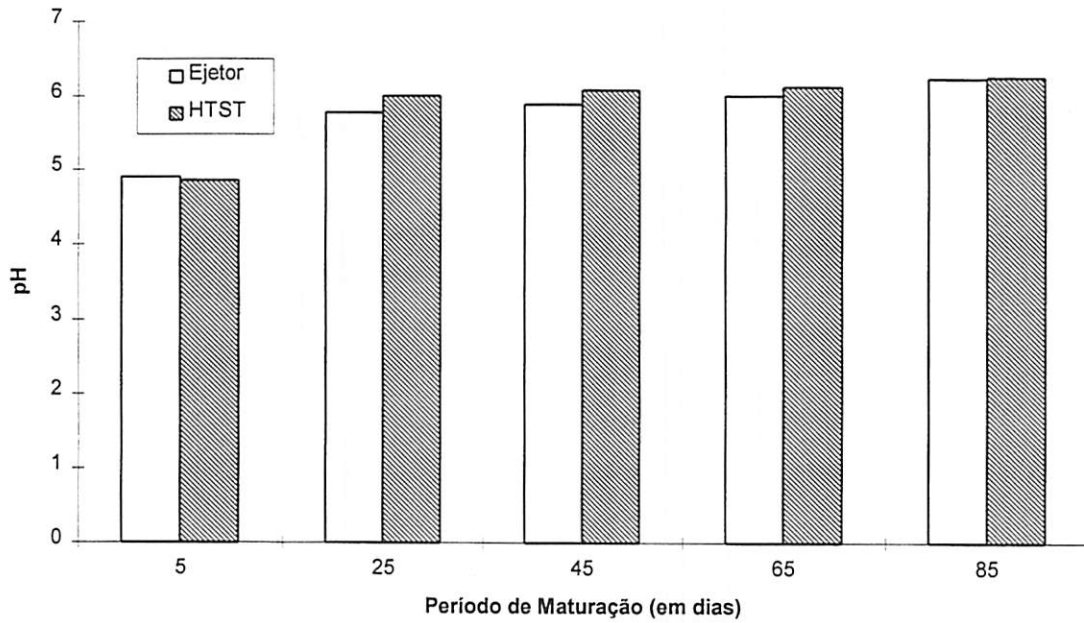
valores médios de pH superiores aos dos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor. (Figura 7).

Observa-se que houve aumento gradual do pH do queijo em consequência do processo de metabolização do ácido láctico pelo *Penicillium roqueforti* (Figura 8).

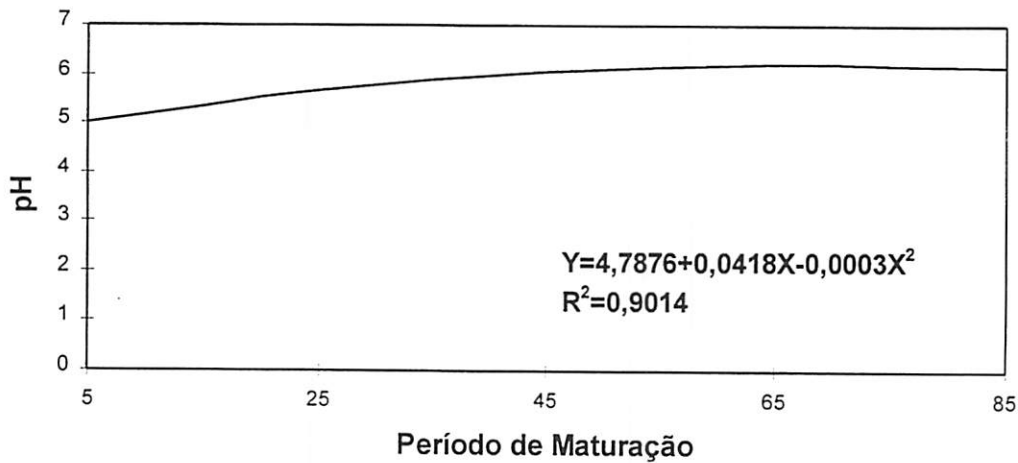
Os resultados encontrados são muito próximos dos encontrados por outros autores. Furtado (1978), observou uma evolução do pH no queijo azul de 4.9 a 6.0 num período de 30 dias. Vieira, Lourenço Neto e Neves (1982), estudando o mesmo queijo encontraram valores na faixa de 4.74 - 4.85 após 7 dias de fabricação e 5.94 - 6.22 após 60 dias de maturação. Esses mesmos autores relatam que após o 30º dia, o pH aumenta gradativamente até o final da maturação. Segundo Moraes e Freitas (1983), um pH de 5.2 seria normalmente observado 24 horas após a fabricação. Furtado, Casagrande e Freitas(1984), observaram um pH médio de 5.12 no queijo Gorgonzola com 4 dias de fabricação e 6.89 após 45 dias de maturação.

Jolly e Kosikowski (1975), estudando a maturação do queijo azul mantido a 5° por 75 dias, observaram no final desse período um pH de 6.1. Wolfschoon-Pombo e Furtado (1979), relataram aumento de 5.20 a 6.82 em queijo tipo Chabichou, maturado por 30 dias.

Schelessor, Schimidt e Speckman (1992), observaram aumento de pH de 4.4 para 6.4 em queijo Camenbert maturado por 50 dias. Esses mesmos autores relatam que esse aumento pode ser explicado pela assimilação do ácido láctico pelo mofo. Portanto, como o mofo neutraliza a acidez do queijo, o pH aumenta.



**Figura 7.** Valores médios de pH obtidos durante os diferentes períodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor.



**Figura 8** Curva de regressão para valores de pH obtidos durante os diferentes períodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor. UFLA, Lavras, MG - 1996.

Os resultados médios de pH um pouco mais baixos observados para os queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor, são provavelmente em função do maior teor de ácidos graxos livres encontrados nestes queijos quando comparados àqueles fabricados com leite pasteurizado pelo sistema HTST.

