

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**ESTABILIDADE DE QUEIJO MOZARELA
FATIADO EM EMBALAGEM
COM ATMOSFERA MODIFICADA**

Parcer

Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por Rosa Maria Vercelino Alves e aprovada pela Comissão Julgadora em 09.06.95

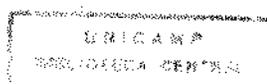
Rosa Maria Vercelino Alves

ROSA MARIA VERCELINO ALVES
Engenheira de Alimentos

JOSÉ DE ASSIS FONSECA FARIA, Ph.D.
Orientador

*Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas para obtenção do Título de
Mestre em Tecnologia de Alimentos.*

Campinas - SP
1995



BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria
Orientador

suplente

Prof^ª. Dr^ª. Maria Helena Damásio
Membro



Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig
Membro



Prof. Dr. Lúcio Alberto Forte Antunez
Membro

Campinas, 09 junho de 1995.

*Ao meu pai cujo apoio só vou
poder contar até aqui*

*Aos meus dois amores
Fernando e André pelos momentos
que não passamos juntos*

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria pela orientação deste trabalho.
- Ao CETEA, em especial à pesquisadora Eloísa E. Correa Garcia pela oportunidade e apoio concedidos durante o desenvolvimento deste trabalho.
- Às pesquisadoras Claire I.G.L. Sarantópoulos e Ariene G.F. Van Dender pela colaboração no delineamento do trabalho e avaliação dos resultados.
- À Daniela Cristina C. Dragoneti, Maria Angélica Venega, Ana Paula C. Reis, Rosemary Sabino e Gislaine Chrystina Nogueira pela colaboração durante a realização do trabalho experimental.
- À Marta Cuervo pela correção das referências bibliográficas.
- Ao Thiago Camizão Cláudio, Ana Cândida Krasilchick, Andréa C. Derevtsoff e César Murilo B. Guerra pela datilografia e editoração desse trabalho.
- À Cristina Helena R.C. Gonçalves pela revisão ortográfica.
- À Grace Prod. Quím. Plásticos Ltda pelo fornecimento do material de embalagem.
- À S.A. Fábrica de Produtos Alimentícios Vigor pelo fornecimento do queijo Mozzarella.
- À White Martins Gases Industriais S.A. pelo fornecimento dos gases.
- À FUNDEPAG - Fundação de Desenvolvimento de Pesquisa Agropecuária pelo auxílio financeiro.
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
ÍNDICE DE ANEXOS	iv
ABREVIações	vi
RESUMO	vii
SUMMARY	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Queijo Mozzarella	4
2.1.1 Introdução	4
2.1.2 Tecnologia de fabricação	4
2.1.3. Alterações durante o acondicionamento, distribuição e estocagem	6
2.2 Tecnologia de acondicionamento com atmosfera modificada	8
2.2.1 Histórico	8
2.2.2 Parâmetros críticos	9
2.2.3 Estudos de vida útil de queijos em atmosfera modificada	20
3 MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1 Materiais	23
3.1.1 Queijo Mozzarella	23
3.1.2 Gases	23
3.1.3 Embalagens	23
3.2 Acondicionamento do produto	24
3.3 Caracterização do queijo Mozzarella	25
3.3.1 Análises físicas e químicas	25
3.3.2 Análises microbiológicas	27
3.4 Caracterização das embalagens	27
3.4.1 Espessura	28
3.4.2. Taxas de permeabilidade aos gases (O ₂ , CO ₂ e N ₂)	28
3.4.3 Taxa de permeabilidade ao vapor de água	29
3.5 Análises prévias	29
3.5.1 Análises de composição gasosa do espaço-livre	29
3.5.2 Análises microbiológicas	30

3.5.3 Análise sensorial	30
3.6 Estudo da vida-de-prateleira	31
3.6.1 Delineamento do experimento	31
3.6.2. Análises de volume e composição gasosa do espaço-livre	32
3.6.3 Análises microbiológicas	32
3.6.4 Avaliações físicas e químicas.....	32
3.6.5 Análise sensorial	33
3.7 Análise estatística	33
3.8 Estimativa da vida útil	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Caracterização do queijo Mozzarella.....	35
4.2 Caracterização das embalagens	36
4.3 Análises prévias	37
4.3.1 Análises de composição gasosa do espaço-livre e microbiológicas	37
4.3.2 Análises sensoriais	37
4.4 Estudo da vida-de-prateleira	40
4.4.1 Volume e composição gasosa do espaço-livre.....	40
4.4.2 Análises microbiológicas	47
4.4.3 Avaliações físicas e químicas.....	52
4.4.4 Análise sensorial	53
4.5 Estimativa da vida-de-prateleira	59
5 CONCLUSÕES	61
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	68
ANEXO A	69
ANEXO B	71
ANEXO C	72
ANEXO D	74
ANEXO E	76
ANEXO F	77
ANEXO G	78
ANEXO H	79
ANEXO I	81

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. Características físicas e químicas iniciais do queijo Mozzarella.	35
TABELA 2. Contagens microbiológicas iniciais do queijo Mozzarella.	36
TABELA 3. Características das embalagens utilizadas	36
TABELA 4. Resultados médios das análises físicas e químicas de queijo Mozzarella fatiado, durante estocagem a 7 ± 1 °C	52
TABELA 5. Matriz de coeficiente de correlação entre os resultados de qualidade global e os demais atributos da análise sensorial	58

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Fluxograma de fabricação de queijo Mozarela	5
FIGURA 2. Mercado de embalagens com atmosfera modificada no Reino Unido em 1992 (% em unidades)	9
FIGURA 3. Esquema básico de um equipamento com "flow pack" horizontal	17
FIGURA 4. Esquema básico de um equipamento com câmara de vácuo	18
FIGURA 5. Esquema básico de um equipamento com "thermoform-fill-seal"	19
FIGURA 6. Equipamento utilizado no acondicionamento de queijo Mozarela em embalagens com atmosfera modificada e a vácuo.	24
FIGURA 7. Definição dos atributos para avaliação sensorial.	38
FIGURA 8. Variação do volume total de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozarela fatiado, com 100% N ₂ durante estocagem a 7± 1°C.	41
FIGURA 9. Concentração de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozarela fatiado, com 100% N ₂ , durante estocagem a 7± 1°C.	42
FIGURA 10. Conteúdo de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozarela fatiado, com 100% N ₂ , durante estocagem a 7± 1°C.	42
FIGURA 11. Variação do volume total de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozarela fatiado, com 100% CO ₂ , durante estocagem a 7± 1°C.	43
FIGURA 12. Concentração de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozarela fatiado, com 100% CO ₂ , durante estocagem a 7± 1°C.	44
FIGURA 13. Conteúdo de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozarela fatiado, com 100% CO ₂ , durante estocagem a 7± 1°C.	45
FIGURA 14. Variação do volume total de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozarela fatiado, com 50%CO ₂ /50%N ₂ , durante estocagem a 7± 1°C.	45

FIGURA 15. Concentração de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozarela fatiado, com 50%CO ₂ /50%N ₂ , durante estocagem a 7± 1°C.....	46
FIGURA 16. Conteúdo de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozarela fatiado, com 50%CO ₂ /50%N ₂ , durante estocagem a 7± 1°C.....	46
FIGURA 17. Curvas de crescimento de bactérias psicrotróficas aeróbias, em queijo Mozarela fatiado, durante estocagem a 7±1°C.....	48
FIGURA 18. Curvas de crescimento de bolores e leveduras, em queijo Mozarela fatiado, durante estocagem a 7±1°C.....	48
FIGURA 19. Evolução do índice de extensão da proteólise em queijos Mozarela fatiado, durante estocagem a 7±1°C.....	53
FIGURA 20. Avaliação de odor característico em queijo Mozarela fatiado, durante estocagem a 7±1°C.....	54
FIGURA 21. Avaliação de odor estranho em queijo Mozarela fatiado, durante estocagem a 7±1°C.....	54
FIGURA 22. Avaliação de sabor característico em queijo Mozarela fatiado, durante estocagem a 7±1°C.....	55
FIGURA 23. Avaliação de sabor estranho em queijo Mozarela fatiado, durante estocagem a 7±1°C.....	55
FIGURA 24. Avaliação da qualidade global em queijo Mozarela fatiado, durante estocagem a 7±1°C.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A

Ficha de avaliação sensorial utilizada no treinamento dos provadores. 69

ANEXO B

Ficha de avaliação sensorial utilizada no estudo de vida-de-prateleira. 71

ANEXO C

Valores médios da composição gasosa do espaço-livre de embalagens de queijo Mozarela fatiado com atmosferas de 100%N₂ ou 100%CO₂, no 1º Teste Prévio. 72

Contagens microbiológicas em queijo Mozarela fatiado, no 1º Teste Prévio. 73

ANEXO D

Valores médios da composição gasosa do espaço-livre de embalagens de queijo Mozarela fatiado com atmosferas de 100%N₂ ou 100%CO₂, no 2º Teste Prévio. 74

Contagens microbiológicas em queijo Mozarela fatiado, no 2º Teste Prévio. 75

ANEXO E

Valores médios do peso de queijo Mozarela fatiado e do volume do espaço-livre das embalagens com atmosfera de 100%N₂, durante estocagem a 7±1°C. 76

Valores médios da composição gasosa do espaço-livre de embalagens de queijo Mozarela fatiado com atmosfera de 100%N₂, durante estocagem a 7±1°C. 76

ANEXO F

Valores médios do peso de queijo Mozarela fatiado e do volume do espaço-livre das embalagens com atmosfera de 100%CO₂, durante estocagem a 7±1°C. 77

Valores médios da composição gasosa do espaço-livre de embalagens de queijo Mozarela fatiado com atmosfera de 100%CO₂, durante estocagem a 7±1°C. 77

ANEXO G

Valores médios do peso de queijo Mozarela fatiado e do volume do espaço-livre das embalagens com atmosfera de 50%CO₂/50%N₂, durante estocagem a 7±1°C 78

Valores médios da composição gasosa do espaço-livre de embalagens de queijo Mozarela fatiado com atmosfera de 50%CO₂/50%N₂, durante estocagem a 7±1°C 78

ANEXO H

Contagens de bactérias psicotróficas aeróbicas em queijo Mozarela fatiado, durante estocagem a 7±1°C 79

Contagens de bolores e leveduras em queijo Mozarela fatiado, durante estocagem a 7±1°C 80

ANEXO I

Resultados da avaliação sensorial do queijo Mozarela fatiado, durante estocagem a 7±1°C. 81

ABREVIações

AM	Atmosfera modificada
BOPP	Polipropileno biorientado
Celo	Celofane
CNTP	Condições normais de temperatura e pressão
CO ₂	Gás carbônico
°D	Graus Dornic
EVA	Copolímeros de etileno e acetato de vinila
EVOH	Copolímeros de etileno e álcool vinílico
N ₂	Nitrogênio
O ₂	Oxigênio
OPA	Poliâmida orientada
PA	Poliâmida
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PEBDL	Polietileno de baixa densidade linear
PET	Poliéster - polietileno tereftalato
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloreto de vinila
PVDC	Copolímeros de cloreto de vinilideno e cloreto de vinila
TPCO ₂	Taxa de permeabilidade ao gás carbônico
TPN ₂	Taxa de permeabilidade ao nitrogênio
TPO ₂	Taxa de permeabilidade ao oxigênio
TPVA	Taxa de permeabilidade ao vapor de água
UFC	Unidade formadora de colônia

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de sistemas de embalagem com atmosfera modificada na preservação da qualidade de queijo Mozarela fatiado. Para tanto, acompanhou-se a estabilidade do produto a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, acondicionado em uma embalagem barreira a gases, com três tipos de atmosferas modificadas ($100\%\text{N}_2$, $100\%\text{CO}_2$ e $50\%\text{CO}_2/50\%\text{N}_2$), levantando-se a vida-de-prateleira para cada atmosfera. Comparativamente, foi avaliada a vida útil do produto no sistema convencional em ar atmosférico.

Bandejas de poliestireno expandido contendo doze fatias de queijo Mozarela (cerca de 170g) foram acondicionadas em embalagens de um filme co-extrudado de copolímero de etileno e acetato de vinila/copolímero de cloreto de vinilideno e cloreto de vinila/copolímero de etileno e acetato de vinila (EVA/PVDC/EVA). As taxas de permeabilidade ao oxigênio e ao gás carbônico do material eram de 26,53 e 79,90 cm^3 (CNTP)/ m^2/dia a 1 atm, 24°C e a seco, respectivamente. No produto convencional, as bandejas foram envoltas em um filme de policloreto de vinila esticável. Nas embalagens com gás carbônico ($100\%\text{CO}_2$ e $50\%\text{CO}_2/50\%\text{N}_2$) havia inicialmente 2,5 litros de gás (CNTP)/kg queijo. Periodicamente, os produtos foram avaliados quanto à qualidade sensorial (sabor, odor e qualidade global), qualidade microbiológica e características físicas e químicas. As embalagens com atmosfera modificada foram periodicamente avaliadas quanto ao volume e à composição gasosa do espaço-livre.

Não foram verificadas alterações tanto físicas quanto químicas no queijo Mozarela fatiado, nos diversos sistemas de acondicionamento, durante os períodos estudados.

A vida-de-prateleira do produto para cada sistema de acondicionamento foi determinada com base em alterações sensoriais, tendo sido definida como limitante a classificação qualidade global moderada. A vida útil do queijo no sistema convencional em ar atmosférico foi de 13 dias e no final deste período, as contagens de psicotróficos aeróbios e de bolores e leveduras foram de 8,4 log UFC/g. Não se verificou aumento da estabilidade do produto em atmosfera de $100\%\text{N}_2$, em relação ao queijo no sistema convencional, uma vez que o período de vida útil foi de 16 dias e, nesta época, o queijo apresentava contagens de psicotróficos aeróbios e de bolores e leveduras de 7,5 e 7,3 log UFC/g, respectivamente. Contudo, constatou-se um prolongamento significativo da durabilidade do queijo Mozarela fatiado quando acondicionado sob atmosferas contendo gás carbônico, em relação ao sistema convencional, uma vez que os períodos de vida útil determinados foram de 64 dias (aumento de 392%) e 44 dias (aumento de 238%), respectivamente, para os produtos em atmosfera $100\%\text{CO}_2$ e $50\%\text{CO}_2/50\%\text{N}_2$.

Quanto à ação bacteriostática do gás carbônico, comprovou-se retardamento no desenvolvimento de bactérias psicrotróficas aeróbias e inibição do crescimento de bolores e de leveduras quando a atmosfera foi de 100%CO₂ (2,0 litros CO₂ (CNTP)/kg produto). Quando esta proporção foi de 0,8 litro CO₂ (CNTP)/kg produto (atmosfera 50%CO₂/50%N₂), houve um retardamento tanto no desenvolvimento de psicrotróficos aeróbios como no de leveduras, sendo que as contagens desses microrganismos foram, respectivamente, de 7,7 e 7,1 log UFC/g, no 43º dia de estocagem.

Com base nos resultados obtidos confirmou-se o efeito positivo do acondicionamento sob atmosfera modificada com gás carbônico na extensão da vida útil de queijo Mozzarella fatiado, sendo mais eficiente o seu efeito quanto maior for a concentração desse gás no espaço-livre.

SUMMARY

The purpose of this study was to evaluate the efficiency of packaging systems with modified atmosphere to preserve the quality of sliced mozzarella cheese. Thus the quality stability of the product at $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, packed in a gas barrier package with three kinds of modified atmosphere (100% N_2 , 100% CO_2 and 50% $\text{CO}_2/50\%\text{N}_2$), was studied. The shelf-life of each condition of atmosphere was analysed. Comparatively, the shelf-life of the same product packed in conventional air was also evaluated.

Expanded polystyrene trays with twelve slices of mozzarella cheese (about 170g) were placed in packages of coextruded film of copolymer of ethylene and vinyl acetate/copolymer of vinylidene chloride and vinyl chloride/copolymer of ethylene and vinyl acetate (EVA/PVDC/EVA). The material permeability rates to oxygen and to carbon dioxide were 26.53 and 79.90 cm^3 (STP)/ m^2/day at 1atm, 24°C and dry, respectively. For the conventional product, the trays were wrapped in stretchable polyvinyl chloride film. In the packages with carbon dioxide (100% CO_2 and 50% $\text{CO}_2/50\%\text{N}_2$), there were initially 2.5 liters of gas (STP)/kg of cheese. The products were periodically evaluated as to their organoleptic quality (flavor, odour and global quality), microbiological quality and physical and chemical characteristics. The headspace gas composition and the headspace volume of the modified atmosphere packages were periodically evaluated.

The mozzarella cheese did not present any physical or chemical alteration in any of the packaging systems during the analysed period.

The shelf-life for each packaging system was established based on organoleptic alterations and the moderate global quality was defined as the limiting classification. The shelf-life of the mozzarella cheese in the conventional air package was 13 days. At the end of this period, the counts of aerobic psychrotrophic microorganisms and of moulds and yeasts were 8.4log CFU/g. No increase in the stability of the product in the 100% N_2 atmosphere in relation to the cheese in the conventional air package was verified, considering that 16 days of analysis the cheese counts of aerobic psychrotrophic microorganisms and of moulds and yeasts were 7.5 and 7.3 log CFU/g, respectively. However, it was verified a significant shelf-life increase of sliced mozzarella cheese in atmospheres with carbon dioxide in relation to the conventional air system, as follows: 64 days (392% increase) and 45 days (246% increase) for products in 100% CO_2 and 50% $\text{CO}_2/50\%\text{N}_2$ atmosphere, respectively.

Due to the bacteriostatic action of the carbon dioxide, the development of aerobic psychrotrophics microorganisms was retarded and the growth of moulds and yeasts was inhibited in the 100% CO_2 atmosphere (2.0 liters of CO_2 (STP)/kg of the product). When the proportion was 0.8 liter of CO_2 (STP)/kg of the product (50% $\text{CO}_2/50\%\text{N}_2$ atmosphere), the development of both aerobic psychrotrophic microorganisms and moulds and yeasts was

retarded, and the counts of such microorganisms were 7.7 and 7.1 log CFU/g, respectively, after 43 days of storage.

Based on the obtained results, it was confirmed the positive effect of the packaging in modified atmosphere with carbon dioxide on the shelf-life increase of sliced mozzarella cheese. It has been proved that, the higher the concentration of carbon dioxide in the headspace, higher it's effect.

1 INTRODUÇÃO

Os consumidores modernos estão, a cada dia, se tornando mais exigentes na escolha de produtos alimentícios. Eles demandam por alimentos frescos, de alta qualidade, sem conservantes químicos, convenientes e cada vez mais inovadores. Este tipo de atitude é observada para todos os tipos de alimentos e tem impulsionado os produtores e processadores de alimentos a buscarem novas tecnologias a fim de se tornarem mais competitivos.

Na área de produtos de laticínios, a produção de queijos é um segmento de grande destaque. Entre os diferentes tipos de queijos a Mozzarella é, atualmente, o queijo em peso mais fabricado no Brasil (DATAMARK, 1994). A produção de queijo Mozzarella praticamente triplicou nos últimos 10 anos, em consequência de uma mudança nos hábitos da população, hábitos estes que impulsionaram um aumento do número de pizzarias e lanchonetes no País (FURTADO, 1990a).

Uma tendência desse mercado que visa atender os anseios de conveniência dos consumidores é a venda do produto fatiado nos supermercados e padarias.

O fatiamento do queijo Mozzarella requer um manuseio grande e constante nos pontos de venda, devido à rápida deterioração do produto (vida útil curta). Por ser um produto de alto conteúdo de umidade e sabor suave, precisa ser protegido contra a desidratação, o desenvolvimento microbiológico e as alterações de sabor e aroma, devido à absorção de odores do ambiente de estocagem. Outro fator de perda de qualidade do queijo, quando fatiado, é a adesão entre as fatias após o acondicionamento, o que dificulta a utilização do produto pelo consumidor.

A deterioração da qualidade desse produto pode ser retardada, controlando-se os principais fatores que causam essas reações de perda de qualidade. Esse controle pode ser exercido por um sistema de embalagem otimizado para a preservação do produto (ALVES *et alii*, 1994).

O problema de desidratação superficial do queijo Mozzarella fatiado, estocado sob refrigeração, pode ser solucionado com a utilização de embalagens plásticas que apresentam baixa taxa de permeabilidade ao vapor d'água. A absorção de odores estranhos do ambiente de estocagem é evitada com embalagens barreira a vapores orgânicos ou controlando-se as condições de estocagem. A deterioração microbiológica pode ser retardada pela exclusão do oxigênio (O_2) e/ou pela presença de gás carbônico (CO_2) no espaço-livre da embalagem. A ausência do oxigênio restringe o crescimento de bolores, alguns tipos de leveduras e bactérias aeróbicas. O gás carbônico atua de maneira diferenciada; ele é um gás ativo que age principalmente sobre microrganismos aeróbios, retardando seu crescimento mesmo na presença do oxigênio.

A embalagem a vácuo é uma boa opção para a preservação de queijos, pois em seu interior a quantidade de oxigênio é bastante diminuída. Não é, contudo, muito apropriada para o acondicionamento da Mozzarella fatiada, pois provoca a adesão entre as fatias, devido à pressão causada pelo vácuo. Por outro lado, um sistema de embalagem onde é feita uma modificação da atmosfera ao redor do produto se apresenta com grande potencial, pois retarda a deterioração microbiológica sem compactar as fatias (SMITH *et alii*, 1990; FARBER, 1991; SUBRAMANIAM, 1993). Outra desvantagem da embalagem a vácuo é a dificuldade na abertura, ou seja, ela não é considerada uma embalagem "user-friendly" (SUBRAMANIAM, 1993).

A tecnologia de acondicionamento de produtos em embalagens com atmosfera modificada é uma técnica de preservação de alimentos, onde a composição da atmosfera ao redor do produto é diferente da composição normal do ar atmosférico (78,08% de nitrogênio, 20,96% de oxigênio, 0,03% de gás carbônico, uma quantidade variável de vapor de água e traços de gases inertes) (DAY, 1992).

A utilização dessa tecnologia tem aumentado nos últimos anos impulsionada pelas exigências de alimentos frescos e sem conservantes comentadas anteriormente.

Entre as diversas vantagens de aplicação dessa tecnologia, inumeradas por vários autores (SARANTÓPOULOS & SOLER, 1988; SMITH *et alii*, 1990; FARBER, 1991; DAY, 1992; MAPAX..., s.d.), as que principalmente se aplicam para queijo Mozzarella fatiado são:

- aumento de vida útil do produto, que redundará em economia de produção, estocagem e distribuição;
- possibilidade de comercialização de um produto com alta qualidade, com maior conservação de frescor;
- redução de perdas na distribuição;
- excelente opção para comercialização de Mozzarella fatiada com marca comercial;
- maiores oportunidades para o desenvolvimento e diferenciação do produto;
- opção para implantação de centrais de acondicionamento, com linhas automáticas para grandes volumes de produção;
- possibilidade de redução de custos, pois a produção e a distribuição são mais racionais e eficientes.

Mas, esses mesmos autores também comentam que esta tecnologia de acondicionamento apresenta desvantagens tais como:

- custo de equipamentos de acondicionamento e de controles, embalagens e gases;
- necessidade de um controle de qualidade tanto da matéria-prima como do processo de acondicionamento para se assegurar que a mistura de gases que está sendo usada é correta e o fechamento da embalagem está hermético;
- necessidade de um controle de temperatura durante o acondicionamento, distribuição, estocagem e vendas.