#### 4.5.2 Sal

Os resultados relativos ao aumento progressivo do teor de sal em relação a umidade do queijo, no decorrer da maturação se encontram na Figura 9.

Observa-se que houve um aumento de sal na umidade de 3.86 para 5.59% e de 4.08 para 5.77% ao final do período de maturação (85 dias), nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e ejetor de vapor respectivamente (Figura 10). As diferenças entre os tratamentos não foram consideradas estatisticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Furtado, Casagrande e Freitas (1984), observaram aumento no teor de sal na umidade do queijo Gorgonzola de 3 para 5.37% ao final de 45 dias de maturação.

O aumento do teor de sal durante o período de maturação é devido à perda parcial de umidade que o queijo sofre nesse período e é variável em função da umidade e do teor inicial de sal no queijo

O teor de sal nos queijos, afeta os fenômenos físico-químicos e bioquímicos que caracterizam o processo de maturação do queijo. Os fenômenos de lipólise e proteólise são regulados por enzimas ativadas em teores normais de sal no queijo e inibidas por teores

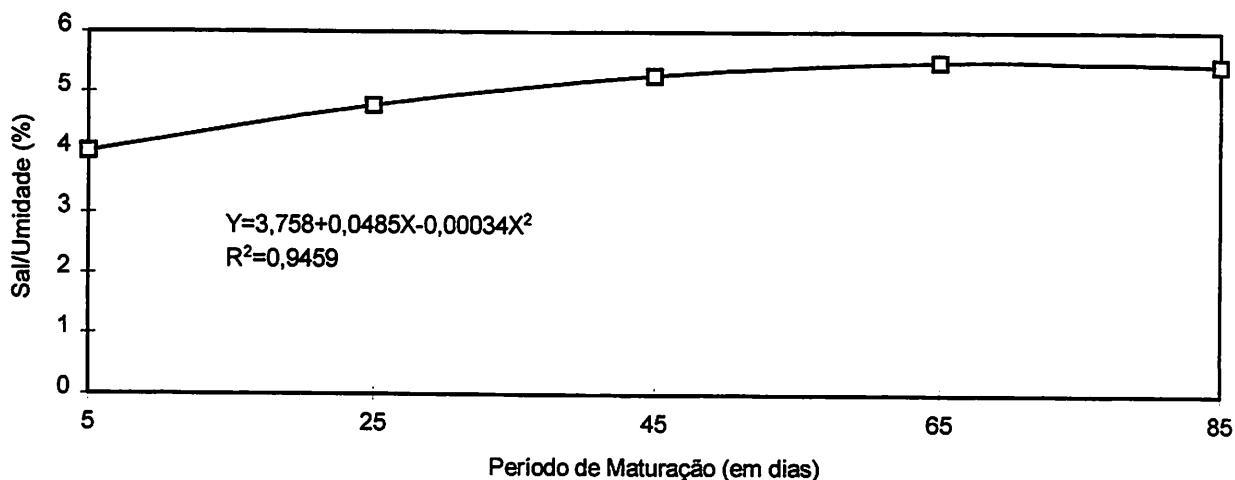
excessivamente elevados. Segundo Furtado (1991) um queijo salgado em excesso possui maturação muito lenta.

Godinho e Fox (1981), relatam que quando a concentração de sal é mais alta que a adequada, ácidos graxos livres são produzidos mais lentamente, devido ao fato de altas concentrações de sal inibirem a atividade intra e extracelular do *Penicillium roqueforti*. O teor de umidade do queijo, além de afetar sua consistência, tem grande influência sobre as modificações físico-químicas que ocorrem durante a maturação.

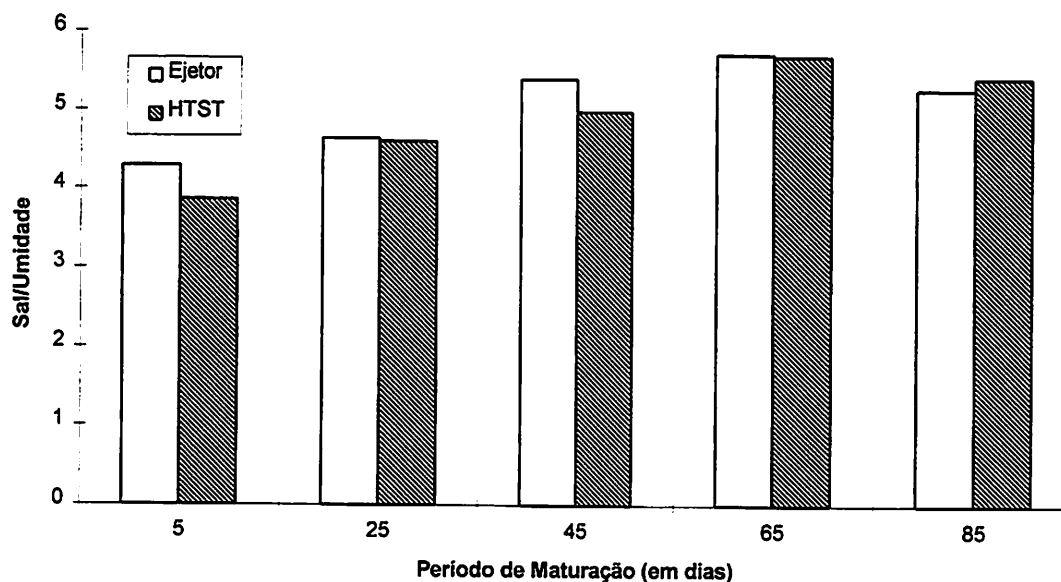
Godinho e Fox (1981) e Kinsella e Hwang (1976), verificando a influência do sal sobre o desenvolvimento do *Penicillium roqueforti* durante a maturação, concluíram que o sal tem forte influência sobre o desenvolvimento do mofo, bem como nos fenômenos de lipólise e proteólise prevenindo hidrólise excessiva.