Para que a maioria das vantagens apontadas sejam atingidas e as desvantagens superadas, a tecnologia de acondicionamento em embalagem com atmosfera modificada depende da otimização do sistema que envolve parâmetros-chaves como: qualidade inicial do produto, especificidade da mistura gasosa, eficiência do equipamento de acondicionamento, propriedades da embalagem e controle da temperatura. A otimização do sistema é específica para cada produto, a fim de se obter um aumento de vida-de-prateleira significativo e confiável.

Assim, o objetivo desse trabalho de tese de mestrado foi avaliar a eficiência de sistemas de embalagem com atmosfera modificada na preservação da qualidade de queijo Mozarela fatiado. Para tanto, otimizou-se o acondicionamento de queijo Mozarela fatiado com atmosfera modificada em uma embalagem plástica flexível alta barreira a gases e acompanhou-se a estabilidade do produto a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, levantando-se a vida útil do produto, nessa embalagem, com três tipos de atmosferas modificadas, a saber, 100%CO₂, 100%N₂ e 50%CO₂/50%N₂. Comparativamente foi avaliada a vida útil do produto no sistema convencional de acondicionamento em ar atmosférico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Queijo Mozzarella

2.1.1 Introdução

O queijo Mozzarella é o mais fabricado no Brasil, sendo que sua produção em 1994 foi estimada em 132 mil toneladas, representando cerca de 40% da produção total de queijos do País (DATAMARK, 1994).

De origem italiana, a Mozzarella é um queijo classificado como de massa filada e de consistência semidura. Apresenta uma massa esbranquiçada, firme, compacta e de sabor ligeiramente ácido. Quando é fabricado para uso em pizzas e sanduíches, seu formato é sempre retangular.

No Brasil, a tecnologia de fabricação é muito diversificada, o que faz com que os queijos apresentem variações na sua composição. Mas, de maneira geral, uma composição físico-química média é um teor de 43 a 46% de umidade, 22 a 24% de gordura, pH de 5,1 a 5,3, proteína de 22 a 25% e um teor de sal entre 1,6 e 1,8% (FURTADO, 1990a; FURTADO & LOURENÇO NETO, 1994).

Geralmente existe uma diferenciação se a Mozzarella é para consumo direto ou para uso culinário como na confecção de pizzas e sanduíches. A Mozzarella para pizza, como é mais conhecida, caracteriza-se por um teor mais baixo de umidade e um teor de gordura mais elevado, o que facilita o fatiamento e aumenta o período de conservação (FURTADO, 1990a).

2.1.2 Tecnologia de fabricação

Basicamente, a fabricação de queijo Mozzarella segue o fluxograma apresentado na Figura 1.

Segundo FURTADO & LOURENÇO NETO (1994), para a fabricação de queijo Mozzarella utiliza-se queijo pasteurizado com 3,0 a 3,2% de gordura. Adiciona-se fermento láctico termófilo à base de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* com acidez de 100°D a 110°D na proporção de 0,5 a 1,5% quando a Mozzarella é para pizza. Também é aconselhável o uso de cloreto de cálcio (40ml de uma solução de 50% para cada 100 litros). A adição de fermento láctico promove a coagulação da proteína e a separação do soro devido à acidificação, ao mesmo tempo que destrói, retarda, ou inibe o crescimento de microrganismos patogênicos, selecionando uma flora específica para o desenvolvimento de sabor e aroma de cada tipo de queijo (OLSON & MOCQUOT, 1980).

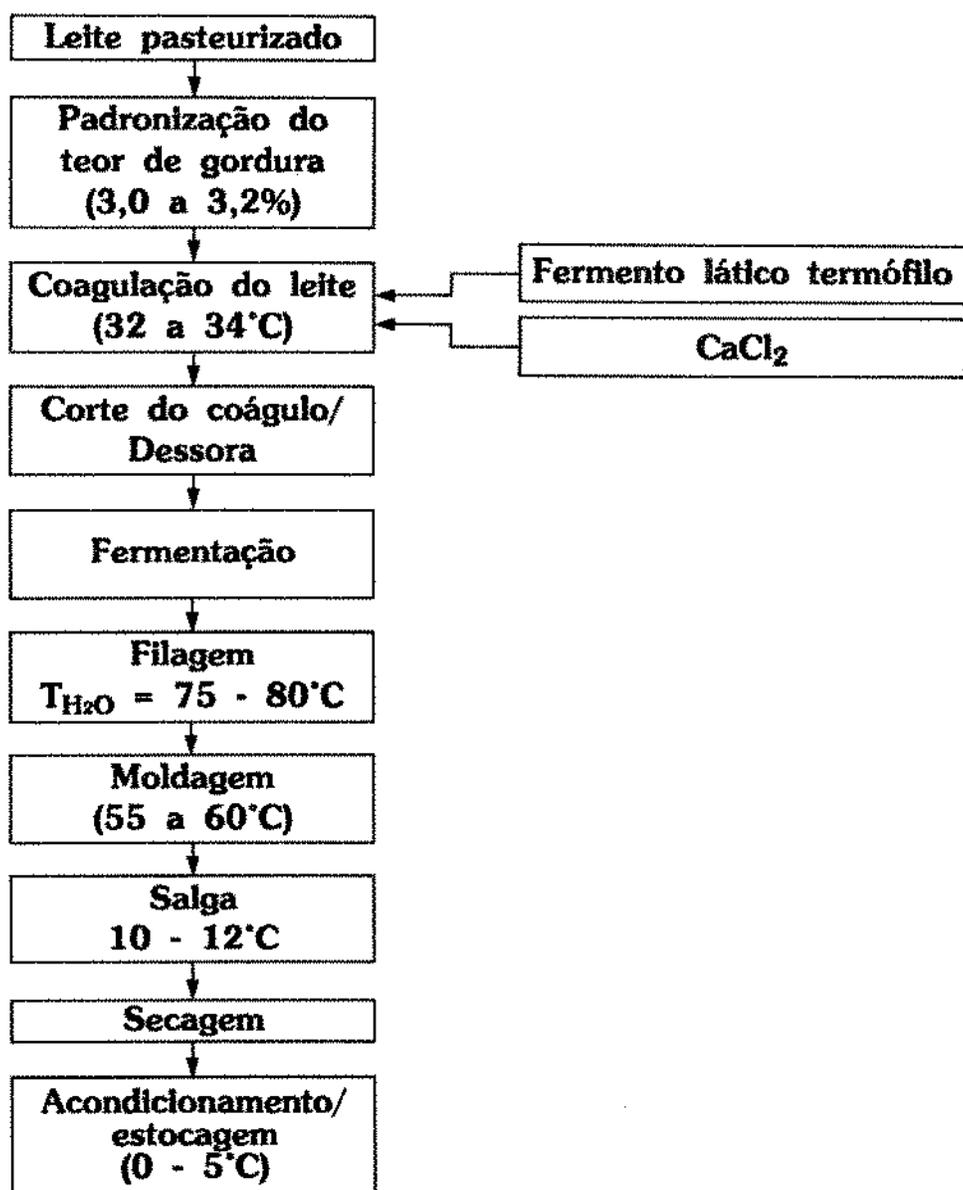


FIGURA 1. Fluxograma de fabricação de queijo Mozzarella (FURTADO & LOURENÇO NETO, 1994).

A coagulação se dá a 32-34°C por cerca de 30 a 40 minutos. O corte é feito de forma a obter cubos com 1,5cm de aresta. Após o corte, agita-se lentamente por 20 a 30 minutos. Após este período, inicia-se o aquecimento indireto (aumento 1°C por minuto) até a temperatura de 41 a 42°C e continua-se a agitação até a obtenção do "ponto", quando a acidez do soro é cerca de 1^oD a 2^oD superior à determinada no corte. Geralmente, o tempo para a obtenção do "ponto" é cerca de 40 a 50 minutos após o corte. O soro é eliminado concentrando-se a massa em uma das extremidades do tanque.

Em seguida, inicia-se a etapa de fermentação que, segundo FURTADO (1990a), é o estágio crítico da fabricação dos queijos de massa filada. Nesta etapa, corta-se a massa em grandes fatias ou blocos de 30 a 40cm de aresta e vira-se de 30 em 30 minutos até o ponto que se aquecendo a massa em água quente, esta apresenta excelente plasticidade e é capaz de esticar-se e fundir-se novamente com outras partes de massa quente. Geralmente quando a etapa de fermentação termina, inicia-se a filagem com pH da massa na faixa de 5,0 a 5,1.

A filagem, geralmente mecânica, é feita com a imersão da massa picada em água a 75° - 80°C, e agitando até que a massa começa a fundir e esticar de maneira uniforme, apresentando-se lisa e com certo brilho. Após a filagem, molda-se a massa a uma temperatura de 55 a 60°C.

Após a moldagem, os queijos são imersos em água gelada (10°C) por aproximadamente 1 a 2 horas, para adquirir maior firmeza e remover a gordura superficial. Em seguida, os queijos são levados à salga em salmoura de 20% de concentração e temperatura de 10 a 12°C. O tempo de salga depende do formato e peso de queijo mas, geralmente, um queijo retangular de 2,5 a 3,5kg permanece 24 horas na salmoura.

Procede-se, então, à secagem em câmara com boa ventilação por cerca de 24 horas e em seguida, os queijos são embalados e estocados em câmara de 0 a 5°C até a comercialização.

Os tipos de embalagens mais utilizadas no Brasil para queijo Mozzarella em peça são filmes plásticos co-extrusados, termoecolhíveis, com estruturas tipo EVA/EVA/PVDC/EVA ou PA/PEBD. O fechamento das embalagens é feito após a retirada do oxigênio do espaço-livre por aplicação de vácuo. Após o fechamento, o produto embalado é mergulhado num banho (85° a 95°C, 1 a 2 seg.) ou passa por um túnel com jatos de água quente para que ocorra o encolhimento do material de embalagem sobre a superfície do produto, o que auxilia na resistência mecânica da embalagem, melhoria do aspecto e redução do espaço-livre (ALVES *et alii*, 1994).

2.1.3. Alterações durante o acondicionamento, distribuição e estocagem

Segundo ALVES *et alii* (1994) o queijo Mozzarella precisa ser protegido para evitar a desidratação, alterações de sabor/aroma e o desenvolvimento de microrganismos aeróbios na superfície.

Desidratação

A perda de umidade através da evaporação de água, particularmente da superfície dos queijos, deve ser evitada, uma vez que causa alteração na textura característica do produto, perda de peso e compromete a aparência.

Alterações de sabor/aroma

Alterações em queijos de sabor/aroma suaves, como é a Mozzarella, podem ocorrer devido à absorção de sabores estranhos do ambiente de estocagem e à migração de componentes do material de embalagem.

Também pode ocorrer, como em todos os tipos de queijo, a perda do aroma característico.

Desenvolvimento de microrganismos

OLSON & MACQUOT (1980) consideram que diversos fatores contribuem para a conservação microbiológica de queijos em geral. O baixo pH (geralmente menor que 5,3) previne ou reduz o crescimento da maioria das bactérias. Teores de sal de 1,5 a 5,0% reduzem a atividade de água, porque o sal se dissolve na fase aquosa. A baixa temperatura de estocagem e o baixo potencial de óxido-redução também restringem o crescimento microbiano. Esses autores também citam que problemas de intoxicação alimentar devido à injeção de queijos não são comuns, e quando ocorrem, geralmente se devem à pasteurização inadequada do leite utilizado como matéria-prima. Quando se observam alterações sensoriais, como o desenvolvimento de sabor/odor pútrido, de levedura, de fermentado e de ranço, geralmente é devido ao desenvolvimento de fungos, leveduras ou de microrganismos anaeróbicos formadores de esporos.

FURTADO (1990b), considera rotineiro o desenvolvimento de fungos na superfície dos queijos, o que não é desejável exceto para alguns tipos de queijos como Camembert, Gorgonzola e Roquefort. Normalmente acredita-se que os fungos que se desenvolvem em queijos não são patogênicos, sendo que os gêneros mais comuns são: *Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Monillia* e *Geotrichum*. Esses fungos requerem oxigênio para se desenvolver, podendo crescer tanto em pH baixo como em alto e numa ampla faixa de temperatura. Esse mesmo autor coloca que, uma vez adequadamente embalado, esse problema nos queijos é solucionado.