O sal dissolvido no meio aquoso do queijo além de modificar o sabor do produto, regula consideravelmente a atividade enzimática em diversos níveis afetando o crescimento bacteriano (Wong, 1980). Esse mesmo autor relata que o crescimento do mofo não é inibido por concentrações regulares de sal, que no entanto são suficientes para inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis como *Geotrichum candidum*; portanto o sal desempenha papel seletivo na maturação do queijo





**Figura 9.** Curva de regressão para valores de sal/umidade obtidos durante os diferentes períodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor. UFLA, Lavras, MG - 1996.



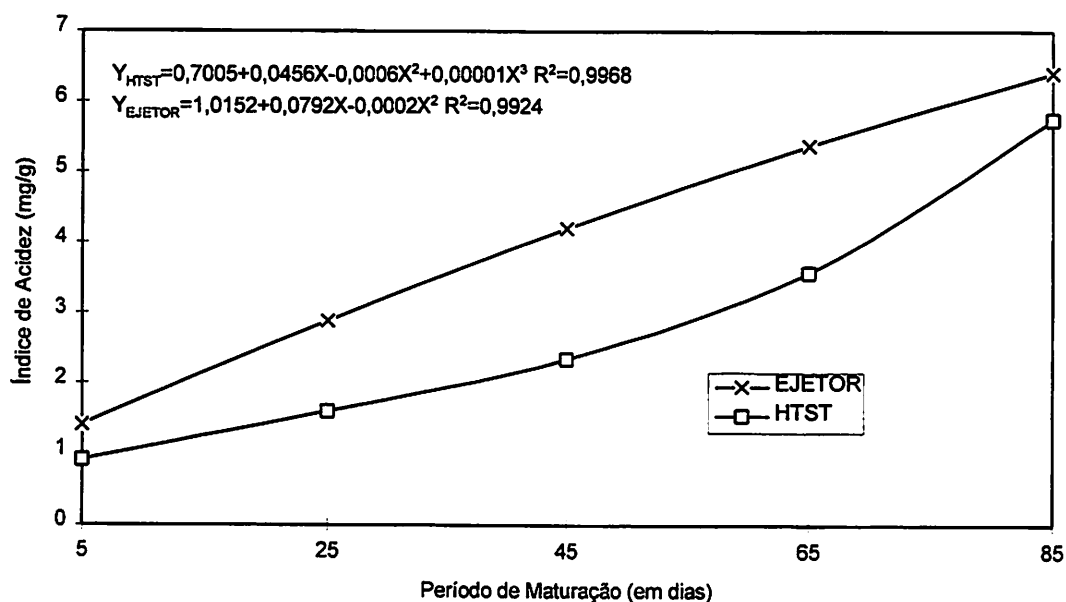
**Figura 10.** Valores médios de sal/umidade obtidos durante os diferentes períodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor.

### 4.5.3 Índice de acidez (Lipólise)

Durante o processamento dos queijos, as membranas dos glóbulos de gordura são destruídas, a gordura é atacada pela lipase ocorrendo liberação de ácidos graxos através dos triglicerídeos.

O índice de lipólise varia através dos diferentes tipos de queijo. Esse índice depende da qualidade do leite e principalmente da tecnologia do processo de fabricação (Caboni, Zannoni e Lercker, 1990).

Os resultados obtidos indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos ( $P < 0.05$ ). Os queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor, obtiveram índice de acidez (lipólise) superiores aos dos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema HTST devido à maior homogeneização do leite durante a pasteurização. Observa-se também um aumento gradual dos índices de acidez, durante o período de maturação, para os dois tratamentos (Figura 11)



**Figura 11** Curva de regressão para valores de Índice de acidez (lipólise) obtidos durante os diferentes períodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor. UFLA, Lavras, MG - 1996.

Caboni, Zannoni e Lercker (1990), relatam que os níveis de ácidos graxos dos queijos usualmente correspondem aos níveis encontrados no leite usado para fabricação dos mesmos. Esses mesmos autores avaliando lipólise da gordura em 60 amostras de queijo Parmigiano-Reggiano, encontraram valores médios de índice de acidez (lipólise), de 6.3mg de KOH/g de gordura.

Macedo, Costa e Malcata (1996), em experimento com queijo Serra encontraram aumento gradual dos índices de acidez durante o período de maturação. Gripon (1987), relata que durante o período de maturação ocorre aumento nos níveis de ácidos graxos livres.

Godinho e Fox (1981), estudando lipólise em queijos azuis submetidos à salga seca e em salmoura, observaram níveis de ácidos graxos livres de aproximadamente 1.5mg de KOH/g ,após

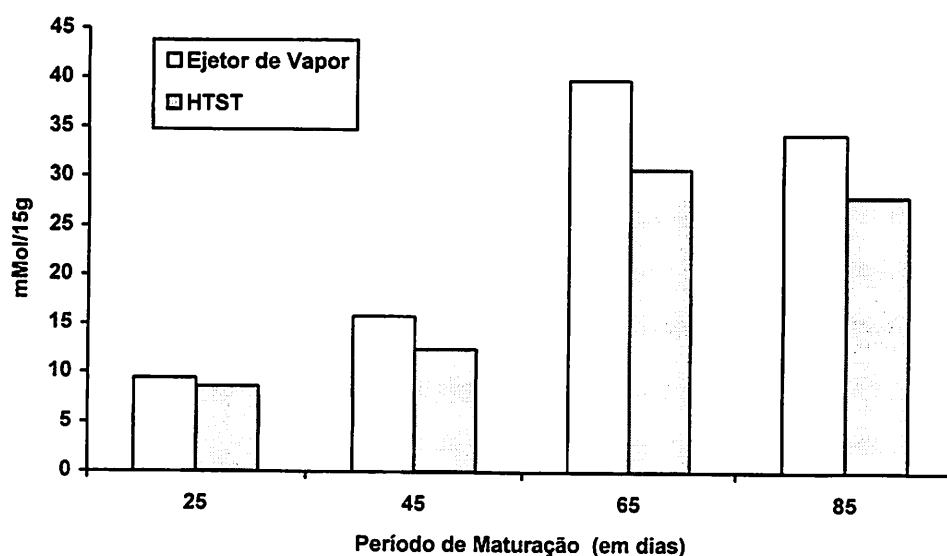
uma semana de maturação. Esses mesmos autores observaram aumento significativo do conteúdo de ácidos graxos livres entre a sétima e a décima semana de maturação.

#### 4.5.4 Metilcetonas

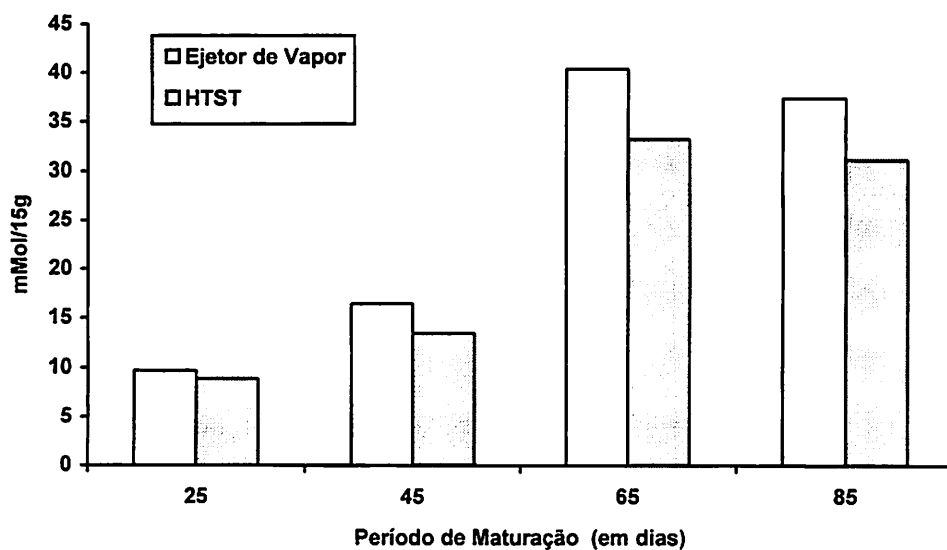
Os dados referentes às duas metilcetonas mais importantes do queijo tipo Gorgonzola, 2-heptanona e 2-nonanona, aos 25, 45, 65 e 85 dias de maturação se encontram na Figura 12 e 13. Esses resultados estão expressos em mMol por 15g de queijo. Durante todo esse período de maturação as duas metilcetonas apresentaram, para o sistema HTST teores sempre inferiores ao sistema de ejetor de vapor, sendo que a 2-heptanona apresentou valores sempre maiores que a 2-nonanona.

Como alguns ácidos graxos livres são tóxicos para o *P. roqueforti*, esse mofo realiza nesse ácido graxo, um ciclo da  $\beta$ -oxidação levando à formação de uma metilcetona correspondente com um átomo de carbono a menos, criando com isso um processo de desintoxicação. Comparando esses resultados com índice de acidez (Figura 11) pode-se observar uma relação direta entre esse índice e a concentração de metilcetona nos queijos. Nos queijos elaborados com leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor o índice de acidez foi sempre maior que os elaborados com leite pasteurizado pelo sistema HTST, o que correspondeu também a uma maior concentração de metilcetonas no queijo, indicando que a intensidade de formação desses importantes compostos aromáticos está diretamente relacionada com a presença de ácidos graxos livres no queijo, como relatam Madkor, Fox e Metwalli (1987).

Segundo Schwartz, Haller e Keeney (1963) e Langlois e Gallois (1990) o ácido octanóico é um dos mais tóxicos para o *P. roqueforti*, sendo que esse fungo, tem a necessidade de metabolizar esse ácido, levando conseqüentemente à formação da 2-heptanona que é um dos compostos mais importantes na composição do aroma de queijos maturados por esse mofo. Os queijos elaborados com leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor apresentaram teores de ácidos graxos livres maiores, em comparação aos elaborados com leite pasteurizado pelo sistema HTST. A porcentagem de heptanona é maior que a de nonanona quando se compara os dois sistemas de pasteurização, indicando que o mofo tem, em função da desintoxicação, preferência no metabolismo do ácido octanóico, precursor de 2-heptanona em comparação com o decanóico, precursor de 2-nonanona.



**Figura 12** Valores de 2-nonanona obtidos durante os diferentes períodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de Vapor.



**Figura 13** Valores de 2-heptanona obtidos durante os diferentes períodos de maturação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de Vapor.

#### 4.6-Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada nos queijos com 65 dias de maturação (as fotos dos queijos utilizados se encontram na Figura 14) e os resultados obtidos estão ilustrados na Figura 15.



**Figura 14. Fotografia dos queijos tipo Gorgonzola utilizados na análise sensorial realizada aos 65 dias de maturação.**

Para o item aspecto exterior dos queijos, observou-se para os tratamentos analisados, uma pontuação de 12.9-13.3 (utilizou-se uma escala de 15 pontos). Pela análise de variância, não houve influência significativa entre os tratamentos ( $P < 0.05$ ). Com relação à coloração dos queijos, observou-se distribuição homogênea, nos dois tratamentos, não tendo sido encontrada diferença significativa ( $P < 0.05$ ) entre os tratamentos. De acordo com a avaliação dos julgadores, praticamente não houve variação da cor, em função dos tratamentos utilizados, a pontuação obtida foi de 13.68-13.78.

A pontuação relativa à textura dos queijos, se encontrou na faixa de 13.05-13.53, não tendo sido encontrada diferença significativa entre os tratamentos ( $P < 0.05$ ). Os queijos obtidos apresentaram massa macia e quebradiça, indicando que leite pasteurizado pelos sistemas HTST e ejetor de vapor permitem obtenção de queijo tipo Gorgonzola com características desejáveis de textura.