Quando o queijo Mozzarella é fatiado, todos esses problemas se agravam devido ao maior manuseio e exposição de maior área superficial. A esses fatores soma-se a necessidade de não compactação das fatias, para minimizar a adesão indesejável das mesmas.

2.2 Tecnologia de acondicionamento com atmosfera modificada

2.2.1 Histórico

Os primeiros experimentos de acondicionamento de alimentos em embalagens com atmosfera modificada datam de 1883, com o uso de dióxido de carbono (CO₂) e monóxido de carbono (CO) em embalagens de carne fresca (CAKEBREAD, 1993).

Comercialmente, o processo não foi utilizado até os anos de 1920 - 1930 quando deu-se início ao uso de embalagens de carcaças bovinas e de cordeiros com gás carbônico (CO₂) durante o transporte refrigerado da Austrália e Nova Zelândia para a Inglaterra. Durante os anos de 1940 e 1950 foram construídos armazéns para estocagem de maçãs frescas com atmosfera controlada, obtendo um prolongamento efetivo da vida útil da fruta. A partir de então, aplicações comerciais de gases na preservação de alimentos ficaram restritas à estocagem com atmosfera controlada e em embalagens de transporte contendo carnes e frutas (DAY, 1992).

Embalagens de varejo, com atmosfera modificada para carnes, começaram em 1974 na França, mas o grande sucesso de "marketing" aconteceu na Inglaterra, em 1981, quando uma empresa local decidiu utilizar essa tecnologia para carne vermelha fresca e obteve sucesso nas vendas devido à excelente apresentação do produto.

Durante os anos de 1990 a 1993, houve uma considerável diversificação de produtos em embalagens com atmosfera modificada, tanto no Reino Unido como na França, que representaram, respectivamente, cerca de 49% e 26% do mercado de atmosfera modificada em unidades produzidas na Europa durante o ano de 1992 (CAKEBREAD, 1993).

Em 1992, o mercado de embalagens com AM no Reino Unido estava dividido, conforme ilustrado na Figura 2. No Reino Unido era esperado ainda um grande crescimento do uso dessa tecnologia entre 1993 e 1995 (MAPAX..., s.d.).

Na França essa tecnologia está sendo utilizada para pães, aves, pizzas e carnes cozidas, mas o maior crescimento tem sido observado para vegetais e saladas preparadas. Outra área de recentes desenvolvimentos é a de sobremesas lácteas (CAKEBREAD, 1993).

Nos EUA o uso dessa tecnologia é recente, mas é esperado que o mercado americano ultrapasse o mercado Europeu quando esta tecnologia for mais explorada (MAPAX..., s.d). LIOUTAS (1988) discute muitos fatores que contribuíram para este atraso no uso de tecnologia de AM nos EUA, em relação à Europa. Entre eles, os mais importantes são: a grande extensão geográfica e o grande raio de distribuição de produtos nos EUA, o que faz com que seja necessário um maior período de vida útil para a tecnologia ter chance de utilização; diferentes forças motrizes que impulsionam a busca por novas tecnologias (na

Europa é o varejo e nos EUA são os fabricantes de embalagem e os consumidores), e também diferenças nos costumes, pois os europeus fazem compras mais frequentemente e têm uma maior preferência por produtos frescos.

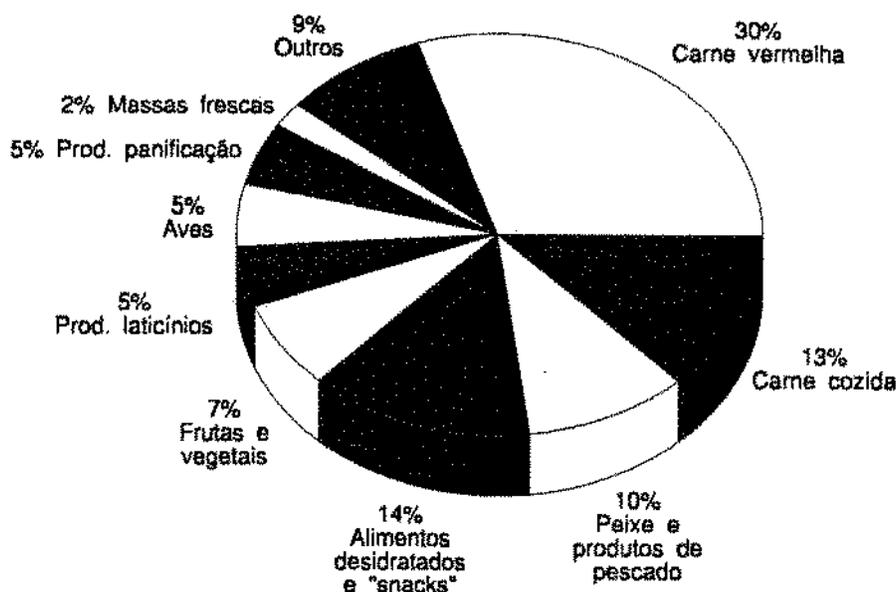


FIGURA 2. Mercado de embalagens com atmosfera modificada no Reino Unido em 1992 (% em unidades) (CAKEBREAD, 1993).

Segundo FARBER (1991), exemplos de alimentos que estão sendo comercializados em embalagens com atmosfera modificada na América do Norte são: carnes vermelhas frescas, carnes cozidas, aves (carcaça inteira e partes), ovos cozidos e sem casca, queijos, peixes (só no Canadá), saladas preparadas (embalagem institucional), massas e vários tipos de sanduíches.

No Brasil o mercado de embalagens com atmosfera modificada é pouco expressivo. Em embalagens de varejo se restringe a aplicações para massas frescas, queijos com oleaduras em frações (pedaços), pizzas semiprontas e frios fatiados (ALVES *et alli*, 1994; PINHO, 1995). O mercado institucional é restrito ao acondicionamento de cortes de aves e folhosos (alface).

2.2.2 Parâmetros críticos

Para que ocorra um aumento efetivo da vida útil do produto, em condições seguras, a aplicação da tecnologia de acondicionamento em embalagens com atmosfera modificada depende da otimização do sistema, que está associado a cinco parâmetros críticos (HOTCHKISS, 1988; LIOUTAS, 1988; SARANTÓPOULOS & SOLER, 1988; DAY, 1992;):

- natureza e qualidade inicial do produto;
- especificidade da mistura gasosa em relação ao produto;
- controle da temperatura;
- propriedades da embalagem;
- eficiência do equipamento de acondicionamento.

Natureza e qualidade inicial do produto

Em relação ao produto, os principais fatores que devem ser considerados no acondicionamento com AM são: o pH, a atividade de água, a carga microbiana inicial (número, idade e tipo de microrganismos patogênicos e deterioradores) e a qualidade organoléptica.

A qualidade inicial do produto, em termos microbiológicos e organolépticos, deve ser imprescindivelmente boa, pois as atmosferas modificadas não melhoram a qualidade inicial, apenas a mantêm por períodos mais prolongados. Se a contaminação microbiológica inicial for alta, a ação do gás carbônico é menor, podendo até ser completamente ineficaz. Desta forma, é muito importante as boas práticas sanitárias durante a fabricação ou manuseio do produto (DAY, 1992).

MOIR *et alii* (1993) comprovaram que a ação de CO₂ foi mais efetiva na inibição do desenvolvimento de pseudomonas em queijo Cottage com contagens iniciais de 10¹ do que com 10³UFC/g.

SMITH *et alii* (1990) evidenciam que a idade da população microbiana também influencia o efeito inibidor do CO₂. Se uma bactéria estiver na fase de crescimento exponencial (fase log) e não na fase de adaptação (fase lag) o efeito do CO₂ é menor.

Especificidade da mistura gasosa

A mistura gasosa usada em embalagens com atmosfera modificada é escolhida de forma a atender as necessidades específicas de cada produto (DAY, 1992). Para queijos, os gases mais comumente utilizados são: o gás carbônico (CO₂) e o nitrogênio (N₂), combinados ou não.

O CO₂ apresenta propriedades bacteriostáticas e fungistáticas e retarda o crescimento de muitos tipos de fungos e bactérias. Segundo DANIELS *et alii* (1985), muitos estudos têm demonstrado que a ação do CO₂ é mais efetiva quando a flora deterioradora do alimento é predominante gram-negativa, aeróbica e de bactérias psicrotróficas. O efeito global do CO₂ é o prolongamento da fase de adaptação e o aumento do tempo de geração de microrganismos (DANIELS *et alii*, 1985; DAY 1992).

Muitas pesquisas foram feitas tentando elucidar o mecanismo de ação do CO₂ sobre a célula microbiana e, recentemente, os resultados têm demonstrado que o CO₂ apresenta um efeito negativo em vários passos enzimáticos e bioquímicos que ocorrem dentro das células dos microrganismos (DANIELS *et alii*, 1985; DAY, 1992). FARBER (1991) resumiu as teorias em:

- alteração nas funções da membrana das células, incluindo efeitos na captura e absorção de nutrientes;
- inibição direta de enzimas ou diminuição da taxa das reações enzimáticas;
- penetração na membrana da bactéria e alteração do pH intracelular;
- alterações diretas nas propriedades físico-químicas das proteínas.

A efetividade do CO₂ geralmente aumenta linearmente com o aumento da concentração na faixa de 20 a 60%, enquanto o aumento do efeito é menor em concentrações acima de 50-60% (SMITH *et alii*, 1990). Entretanto, o CO₂ não retarda o crescimento de todos os tipos de microrganismos. Por exemplo, existe um acréscimo de bactérias lácteas na presença de CO₂ e baixos níveis de O₂, porque esta é uma condição ideal de desenvolvimento deste tipo de bactéria que é microaerófila. O CO₂ também é menos efetivo para inibir leveduras (DAY, 1992).

Concentrações de CO₂ menores que 20% tendem a não inibir o crescimento microbiano satisfatoriamente, a 40% pode ocorrer o colapso da embalagem, dando um aspecto de vácuo, porque o CO₂ se dissolve na gordura dos alimentos (BERNE, 1994) e também permeia o material de embalagem mais rapidamente que o O₂ e o N₂.

Em adição, produtos de laticínios podem apresentar alterações de sabor/odor em atmosferas com alto teor de CO₂. Segundo MAPAX (s.d), produtos de laticínios com alto teor de creme de leite tendem a se tornar azedos, ácidos ou talhados. Essas alterações foram observadas em acondicionamento de queijo tipo Cottage (SCOTT & SMITH, 1971; KOSIKOWSKI & BROWN, 1973). Segundo MOIR *et alii* (1993), para queijo Cottage é necessário limitar a concentração de CO₂ no espaço-livre das embalagens em 40% (v/v), com balanço de N₂, para se evitar alterações organolépticas indesejáveis no produto.

O N₂ é um gás quimicamente inerte e devido à sua baixa solubilidade e menor permeabilidade através da embalagem em relação ao CO₂, é usado como gás de enchimento, evitando o colapso da embalagem, quando o CO₂ se dissolve no produto ou permeia o material de embalagem. O N₂, quando substitui completamente o oxigênio (O₂), evita o crescimento de microrganismos aeróbios e as reações de oxidação (DAY, 1992). Também é importante para diluir o oxigênio residual na embalagem.

O uso de oxigênio não é recomendado para queijos e sim para alguns tipos de

alimentos mais susceptíveis ao desenvolvimento de microrganismos anaeróbicos patogênicos como peixe, em frutas e vegetais, para manter a respiração aeróbica e na manutenção da cor vermelha de carne fresca (DAY, 1992).

Não existe um consenso sobre as proporções de utilização de CO₂ e N₂ em embalagens com atmosfera modificada para queijos. Alguns autores sugerem para queijos em geral, estocados sob refrigeração (0 a 5°C), misturas como: 10-40% CO₂ e 90-60% N₂ (GUISE, 1994; LOUIS, 1994) ou 60-100% CO₂ e 40-0% N₂ (SMITH *et alii*, 1990; BERNE, 1994; EMPAQUES de ..., 1993). A utilização de N₂ puro é recomendada por LIOUTAS (1988).