Para os dados relativos à consistência dos queijos foi atribuída uma pontuação na faixa de 12.9-13.51 (numa escala de 15 pontos). Não se verificou diferença significativa entre os tratamentos ( $P < 0.05$ ), indicando que os queijos apresentaram consistência adequada.

Os dados relativos ao aroma dos queijos, revelam diferença significativa ( $P < 0.05$ ) entre os tratamentos utilizados. Na Figura 15, observa-se que os julgadores detectaram maior intensidade de aroma para os queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema HTST (13.89), em relação àqueles fabricados com leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor (13.39)

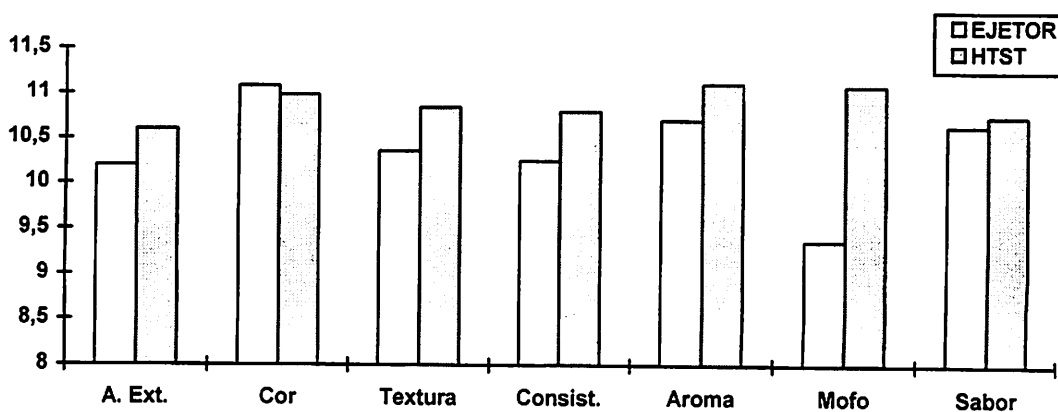
O desenvolvimento de mofo nos queijos foi considerado diferente ( $P < 0.05$ ), para os tratamentos utilizados. Observa-se na Figura 15, que os julgadores detectaram desenvolvimento de mofo maior e mais uniforme nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema HTST em relação àqueles fabricados com leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor. O menor desenvolvimento de mofo nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor pode ser explicado pelos altos teores de ácidos graxos livres encontrados nesses queijos. Kinsella e Hwang, (1976), relatam que altas concentrações de ácidos graxos livres podem ser tóxicas para o mofo.



O desenvolvimento do mofo tem um efeito acentuado na qualidade do queijo e esse desenvolvimento deve ser cuidadosamente controlado. Se o queijo tiver poros a mais ou a menos, o mofo tende a se desenvolver em excesso ou escassez, afetando o flavor do produto (Kinsella e Hwang, 1976). Segundo Gripon (1987), em queijos azuis o desenvolvimento do mofo é fator essencial para o desenvolvimento do aroma, ou seja se o crescimento do mofo é excessivo ou limitado, o aroma se torna forte ou fraco.

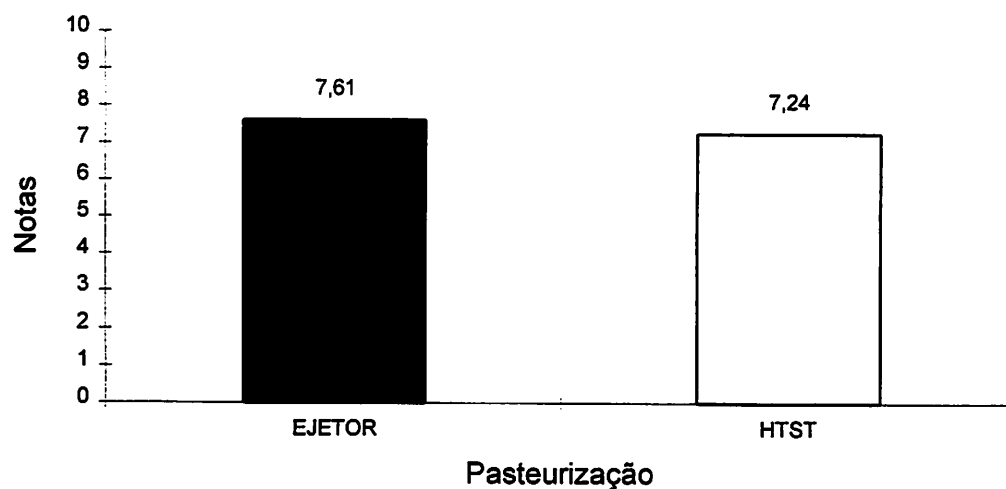
O aroma menos intenso nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor, pode estar relacionado com o menor desenvolvimento de mofo nesses queijos.

Os resultados obtidos quanto à avaliação de sabor dos queijos ,mostram que não houve diferença significativa ( $P < 0.05$ ) entre os tratamentos. Foi atribuída pontuação na faixa de 13.3-13.43 (numa escala de 15 pontos). Esses resultados indicaram que os queijos maturaram de maneira adequada.



**Figura 15. Resultados da análise sensorial do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor, aos 65 dias de Maturação. UFLA, Lavras-MG, 1996.**

A média dos resultados obtidos no teste de aceitação, realizado nos queijos aos 65 dias de maturação, encontra-se na Figura 16. Pode-se observar que os queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor obtiveram pontuação média (7.61) ligeiramente superior àquelas obtidas pelos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema HTST (7.24); indicando que os queijos obtiveram aceitação semelhante pelos consumidores que participaram do teste.



**Figura 16. Resultados dos testes de aceitação do queijo tipo Gorgonzola produzido com leite pasteurizado pelos sistemas HTST e Ejetor de vapor, aos 65 dias de Maturação. UFLA, Lavras-MG, 1996.**

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições experimentais utilizadas conclui-se que:

- Os glóbulos de gordura do leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor se apresentaram menos aglomerados, que os do leite pasteurizado pelo sistema HTST

- Os teores de ácidos graxos livres aumentaram com a pasteurização, sendo que o leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor obteve valores superiores aos do leite pasteurizado pelo sistema HTST.

- Os melhores rendimentos de fabricação (L de leite/ kg de queijo) foram obtidos com o uso de leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor. O emprego desse sistema proporcionou um melhor aproveitamento de gordura e sólidos totais no queijo, quando comparado com o sistema HTST.

- Durante a maturação ocorreu aumento progressivo dos índices de acidez (lipólise); sendo que esses índices foram maiores nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor, indicando maior atividade lipolítica nesses queijos.

- Nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema HTST, ocorreu maior neutralização da massa, com maior elevação do pH; quando comparados aos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema ejetor de vapor

- Os teores de metilcetonas foram superiores nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor.
- Os queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor, apresentaram maior umidade e retenção de gordura, resultando em massa mais macia e fechada.
- Devido aos altos teores de ácidos graxos livres nos queijos fabricados com leite pasteurizado pelo sistema Ejetor de vapor, ocorreu má formação de mofo e conseqüentemente esses queijos obtiveram menor intensidade de aroma
- Pela análise sensorial realizada aos 65 dias de maturação pode se observar que não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação à aspecto exterior, cor, consistência, textura e sabor. No teste de aceitação observou-se aceitação semelhante para os queijos fabricados com leite pasteurizado pelos dois sistemas

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, L.R. Ácidos graxos de cadeia ramificada como precursores de “flavor” em leite e produtos lácteos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. Juiz de Fora, v.48, n.288, p.9-13, out./nov. 1993a.
- ABREU, L.R. **Factors affecting the biosynthesis of Branched-chain fatty acids in milk fat**. Madison, University of Wisconsin, Madison, 1993b. 163p. (Tese - Doutorado in Food Science).
- ABREU, L.R. Efeitos dos diferentes níveis de nitrato de sódio adicionado ao leite, nos teores de nitrato e nitrato do soro e do queijo prato ao longo da maturação. Lavras, ESAL. 1986. 89p. (Tese - Mestrado em Ciência dos Alimentos)
- ALAIS, C. **Ciência de la leche: principios de tecnica lechera**. 8.ed., México: Compãnia Editorial Continental, S.A. de C.V., 1991. 594p.
- ANTILA, V.; HAKKARAINEN, H.; LAPPALAINEN, R. The transfer of milk components to finish Edam and Emmental chesse. **Milchwissenschaft**, Munich, V.37, p.321. 1982.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 12.ed. Washington, 1094p. 1995.
- BRASIL. Leis, decretos, etc. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. RISPA. Aprovado pelo Decreto 30691, de 28/03/52, alterado pelo Decreto 1255, de 25/06/62. Brasília, 1980.

BRASIL. Ministério da Agricultura **Secretaria de Inspeção de Produtos Animais**. Brasília, 1990. p.ir.

BRASIL. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes**. II. Métodos físicos e químicos. Brasília, 1981, p.ir.

BRUCE, R.H.; STINE, C.M. Effect of process parameters on formation of volatile acids and free fatty acids in quick-ripened blue cheese. **Journal of Dairy Science**. Champaign, V.60, n.8, p.1267-1272, Aug 1977.

CABONI, M.F.; ZANNONI, M.; LERCKER, G. Fat lipolysis in Parmigiano Reggiano Cheese. **Scienza e Técnica Lattero-Casearia**. Rome, v.41. p.288-297. 1990. (Suplemento).

CHILE. Secretaria de Estado de Agricultura/Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação/Universidad Autonoma de Santo Domingo. **Manual Correspondiente al Módulo III-B**, elaboracion de quesos. Santiago, 1323p. 1985.

CHILLIARD, Y. Variation physiologiques des activités lipasiques et de la lipolyse spontanée dans les laits de vache, de chèvre et de femme: revue bibliographique. **Le Lait**, Paris, V.62, n.1, p.1-31 e 126-154. 1982.

CRUZ, J.W.B. Doenças transmissíveis ao homem pelo leite e seus derivados. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. Juiz de Fora, v.39, n.236, p.33-38, nov./dez. 1984.

\* DARLING, D. Recents advances in the destabilization of dairy emulsions. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v.49, n.4, p.695-712, nov. 1982.

DARTEY, C.K.; KINSELLA, J.E. Rate of formation of methyl ketons during blue cheese ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, V.19, n.4, p.771-774, Jul/Aug 1971.

DARTEY, C.K; KINSELLA, J.E. metabolism of [ $^{14}$ C] lauric acid to methyl Ketones by spores of *P. raqueforti*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.21, n.6, p.933-936, Nov/Dec.1973a.

DARTEY, C.K; KINSELLA, J.E. Oxidation of sodium [ $U^{14}C$ ] palmitate into Carbonyl compounds by *P. roqueforti* spores. **Journal of agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.21, n.4, p.721-726, Jul/Aug. 1973b.

DOWNEY, W.K. Review of the progress of Dairy Science: flavour impairment from pre and post-manufacture lipolysis in milk and dairy products. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v.47, n.2, p.237-252, Jun 1980.

DZIEZAK, J.D. Biotechnology and flavor development: enzyme modification of dairy products. **Food Technology**. Chicago, v.40, n.1, p.114, Jan. 1986.

ERNSTROM, C.A. **Milk-clotting enzymes and their action in Fundamentals of Dairy Chemistry**. 2.ed. The AVI Publishing Company, Westport, 1980. 360p.