Outros autores sugerem misturas por classes de queijos, como na publicação MAPAX (s.d) que apresenta: 80-100% CO₂ e 20-0% N₂ para queijos duros; 80-90% CO₂ e 20-10% N₂ para queijos duros fatiados e 20-40% CO₂ e 60-80% N₂ para queijos macios.

Recomendações mais específicas por tipos de queijos são feitas por FIERHELLER (1991) e WOODS (1992) que indicam para queijos em fatias (Mozarela, Suíço) a mistura gasosa de 30% CO₂ e 70% N₂ e 100% N₂, respectivamente. Segundo FARBER (1991) e SUBRAMANIAM (1993), queijos ralados e fatiados do comércio usam a composição 30% CO₂ e 70% N₂, e queijos duros como o Cheddar são comumente embalados em 100% CO₂. LOUIS (1986) comenta que um queijo Camembert do mercado europeu utiliza a mistura 35% CO₂ e 65% N₂.

Em relação a queijos maturados por fungos (Camembert, Gorgonzola, etc.) alguns autores alertam que o uso de embalagem com atmosfera modificada pode ser problemático quando se deseja que a maturação do queijo continue após o acondicionamento nas embalagens (DAY, 1992 ; SUBRAMANIAM, 1993).

Também existem recomendações para queijos duros e macios por tipo de mercado (tamanho da embalagem) como: 10-40% CO₂ e 90-60% N₂ para embalagens de varejo e 30-100% CO₂ e 70-0% N₂ para embalagens institucionais ou de transporte ("bulk") (DAY, 1992).

Além da combinação de gases, também é importante a quantidade de mistura gasosa dentro da embalagem, ou seja, a relação entre o volume do espaço-livre da embalagem e a quantidade de produto. Geralmente recomenda-se a relação volume de gas/volume de produto na faixa de 3:1 a 1:1 (DAY, 1992).

Controle da temperatura

A aplicação da tecnologia de embalagens com atmosfera modificada não substitui a necessidade de refrigeração, durante o preparo, distribuição e comercialização do produto (HOTCHKISS, 1988; DAY, 1992).

A redução da temperatura, além de retardar o desenvolvimento microbiológico, favorece a ação inibidora do gás carbônico na deterioração do produto, porque aumenta a solubilidade do gás no alimento.

Além de interferir na vida útil, o controle da temperatura é um fator de segurança para muitos alimentos, onde existe o risco de desenvolvimento de microrganismos patogênicos, como o *Clostridium* (DAY, 1992). Geralmente, recomendam-se temperaturas na faixa de 0-3°C (LIOUTAS, 1988; DAY, 1992; EMPAQUES de..., 1992,) ou 4 a 6°C (MAPAX, s.d) para produtos de laticínios acondicionados em embalagens com atmosfera modificada.

Propriedades da embalagem

DAY (1992) inumerou várias características que devem ser consideradas na escolha do tipo de embalagem, para acondicionamento de alimentos com atmosfera modificada. Entre elas, as que mais se aplicam para queijos são:

a) Permeabilidade aos gases

A embalagem deve ser barreira aos gases para manter a atmosfera modificada ao redor do produto e impedir a entrada de O₂ do exterior para o interior da embalagem.

A taxa de permeabilidade aos gases da embalagem e o volume do espaço-livre são fatores associados à quantidade do gás necessária para inibição microbiana. Quanto menor a taxa de permeabilidade e maior volume do espaço-livre da embalagem, maior poderá ser a vida útil do produto (SARANTÓPOULOS & SOLER, 1988). O material de embalagem deve ser barreira ao O₂ e também ao CO₂ que, normalmente, está presente em concentrações bem acima da atmosférica (0,03%). Geralmente, as taxas de permeabilidade CO₂/O₂ e O₂/N₂ apresentam relações médias de 3 a 5. Recomendam-se materiais de embalagens com taxa de permeabilidade ao oxigênio menor que 50cm³/m²/dia/atm para acondicionamento com atmosfera modificada (DAY, 1992).

b) Permeabilidade ao vapor de água

A embalagem também deve ser barreira ao vapor de água, para impedir a perda de umidade dos queijos, o que provocaria alteração na textura, perda de peso e comprometeria a aparência, conforme exposto no item 2.1.3.

DAMSKE (1990) recomenda uma taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) para embalagens de queijos com atmosfera modificada de 0,5g água/100pol²/dia (7,8g água/m²/dia), mas não especifica as condições do teste em termos de temperatura e umidade relativa. ALVES *et alii* (1994) apresentam que a embalagem hoje utilizada para queijo

Mozarela em peça, no Brasil, tem uma TPVA na faixa de 12 a 30g água/m²/dia a 38°C/90%UR. Essa faixa de permeabilidade ao vapor de água também é uma boa referência, uma vez que o desempenho destas embalagens têm sido satisfatório para impedir a desidratação do queijo Mozarela em peça.

c) Integridade do fechamento

É essencial que a termossoldagem seja hermética, de modo a manter a atmosfera gaseosa desejada ao redor do produto.

d) Propriedades mecânicas

Materiais utilizados em embalagens com atmosfera modificada devem apresentar resistência à perfuração, para assegurar a integridade durante o manuseio, transporte e comercialização do produto. Caso a embalagem seja rígida (por exemplo, uma bandeja) os cantos devem ser arredondados, para impedir danos na embalagem e conseqüente perda do gás.

e) Outras características

Algumas outras características podem ser consideradas como: transparência e características "anti-fog" (permitir que o frescor do produto seja visível para o consumidor), barreira aos vapores orgânicos e livre de odores estranhos (para impedir alterações organolépticas no produto), ser ou não encolhível e apresentar custo compatível com o do produto.

As embalagens sugeridas e usadas comercialmente para queijos em embalagens com atmosfera modificada podem ser divididas em: filmes flexíveis usados na confecção de sacos de embalagens de varejo ("pillow pack") e tampas de embalagens plásticas rígidas; fundos de embalagens plásticas rígidas e sacos para acondicionar grandes porções (embalagens institucionais ou de transporte).

Os filmes para embalagens flexíveis e as tampas apresentam estruturas como:

- PET-PVDC/PEBD (MAPAX, s.d.; DAMSKE, 1990; DAY, 1992; FIRST MAP..., 1993);
- Celo - PVDC/PEBD ou EVA (DAMSKE, 1990);
- BOPP-PVDC/PEBD ou EVA (DAMSKE, 1990; DAY, 1992);

- OPA-PVDC/PEBD ou EVA (DAMSKE, 1990);
- PA-PVDC/PEBD (SMITH *et alii*, 1990; DAY, 1992);
- PA/PEBD (SMITH *et alii*, 1990)
- OPA/ionômero (LOUIS, 1989);
- PA/EVOH/PEBD (SMITH *et alii*, 1990);
- PET-PVDC/PA/PEBD (LOUIS, 1986);
- PET ou BOPP - metalização/PEBD (DAY, 1992)
- e acrílico - BOPP - PVDC (WOODS, 1992).

As chapas para fundo de embalagens rígidas são compostas por estruturas como:

- PVC/PEBD (DAY, 1992; MAPAX, s.d.);
- PP/EVOH/PP (LOUIS, 1986);
- PS/EVOH/PEBD (DAY, 1992; APPLICATIONS for..., s.d).

E as estruturas dos sacos para embalagens de transporte ou para o mercado institucional são:

- PA/PEBD; PA/EVOH/PEBD (DAY, 1992);
- OPA/PEBDL e PA/EVOH/PEBDL (JENKINS & HARRINGTON, 1991).

O revestimento de PVDC, a aplicação de metalização e o uso de resinas como EVOH, PA, OPA são os responsáveis pela barreira aos gases das estruturas. A barreira à umidade é obtida pelos filmes de PEBD, pelo revestimento com PVDC e metalização (GARCIA *et alii*, 1989). O PEBD também é responsável pela termoselabilidade. O PET, o BOPP e o Celo fornecem às estruturas resistência mecânica, brilho e são um ótimo substrato para impressão.

Outra sugestão de material selante para os sacos de grandes volumes é o uso do PEBDL, que confere termosoldagens com melhor resistência à tração (ALVES, 1992).

Nas embalagens rígidas o PVC, PP e PS são os responsáveis pela rigidez, sendo que o PVC e o PS apresentam maior facilidade de termoformação. As estruturas PS/EVOH/PEBD e a PP/EVOH/PP não são transparentes como a de PVC/PEBD, sendo freqüente seu uso com pigmentação.

Eficiência do equipamento de acondicionamento

O último item determinante do sucesso da tecnologia é a eficiência da máquina de acondicionamento. Sua operação deve ser otimizada em termos de nível de evacuação, nível de injeção de mistura gasosa e parâmetros de termossoldagem, a fim de se obter uma modificação eficiente da atmosfera no interior da embalagem e soldagens herméticas que não permitam trocas gasosas.

Para produtos de laticínios, são duas as técnicas mais utilizadas para modificar a atmosfera no interior de uma embalagem (SARANTÓPOULOS & SOLER, 1988; FIERHELLER, 1991; DAY, 1992; GUISE, 1993/1994; MAPAX, s.d.):

a) Sistema de fluxo de gás ("gas flushing")

Nesta técnica o ar dentro da embalagem é substituído por um fluxo contínuo da mistura gasosa desejada, que dilui o ar ao redor do produto, antes da embalagem ser termossoldada. A grande vantagem dessa técnica é a velocidade dos equipamentos como os que formam sacos, enchem e fecham na horizontal. Por outro lado, a desvantagem é o limite de eficiência, pois o teor de O₂ residual típico, logo após o acondicionamento, é de 2 a 5%.

Equipamentos que formam sacos, enchem e fecham na horizontal ("horizontal flow-pack")

Esses equipamentos formam embalagens tipo sacos ("pillow-pack") partindo de uma bobina do material de embalagem. O produto, por exemplo, queijo fatiado disposto em bandejas, é alimentado dentro de um tubo formado na horizontal com a termossoldagem longitudinal do material de embalagem (Figura 3). O tubo é posteriormente termossoldado na transversal e cortado nas laterais da embalagem. A modificação da atmosfera é feita por um fluxo de gás no tubo de filme formado após a soldagem longitudinal e antes da soldagem transversal. Esse tipo de equipamento é versátil, de alto custo e de média a alta produtividade (40 a 150 embalagens/minuto) (DAMSKE, 1990). Os principais fabricantes internacionais deste tipo de equipamento são: Ilapak, Hayssen e Rose Forgrove (GUISE, 1993/1994).

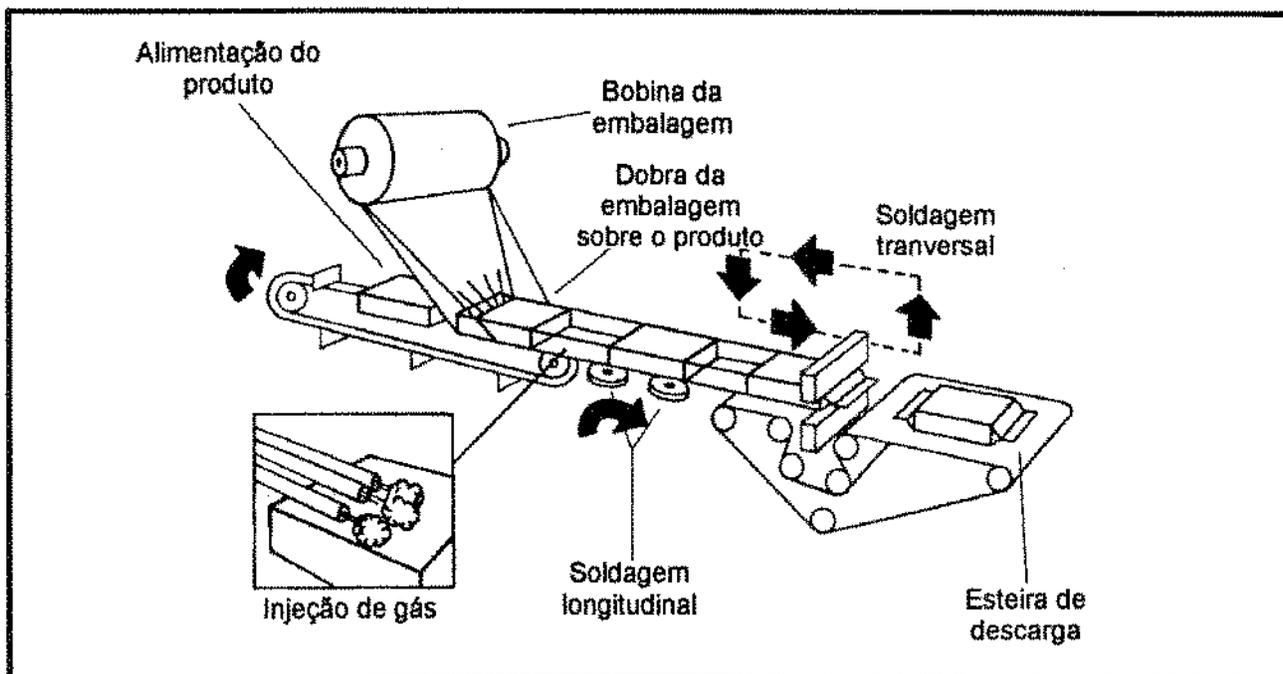


FIGURA 3. Esquema básico de um equipamento "flow-pack" horizontal.

b) Sistema de vácuo compensado

Nesta técnica o ar é extraído do interior da embalagem por um processo de vácuo e em seguida a pressão é reconstituída com a injeção da mistura gasosa desejada. Como o processo envolve duas etapas, a velocidade dos equipamentos que utilizam esta técnica é menor que os de fluxo de gás. Entretanto, como o ar é totalmente removido, a eficiência deste processo quanto ao teor residual de O_2 é melhor (teor de O_2 menor que 1% logo após o acondicionamento). Equipamentos com sistema de vácuo compensado que podem ser utilizados para queijos fatiado são: as câmaras de vácuo e os que termoformam as bandejas ou usam bandejas pré-formadas, enchem e fecham.

Equipamentos com câmaras de vácuo

Esses equipamentos usam sacos com ou sem bandejas pré-formadas os quais acondicionam o produto. Um esquema básico é apresentado na Figura 4. As embalagens são dispostas manualmente no interior da câmara, inserindo-se o bico de injeção no interior da embalagem. O ar de toda a câmara, inclusive o de dentro da embalagem, é extraído por vácuo e a mistura gasosa é injetada equalizando a pressão no interior da embalagem. As embalagens são fechadas por um sistema de termossoldagem por impulso elétrico. Esse tipo de equipamento é versátil, de baixo custo e de baixa produtividade (1 a 16 embalagens/minuto). No Brasil, este tipo de equipamento é fabricado pela Selovac. No exterior são inúmeros os fabricantes e entre eles pode-se citar a Multivac, Supervac, Tripovac, etc.

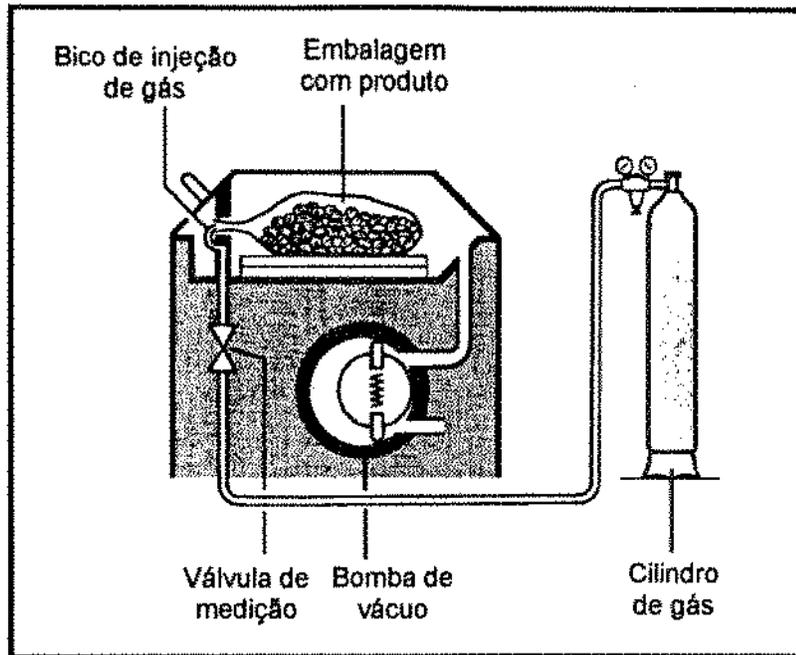


FIGURA 4. Esquema básico de um equipamento com câmara de vácuo.

Equipamentos que termoformam bandejas, enchem e fecham ("thermoform-fill-seal machines")

Esses equipamentos produzem embalagens que consistem de uma bandeja plástica rígida, termoformada, fechada hermeticamente pela termossoldagem de uma tampa flexível. Os estágios desse equipamento são (Figura 5): alimentação dos materiais de embalagem (chapa para a bandeja e filme para a tampa), termoformação da bandeja, alimentação do produto na bandeja, evacuação, injeção da mistura gasosa e termossoldagem da tampa na bandeja, corte transversal, corte longitudinal e descarregamento das embalagens. Este tipo de equipamento não é versátil em termos de tamanho e configuração de embalagens, uma vez que envolve a troca de moldes de termoformação. Podem apresentar desde baixa até alta produtividade (10 a 90 embalagens/minuto) e apresentam alto custo. A Selovac é a única fabricante nacional desse tipo de equipamento. No exterior as marcas mais conhecidas são: Multivac, Tiromat e Dixie-Union (GUISE, 1993/1994).

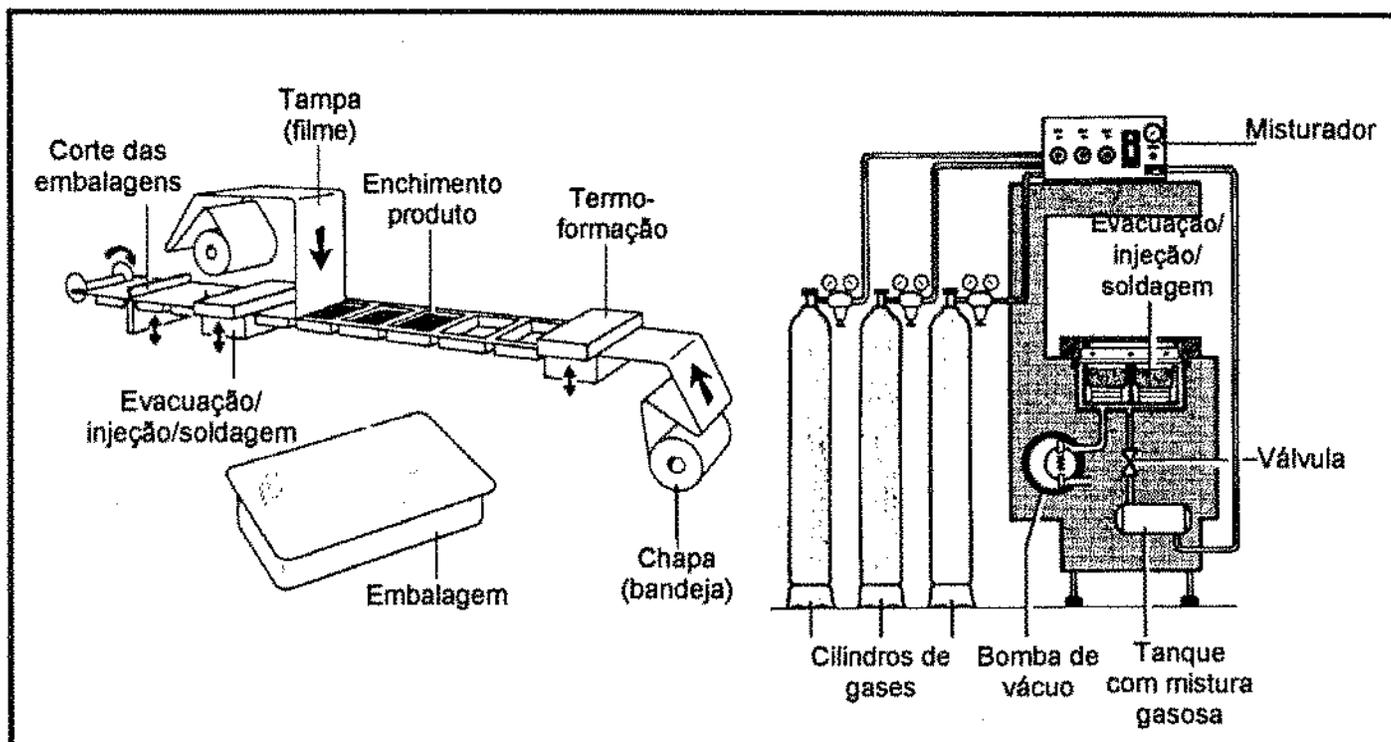


FIGURA 5. Esquema básico de um equipamento "thermoform-fill-seal".

Equipamentos que enchem e fecham embalagens

Esses equipamentos são essencialmente os mesmos dos que termoforam bandejas, enchem e fecham, exceto que utilizam embalagens rígidas pré-formadas (bandejas, copos). Conseqüentemente, utilizam o sistema de vácuo compensado para substituir o ar e são muito utilizados no exterior para queijo Cottage (HONER, 1988). Dependendo do nível de automação pode dar baixa a alta produtividade (semi-automático: 15 a 40 embalagens/ minuto e automático até 300 embalagens/minuto), e médio a alto custo. Exemplos de fabricantes internacionais de equipamentos semi-automáticos são: Dynoplast, Swissvac, Reiser, APM-Viseel (CAKEBREAD, 1993). A Orion e Autoprod produzem equipamentos automáticos.

Outro tipo de equipamento que é largamente utilizado para queijo ralado e em fitas no exterior são os que formam sacos, enchem e fecham na vertical (DAMSKE, 1990). Mas este tipo de equipamento não foi discutido, uma vez que não é adequado para queijos fatiados.

2.2.3 Estudos de vida útil de queijos em atmosfera modificada

A literatura sobre queijo acondicionado em embalagens com atmosfera modificada é muito restrita. A maioria das publicações internacionais trata de estudos feitos com queijo Cottage.

Segundo CHEN & HOTCHKISS (1993), o queijo Cottage apresenta uma vida-de-prateleira de 21 a 28 dias sob condições comerciais de refrigeração. Os fatores limitantes desse período são o crescimento de bactérias psicrótróficas gram-negativas como *Pseudomonas*, *Proteus*, *Aeromonas*, ou *Alcaligenes* sp, que causam um indesejável "off-flavors", a formação de pigmentos e de limosidade; e o crescimento de bolores e leveduras, como, *Geotrichum*, *Penicilium*, *Mucor* e *Alternaria* que também causam alterações no sabor/odor, textura e aparência. Assim, a tecnologia de atmosfera modificada tem sido estudada visando controlar o desenvolvimento desses microrganismos deterioradores em queijo Cottage.

SCOTT & SMITH (1971) avaliaram amostras de queijo Cottage, estocadas entre 3-4°C por 10-12 dias. As amostras foram acondicionadas em potes de PS que eram mantidos abertos dentro de dessecadores de vidro onde foi feito um fluxo de 100% CO₂, 100% N₂ ou ar atmosférico. Suas conclusões foram que o CO₂ retardou o desenvolvimento de bactérias psicrótróficas e mesófilas, mas causou uma alteração sensorial no queijo (sabor ácido ou azedo), o que poderia ser julgado como positivo ou negativo dependendo da preferência do consumidor. Em atmosfera de 100% N₂ não houve aumento de vida útil, porque embora não tenham sido verificadas alterações sensoriais, as contagens de bactérias foram semelhantes às do produto em ar atmosférico. Nas avaliações de sabor/odor os julgadores (3 a 9) utilizaram um "scorecard" para queijo Cottage da American Dairy Science Association (ADSA).