ESKIN, N.A.M. **Biochemistry of Foods**. 2.ed. Londres: Academic Press, 1990. 557p.

FERNANDES-SALGUEIRO, J.; MARCOS, A.; ALCALA, M.; ESTEBAN, M.A. Proteolysis of cabrales cheese and other European blue cheese varieties. **Journal of Dairy Research** Cambridge, v.55, n.1 p.141-145, Feb. 1988.

FURTADO, M.M. **A arte e a ciência do queijo**. 2.ed., São Paulo: Globo, 1991. 297p.

FURTADO, M.M. **Defeitos da fabricação de queijos**. Juiz de Fora: ILCT. 1987. 392p.

• FURTADO, M.M. Efeito do formato do queijo na maturação por ação do *Penicillium caseicolum*. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.39, n.227, p.29-32, Maio./Jun. 1983.

FURTADO, M.M. Roquefort: adaptação da tecnologia para o queijo azul. In: Congresso Nacional de Laticínios, Juiz de Fora, p.51-69. 1978. Anais... Juiz de Fora: ILCT, 1978

FURTADO, M.M. ; CASAGRANDE, H. de R. ; FREITAS, L.C. G. de Estudo rápido sobre a evolução de alguns parâmetros físico-químicos durante a maturação do queijo tipo Gorgonzola. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 39, n. 231, p. 3-10, jan/fev. 1984

FURTADO, M.M. ; CHANDAN, R.C. Efeito do teor de gordura na maturação de um queijo por *Penicillium caseicolum*. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.38, n.225, p.19-22, jan./fev. 1983.

FURTADO, M.M.; LOURENÇO NETO, J.P. de M. **Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos**. 1.ed., São Paulo: Dipemar, 1994. 118p.

FURTADO, M.M.; WOLFSCHOON-POMBO, A.F. Fabricação de queijo prato em minas: estudo do rendimento. Parte I - Determinação das cifras de transição. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.34, n.205, p.3-9, Set./Out. 1979.

FURTADO, M.M.; WOLFSCHOON-POPMBBO, A.F.; VENTURA, R.F. Application de la pasteurization du lait par infection de vapeur à la fabrication du fromage Prato. **Le Lait**, Paris v.68, n.4 p.368-379, 1984.

• FURTADO, M.M. ; WOLFSCHOON-POMBO, A.F.; VENTURA, R.F. Pasteurização do leite por efeitos de vapor: considerações sobre a diluição do leite e rendimento da fabricação do queijo prato. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.43, n.256, p.3-10, mar./abr. 1988.

GODINHO, M.; FOX, P.F. Ripening of blue cheese influence of salting rate on lipolysis and carbonyl formation. **Milchwissenschaft** Munich, v.36, n.8, p.476-478, 1981.

GONZALES DE LLANO, D.; RAMOS, M.; POLO, C.; SANZ, J.; MARTINEZ-CASTRO, J. Evolution of the volatile componentes of an artisanal blue cheese during ripening. **Journal of Dairy Science** Champaign. v.73, n.7, p.1676-1683, Jul. 1990.

• GRIPON, J.C. Mould-ripened cheeses. In:Fox, P.F.. **Cheese Chemistry, Physics and Microbiology**. London: AVI Publishing Co.,1987. v.2, Cap.4, p.121-149.

HA, J.K.; LINDSAY, R.C. Method for the quantitative analysis of volatile free and total branched chain fatty acids in cheese and milk fat. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v.73, n.8, p.1989-1999, Aug. 1990.

HA, J.K.; LINDSAY, R.C. Release of volatile branched-chain and other fatty acids from ruminant milk fats by various lypases. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v.76, n.3, p.677-690, Mar. 1993.



- HA, J.K.; LINDSAY, R.C. Volatile branched-chain fatty acids and phenolic compounds in aged italian cheese flavor. **Journal of Food Science**. Chicago, v.56, n.5, p.1241-1247, Sept/Oct. 1991.
- HARPER, V. W.; HALL, C. W. **Dairy Technology and Engineering**. Westport: The AVI Publishing Company , 1981. 350p.
- HUHN, S.; HAJDENWURCELI, J.R.; MORAES, J.M.; VARGAS, O.L. Qualidade microbiológica do leite cru obtido por meio de ordenha manual e mecânica ao chegar à plataforma. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.35, n.209, p.3-8, maio/jun. 1980.
- JOLLY, R.C.; KOSIKOWSKI, F.V. Flavor development in pasteurized milk blue cheese by animal and microbial preparations. **Journal of Dairy Science**. Champaign, V.58, n.6, p.846-852, jun. 1975.
- JONES, L.V.; PERYAM, D.R.; THRUSTONE, L.L. Development of a scale for measuring soldieres food preferences. **Food Research**. Champaign. v.20, n.5, p.512-520. 1955.
- KARAHADIAN, C.; JOSEPHSON, B.D.; LINDSAY, R.C. Contribution of *Penicillium* sp. to the flavor of Brie and Camenbert Cheeses. **Journal of Dairy Science**, Champaign. v.68, n 8, p.1865-1877, ago. 1985.
- KHATOON, J. A.; HOSSAIN, M. A.; JOSHI, V. K. Biochemical changes during ripening of cheddar cheese made from cow and goat milk. **Milchwissenschaft**, Cork, v.45, n.7, p.436-439. 1990
- KING, R.D.; CLEGG, G.H. The metabolism of Fatty acids, methy Ketone and Secondary Alcohols by *P. roqueforti* in Blue Cheese Slurries. **Journal of Science of Food and Agriculture**. Londres, v.30, n.2, p.197-202, fev. 1979.
- KINSELLA, J.E.; HWANG, D.H. Enzymes of *Penicillium roqueforti* involved in the biosynthesis of chesse flavor. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland. v.8, n.1, p.191-228, 1976.
- KOSIKOWSKI, F. **Cheese and fermented milk foods**. 2.ed. Edwards: Ann. Arbor 1977. 711p.

- LACASA, A. Ewés and goat's hard cheeses. **Revista Española de Lecheria**, Madrid n.7, p.11-17. 1987.
- LANGLOIS, D.; GALLOIS, A. New results in the volatile odorous compounds of french cheese **Lait**. Paris, v.70, p.89-106. 1990.
- LOURENÇO NETO, J.P. de M. Tecnologia de fabricação do queijo Gorgonzola no Brasil. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.39, n.235, p.43-46, set./out. 1984.
- MACEDO, A.C.; COSTA, M.L.; MALCATA, F.X. Assessment of proteolysis and lipolysis in Serra Cheese: effects of axial cheese location, ripening time and lactation season. **Lait**. Paris, v.76, n.4, p.363-370. 1996.
- MADKOR, S.; Fox, P.F; SHALABI, S.I.; METWALLI, N.H. Studies on the ripening of Stilton cheese: Lipolysis **Food Chemistry**, England, V.25, n.1, p.93-109. 1987.
- MAHIEU, H. Méthode rapide de dosage des acides gras libres dans le lat. **La Technique Laitière**, Rennes Cedex, n.978, p.21-25. 1983.
- McPHERSON, A. KITCHEN, B.J. Review of the progress of Dairy Science: the bovine milk fat globule membrane - its formation, composition, structure and behavior in milk and Dairy products. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v.50, n.1, p.107-133, fev. 1983.
- 6 MORAES, J.M. e FREITAS, L.C.G. Adaptação da tecnologia de fabricação de queijos de origem italiano - queijo Gorgonzola. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.38, n.227, p.33-39, maio/junho 1983.
- MOSKOWITZ, G.J. Flavor Development in Cheese. In: CAPY, K. **The Analysis and Control of Less Desirable Flavors in Foods and Beverages**. Elsevier: Academic Press, 1980. p.53-70.
- NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLPHO LUTZ VOL 1. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed, São Paulo. 1985.v.1, 533p.

SCHLESSER, J.E.; SCHMIDT, S.J.; SPECKMAN, R. Characterization of chemical and physical changes in Camembert Cheese during ripening. **Journal of Dairy Science**. Champaign, V.75, n.7, p.1753-1760, jul. 1992.

SCHWARTZ, D.P.; HALLER, M.S.; KEENEY, N. Direct quantitative isolation of monocarbonyl compounds from fats and oils. **Analitical Chemistry**, Washington, v.35, n.13, p.2191-2194, dez. 1963.

SOTBBERUP, J. **Elaboracion de quesos: módulo III-B**, Santiago, FAO, 1985.

STONE, S.R.; SIDEL, S.; OLIVER, S.; WOOSLEY, A.; SINGLETON, R.C. Sensory evolution by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**. Chicago, v.28, n.11, p.24-34, Nov. 1974.

• SUHREN, G. Freie Fettsäuren - Ursache und Bedeutung für die Qualität von Milchprodukten. **Die Molkerei Zeitung Weit der Milch**. v.35, n.29, p.933-936. 1981.

THOMASOW, J. Bestimmung der freien Fettsäuren in flüssigen Milchprodukten nach der BLM-PEDIA - Methode. **Deutsche Molkerei Zeitung**. v.102, n.28, p.906-909. 1981

URBACH, G. Butter flavor in food systems. **Food Research Quarterly**. V.51, p.50-54. 1991.

VENTURA, R.F. **Caracterização do sistema ejetor de vapor na pasteurização do leite destinado à fabricação de queijos**. Campinas: UNICAMP, 1981. 144p. (Tese-Mestrado em Ciência dos Alimentos).

VENTURA, R.F. Ejetor de vapor: pasteurizador para pequenas indústrias de queijo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte v.10, n.115 p. 16-21, jul. 1984.

VENTURA, R.F.; FURTADO, M.M.; WOLFSCHOON, A.F.; LOURENÇO NETO, J.P. de M.; LIMA, A. de. Queijo prato - comparação de fabricação usando leite pasteurizado por sistema de placas e ejetor de vapor. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.39, n.235, p.59-70, set./out. 1984.

- VENTURA, R.F.; RUSIG, O. Ejetor de vapor - Sistema de pasteurização de leite destinado à fabricação de queijos - 5ª parte. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, V.39, n.231, p.17-24, Jan./Fev. 1984a.
- VENTURA, R.V.; RUSIG, O. Ejetor de Vapor - Sistema de pasteurização de leite destinado à fabricação de queijos - 8ª parte. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, V.39, n.236, p.21-28, Nov./Dez. 1984b.
- VENTURA, R.F.; RUSIG, O. Ejetor de Vapor - Sistema de pasteurização de leite destinado à fabricação de queijos - 1ª parte. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, V.38, n.226, p.3-16, Mar./Abr. 1983.
- VIEIRA, S.D.A.; LOURENÇO NETO, J.P.M.; NEVES, B.S. Queijo azul de minas. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.8, n.88, p.33-36. 1982.
- WANDOCK, F.A. Aspectos bioquímicos da maturação de queijos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.27, n.164, p.1-9, Set./Out. 1972.
- WOLFSCHOON-POMBO, A.F.; CARVALHO, F.A. de; FISCHER, R. Ácidos graxos livres no leite de plataforma. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.41, n.224, p.8-12, mar/abr 1986.
- 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, Aug1979.
- WOLFSCHOON-POMBO, A.F.; FURTADO, M.M. Uma tecnologia a ser preservada: o queijo prato da região sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Tecnologia**, São Paulo, v.14, n.5/6, p. 50-54, set/dez 1983.
- WONG, N.P. Milk-clotting enzymes and cheese chemistry. Part 2: Cheese chemistry. In: WEBB, B.H.; JOHNSON, A.B.; ALFORD, J.A **Fundamentals of Dairy Chemistry**. 2ª.ed. Westport: The AVI Publishing Company. 1980. 340p.