Mais tarde, esses resultados não foram confirmados por KOSIKOWSKI & BROWN (1973) que evacuaram e injetaram CO₂ ou N₂ puros em potes de PVC contendo queijo Cottage e selaram com alumínio. Esses autores verificaram que o queijo mantinha excelente sabor, odor e textura por 45 dias a 4°C, nas duas atmosferas modificadas. Depois deste período ocorreram alterações sensoriais devido ao desenvolvimento de um sabor azedo, fermentado e alterações na textura. As avaliações de textura e de sabor/odor foram feitas por três julgadores treinados, utilizando um "scorecard" da ADSA.

A partir de 1992, os trabalhos com queijo Cottage envolveram a inoculação de microrganismos e o acompanhamento da sobrevivência e/ou crescimento dos mesmos durante um certo tempo. CHEN & HOTCHKISS (1991) inocularam 10³UFC/g de uma mistura de três bactérias deterioradoras gram-negativas (*Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Pseudomonas marginata*) em queijo Cottage que foi posteriormente acondicionado em potes de vidro de tampa metálica, contendo 35-40% de CO₂ no espaço-livre. Seus resultados indicaram que o CO₂ dissolvido inibia o crescimento de

bactérias gram-negativas em queijo Cottage.

Posteriormente, esses mesmos autores, inocularam três cepas de *Listeria monocytogenes* e *Clostridium sporogenes* em queijo Cottage acondicionado em tubos de PS com e sem CO₂ e envolvidos por um filme plástico alta barreira que foi termoencolhido. A concentração de CO₂ no espaço-livre era de 35% (v/v), e o produto foi estocado a 4 e 7°C. Foi observado um crescimento de *Listeria* na amostra sem CO₂ de 10⁴ para 10⁷ UFC/g após 28 e 7 dias a 4 e 7°C, respectivamente, o que indica que existe um risco de queijo Cottage ser um veículo de listeriose nas condições de comercialização, sem atmosfera modificada. As contagens de *Clostridium sporogenes* a 4 e 7°C e *Listeria monocytogenes* a 4°C tiveram uma redução no queijo em atmosfera de CO₂. Após 63 dias a 7°C, houve um aumento nas contagens de *Listeria* de 10⁴ para 10⁵ UFC/g no queijo com CO₂. Segundo os autores, esses resultados indicam que o uso de atmosferas de CO₂ para aumentar a vida útil de queijo Cottage não representa um aumento de risco do desenvolvimento de listeriose ou botulismo (CHEN & HOTCHKISS, 1993).

MOIR *et alii* (1993) inocularam *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida* e *Listeria monocytogenes* em queijo Cottage, acondicionado em potes de PS, e as embalagens passaram por um fluxo de CO₂ e N₂ de tal forma que, após o fechamento com uma tampa de alumínio, a concentração de CO₂ no espaço-livre foi de 40% (v/v). O produto foi estocado a 5 e 15°C e foi demonstrada uma inibição do crescimento das *Pseudomonas* nos queijos em atmosfera de CO₂. Observou-se um aumento na duração da fase de latência e uma redução na velocidade de crescimento. A inibição foi maior no produto estocado à menor temperatura e também no que havia menor contagem inicial de *Pseudomonas*. Não foi observada alteração sensorial no produto contendo CO₂. Também não houve crescimento de *Listeria monocytogenes*, tanto no produto em CO₂ como em ar o que discordou dos resultados de CHEN & HOTCHKISS (1993), para o produto convencional acondicionado em ar atmosférico.

Para um tipo especial de queijo "Saint Paulin", foi feito um estudo em embalagens com atmosfera modificada por PIERGIOVANNI *et alii* (1993) com um queijo denominado "Taleggio cheese". Foi avaliada a aplicação de quatro diferentes atmosferas (100% N₂, 10% CO₂/90% N₂, 20% CO₂/80% N₂ e 30% CO₂/70% N₂) versus o sistema convencional que consistia de um envoltório de papel/PEBD. A embalagem com as diferentes atmosferas consistia de um pote termoformado de PVC, envolvido por um saco fabricado com filme co-extrudado de estrutura EVA/PVDC/EVA. Após 3 semanas de estocagem a 6±2°C, foi considerada como a melhor opção a atmosfera 10%CO₂/90%N₂ por ser a preferida em um painel sensorial, de 13 pessoas consumidoras de "Taleggio", utilizando-se um teste triangular onde era solicitado que fosse indicada a amostra de preferência. O desenvolvimento microbiológico nos quatro tipos de tratamentos, analisado por contagens total e de bolores e leveduras, foi semelhante.

Na literatura brasileira encontram-se dois estudos envolvendo a tecnologia de

atmosfera modificada para queijos.

SARANTÓPOULOS *et alii* (1993) avaliaram queijo Mozzarella de leite de búfala, no formato de bolas, acondicionado com três sistemas de embalagens: atmosfera modificada (50% CO₂/50% N₂), vácuo parcial (12,5 pol Hg) e ar atmosférico (convencional), estocadas a 7±1°C. Foi verificada uma redução significativa no crescimento de bactérias psicrotróficas aeróbicas e de fungos e leveduras no produto em atmosfera modificada e, neste sistema, a vida útil foi de 24 dias, limitada por alterações sensoriais. As análises sensoriais foram feitas por quatro provadores com base na aparência geral (7=excelente, 1=repulsiva), sabor (7=excelente, 1=repulsiva) e odor estranho (5=muito forte, 1=ausente). O desenvolvimento microbiológico do produto em vácuo parcial foi similar ao do produto em ar atmosférico, o que limitou a vida útil do queijo em 11 e 10 dias, respectivamente. As análises de composição gasosa do espaço-livre das embalagens indicaram que materiais com taxa de permeabilidade ao O₂ de 60cm³ (CNTP)/m²/dia a 24°C, 90%UR e 1 atm são adequados para acondicionamento de queijo Mozzarella com atmosfera modificada, estocados a 7°C pelo período de 1 mês.

A estabilidade de queijo parmesão ralado com 32% de umidade e acondicionamento em atmosferas com alto teor de CO₂ (1,5 litros CO₂/kg produto) foi avaliada a 25±2°C. A embalagem utilizada foi um filme co-extrusado de PA/EVOH/PEBD, com taxas de permeabilidade ao oxigênio e ao gás carbônico de 3,86 e 10,87cm³ (CNTP)/m²/dia a 1 atm, 25°C e 75%UR, respectivamente. Não foram verificadas alterações físicas e químicas no produto durante 124 dias de estocagem, e após este período as contagens de mesófilos e de bolores e leveduras foram de 4,20x10⁵ e 5,00x10⁴ UFC/g, respectivamente. Contudo, avaliações sensoriais feitas por sete julgadores treinados, através de uma análise descritiva quantitativa, definiram uma vida útil de 98 dias e os fatores limitantes de aceitabilidade foram as alterações de sabor, cor e aglomeração (SARANTÓPOULOS *et alii*, 1995).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

3.1.1 Queijo Mozzarella

O queijo Mozzarella utilizado no estudo foi produzido em uma unidade industrial da empresa S.A. Fábrica de Produtos Alimentícios Vigor, em peças de cerca de 3kg e embalado a vácuo. Um dia após embalado, o produto foi transportado em caminhão frigorificado para o ITAL - Campinas, estocado a $1\pm 1^{\circ}\text{C}$ até completar 13 a 15 dias de produção, quando procedia-se o fatiamento e acondicionamento nos diferentes tratamentos em estudo. Definiu-se este período de espera, antes do fatiamento, para simular um prazo de comercialização entre o fabricante do queijo e a empresa que iria acondicionar o produto em embalagens com atmosfera modificada (redes de supermercados, prestadores de serviços).

3.1.2 Gases

Os gases usados no estudo, 100% nitrogênio (N_2), 100% gás carbônico (CO_2) e a mistura 50% CO_2 /50% N_2 foram adquiridos em cilindros da empresa White Martins Gases Industriais S.A, linha alimentícia.

3.1.3 Embalagens

A empresa Grace Prod. Quim. Plásticos Ltda. forneceu as embalagens utilizadas no acondicionamento com atmosfera modificada e a vácuo com estruturas comerciais denominadas BB-200 e BK-200, respectivamente. Essas duas estruturas (BB-200 e BK-200) são filmes co-extrudados de EVA/PVDC/EVA e diferem na espessura da camada de PVDC e, conseqüentemente, na barreira oferecida à permeação de gases e vapor de água. Essas duas embalagens foram selecionadas para atender as características de barreira aos gases e vapor de água recomendadas na literatura e citadas anteriormente.

As embalagens eram na forma de sacos de dimensões (180x280mm) para o acondicionamento com atmosfera modificada e (180x230mm) para o acondicionamento a vácuo.

O "filme esticável" utilizado no sistema em ar atmosférico era de marca comercial "Magipack", na forma de bobina com cerca de 280mm de largura. Era constituído de PVC com alto teor de plastificante. Este tipo de filme é o normalmente usado para envolver queijo fatiado, disposto em bandejas, nos supermercados.

As bandejas de PS foram adquiridas da Spuma-pac, código B-2 e apresentavam dimensões de (210x140x15mm).

3.2 Acondicionamento do produto

No acondicionamento do queijo Mozzarella, nas diversas atmosferas modificadas e a vácuo, utilizou-se uma máquina com câmara de vácuo marca Selovac, modelo CV-18, com dois bicos de injeção de gás na embalagem e dotada de um vacuômetro de contacto (Figura 6). O princípio de funcionamento desse equipamento foi descrito no item 2.2.2 e esquematizado na Figura 4.



FIGURA 6. Equipamento utilizado no acondicionamento de queijo Mozzarella em embalagens com atmosfera modificada e a vácuo.

Quando o acondicionamento era de queijo fatiado, utilizou-se uma fatiadora elétrica marca Recorde, e 12 fatias (cerca de 170g) eram dispostas na bandeja de PS expandido antes da colocação na embalagem. Também foram preparadas frações de queijos, pelo corte da peça em três partes, com cerca de 1kg cada.

Foram realizados três acondicionamentos de produtos, dois para testes prévios de análise sensorial e definição do delineamento experimental e um teste para o estudo de vida-de-prateleira, sendo que o equipamento foi operado nas condições apresentadas a seguir.

Nos acondicionamentos com atmosfera modificada, o vácuo aplicado inicialmente na câmara foi de 25 pol Hg. Este teor de vácuo não causou danos ao produto e nem à embalagem e reduziu o O₂ residual no espaço-livre para teores inferiores a 2%.

A pressão de atmosfera gasosa injetada posteriormente no interior da embalagem foi regulada para 5,0kgf/cm² no cilindro, 2,5kgf/cm² na máquina e o tempo de injeção na embalagem de 5,5 seg (posição 7.0). Essas condições possibilitaram a obtenção de uma quantidade de gás no espaço-livre que atendia a relação de 1 a 3 litros gás/kg de produto, recomendada na literatura (DAY, 1992).

As condições de termossoldagem foram: pressão nas mandíbulas de selagem de 5,0kgf/cm² na linha e 1,6kgf/cm² na máquina e o seletor de tempo em 5,5 (4,0 seg). Com essas condições obteve-se uma solda com boa fusão entre os materiais internos da embalagem e boa aparência visual (sem enrugamento e/ou excesso de fusão localizado).

Nos acondicionamentos a vácuo as condições de operação do equipamento foram as mesmas, exceto que não era acionado o sistema de injeção de atmosfera gasosa.

E no acondicionamento em ar atmosférico a bandeja contendo as fatias de queijo era envolvida pelo filme de PVC que era esticado manualmente para dar um fechamento na embalagem.

3.3 Caracterização do queijo Mozzarella

No queijo Mozzarella utilizado no estudo de vida-de-prateleira, foram feitas as seguintes análises físicas e químicas e microbiológicas no dia do fatiamento.

3.3.1 Análises físicas e químicas

pH

Foi determinado por meio de um potenciômetro Micronal modelo B375, após homogeneização de 20g do queijo em 20ml de água a 40°C.

Acidez

A acidez foi determinada por titulação com NaOH 0,1N, sendo expressa em percentagem de ácido láctico (INSTITUTO..., 1985).

Atividade de água

A determinação da atividade de água foi realizada em um higrômetro eletrônico digital, marca NOVASINA, modelo EEJA/3 BAG, acoplado a uma câmara condicionadora modelo 4 TEBO, dotada de três células de leitura. As determinações foram feitas a $30,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

Gordura

Foi empregado o método de Gerber-van Gulik (INSTITUTO..., 1985), que consiste na separação da gordura do queijo através de centrifugação, após a digestão do material protéico pelo ácido sulfúrico. O teste é realizado em um butirômetro especial para queijos.

Cloreto de sódio

Foi determinado pela titulação com tiocianato de amônia, do excesso de nitrato de prata adicionado (SERRES *et alii*, 1973).

Cinzas

As cinzas do queijo foram determinadas por incineração em mufla marca FANEM, modelo 412, regulada para a temperatura de $550 \pm 5^\circ\text{C}$ (HORWITZ, 1975).

Extrato seco total (EST) e umidade

O extrato seco total foi determinado pelo método de secagem das amostras misturadas a uma areia tratada até peso constante (7 horas), em estufa a $100 \pm 2^\circ\text{C}$ (INTERNATIONAL..., 1982).

A umidade foi calculada pela fórmula:

$$U(\%) = 100 - \text{EST}(\%)$$

Proteína total (Pt)

O teor de proteína total (Pt) foi determinado pelo método oficial de Kjeldahl, multiplicando-se o valor de nitrogênio total por 6,38 (INTERNATIONAL..., 1962; 1964).

Nitrogênio solúvel (Ns)

Foi determinado pela dosagem do nitrogênio total (Nt x 6,38) do sobrenadante obtido após precipitação isoelétrica das caseínas (ASCHAFFENBURG & DREWRY, 1959).

3.3.2 Análises microbiológicas

Todas as análises microbiológicas foram realizadas de acordo com as metodologias descritas por HITCHINS *et alii* (1992) e SWANSON *et alii* (1992).

Contagem total de psicotróficos aeróbicos

Foi realizado pelo método de plaqueamento em gotas, com incubação a 7°C por 10 dias, em meio PCA - Ágar para Contagem Total (DIFCO 0479).

Contagem total de bolores e leveduras

Foi realizada pelo método de plaqueamento em gotas, com incubação a 21°C por 5 dias, em meio PDA - Ágar Batata Dextrose Acidificado (DIFCO 0013).

Coliformes

A determinação de coliformes totais e fecais foi realizada pela técnica do Número Mais Provável (NMP), após enriquecimento em Caldo Verde Brilhante Bile 2% (DIFCO 0007), com incubação a 35°C por 24 horas para coliformes totais, e Caldo E. coli (DIFCO 0314), com incubação a 44,5°C durante 24 horas, para coliformes fecais.

3.4 Caracterização das embalagens

As embalagens para acondicionamento em atmosfera modificada e a vácuo foram caracterizadas quanto à espessura total e de cada componente da estrutura, taxa de permeabilidade a gases (O₂, CO₂ e N₂) e ao vapor de água. O filme de PVC esticável foi caracterizado quanto à espessura total e taxa de permeabilidade ao oxigênio e vapor de água.

3.4.1 Espessura

As espessuras totais e parciais foram determinadas de acordo com metodologia descrita por PADULA *et alii* (1989), com micrômetro de ponta plana Mitutoyo, modelo MD-25, com precisão de 1 μ m. Os corpos-de-prova com dimensões de 100x100mm foram retirados das embalagens. A separação dos componentes da estrutura para a determinação da espessura parcial foi feita após dissolução do PVDC em solvente dimetil formamida, sendo a espessura do PVDC determinada posteriormente por diferença entre a espessura total e as parciais de EVA.

Todas as determinações de espessura foram feitas após condicionamento dos corpos-de-prova por um período de 24h a 23 \pm 1 $^{\circ}$ C e 65 \pm 2% de umidade relativa.

3.4.2. Taxas de permeabilidade aos gases (O₂, CO₂ e N₂)

A taxa de permeabilidade ao oxigênio foi determinada por método coulométrico, segundo norma ASTM D 3985-81 ("Standard test method for oxygen gas transmission rate through plastic film and sheeting using a coulometric sensor") citado em PADULA *et alii* (1989). Neste ensaio utilizou-se equipamento OXTRAN, modelo 100 TWIN, da MOCON, operando com oxigênio puro com gás permeante à temperatura de 24 $^{\circ}$ C e a seco. Durante o teste o fluxo do gás de arraste foi mantido a 10ml/min e do oxigênio a 20ml/min. A área efetiva de permeação foi de 100cm². O condicionamento dos corpos-de-prova foi feito durante dois dias a 24 $^{\circ}$ C e a seco. Os resultados obtidos foram corrigidos para 1 atm de gradiente de pressão parcial de oxigênio.

As taxas de permeabilidade ao nitrogênio e gás carbônico foram determinadas por método de aumento da concentração, segundo procedimento descrito em detalhes por PADULA *et alii* (1989). Neste ensaio foram utilizadas células de difusão, nas quais dois corpos-de-prova são fixados, formando duas câmaras externas e uma intermediária. Nas câmaras externas houve um fluxo constante de gás permeante, que permeou o material de embalagem e se acumulou na câmara intermediária. Em intervalos predeterminados, retiraram-se alíquotas de gás na câmara intermediária, para quantificação do gás permeante. Esta quantificação foi feita em cromatógrafo a gás, CG -Instrumentos Científicos, série 2527, operando com argônio como gás de arraste a um fluxo de 30ml/min em colunas Peneira Molecular 5A (O₂ e N₂) e Porapak Q (CO₂) de dimensões 3,00m de comprimento e 1/8pol de diâmetro interno.

As colunas e os injetores foram mantidos a 70 $^{\circ}$ C, o detector de condutividade térmica a 140 $^{\circ}$ C, o qual operou sob corrente de 100mA. Os resultados da cromatografia foram analisados por um integrador processador CG, modelo CG-100, com base em curva padrão feita com gás de calibração. Os testes foram conduzidos a 25 $^{\circ}$ C e a seco. O gradiente de

pressão parcial dos gases permeantes foi de aproximadamente 705mmHg. A área efetiva de permeação de 94cm². As amostras foram condicionadas durante dois dias, a 24°C, e a seco. Os resultados obtidos foram corrigidos para 1 atm de gradiente de pressão parcial de gás permeante.

3.4.3 Taxa de permeabilidade ao vapor de água

A taxa de permeabilidade ao vapor de água foi determinada por método gravimétrico, segundo procedimento descrito na norma ASTM E 96-80 procedimento E ("Standard test methods for water vapor transmission of materials"), citada e adaptada por PADULA *et alii* (1989). Esse método se baseia no aumento de peso de cloreto de cálcio anidro colocado no interior de uma cápsula de alumínio e isolado do ambiente de condicionamento pelo material teste. A área efetiva de permeação foi de 50cm². O ambiente de condicionamento foi de 38,0±0,5°C e 90,0±2,0%UR

3.5 Análises prévias

Foram feitos dois testes prévios visando um levantamento de dados para o delineamento do experimento.

3.5.1 Análises de composição gasosa do espaço-livre

Aos 1, 8, 15, 21 e 33 dias de estocagem do 1º teste prévio e aos 1, 7, 14, 22 e 29 dias de estocagem do 2º teste prévio, anteriormente à amostragem para as análises microbiológicas e sensorial, as embalagens foram analisadas quanto à composição gasosa do espaço-livre em termos de CO₂, N₂ e O₂.

A composição gasosa do espaço-livre foi determinada por meio da coleta direta, via septo, de uma alíquota de gás do espaço-livre da embalagem. Esse gás foi analisado em um cromatógrafo a gas - CG - Instrumentos Científicos, série 2527, operando com argônio como gás de arraste a um fluxo de 30ml/min e colunas Peneira Molecular 5A (O₂ e N₂) e Porapak Q (CO₂) de dimensões 3,0m de comprimento e 1/8 pol de diâmetro interno. As colunas e os injetores foram mantidos a 70°C e o detector de condutividade térmica a 140°C, operando sob corrente de 100mA (PADULA *et alii*, 1989). Os resultados da cromatografia foram analisados por um integrador processador CG-modelo 100, com base em curvas-padrão feitas com gases de calibração e expressos em termos de percentagem em volume de gás.

3.5.2 Análises microbiológicas

No 1º teste prévio, a qualidade microbiológica do queijo Mozarela fatiado foi acompanhada no 1º, 21º e 33º dias de estocagem por meio da enumeração de bactérias psicotróficas aeróbias, bolores e leveduras e coliformes totais. No 2º teste prévio, acompanhou-se com contagens de bolores e leveduras nos períodos 1, 3, 7, 11, 22 e 29 dias de estocagem. As metodologias utilizadas foram as mesmas das empregadas nas análises de caracterização do queijo descritos no item 3.3.2.

3.5.3 Análise sensorial

Foram feitas análises sensoriais prévias visando uma seleção de atributos de qualidade, definição da ficha de avaliação sensorial e treinamento da equipe de provadores.

3.5.3.1 Provadores

Foram escolhidos 9 provadores que fazem parte da equipe de análise sensorial do ITAL e que haviam participado em outros estudos de avaliação da vida útil de queijos acondicionados em atmosfera modificada.

3.5.3.2 Apresentação das amostras

As fatias de queijo Mozarela eram enroladas e divididas em quatro partes. Para cada provador eram servidos 3/4 de fatias, em um pires branco - marca Goyana, codificados com um número de três dígitos, um garfo e um copo de água utilizado pelo provador entre as amostras.

Os testes sensoriais foram realizados em cabines individuais, com utilização de luz branca. O horário dos testes foi pelas manhãs, entre 10:00 e 11:00 horas.

3.5.3.3 Seleção de atributos

Para levantar quais seriam as alterações sensoriais que ocorreriam no queijo Mozarela fatiado durante a estocagem em atmosfera modificada foi feito um 1º teste prévio acondicionando o produto em atmosferas com 100%CO₂ ou 100%N₂, usando as embalagens e o equipamento descritos nos itens 3.1 e 3.2. Foram preparadas 10 embalagens de cada tratamento com atmosfera modificada e uma fração de queijo foi embalada a vácuo.

Os produtos em atmosfera modificada foram apresentados para os provadores após 1, 8, 15, 21 e 33 dias de estocagem a 7±1°C, sendo que no 33º dia foi fatiada a fração

de Mozzarella acondicionada a vácuo.

Os atributos foram levantados por cada provador e no final foi feita uma discussão com a equipe, para esclarecer e refinar os atributos levantados.

3.5.3.4 Treinamento dos provadores

Com base nos atributos levantados elaborou-se uma ficha preliminar de análise sensorial, utilizando-se uma escala estruturada de 5 pontos (Anexo A) e foi feito um 2º teste prévio de acondicionamento do queijo Mozzarella fatiado em atmosferas modificadas e em ar atmosférico (sistema convencional), com o objetivo de treinar os provadores nas características levantadas, obter uma familiarização com a ficha sensorial proposta e promover uma discussão sobre a intensidade de cada atributo.

Para tanto foram preparadas 12 embalagens de cada tratamento com atmosfera modificada (100%CO₂ ou 100%N₂), 8 embalagens do produto em ar atmosférico e 7 embalagens de queijo Mozzarella fatiado a vácuo para ser utilizado como produto-controle. Os produtos foram estocados a 7±1°C, exceto o controle que foi mantido a 0±1°C.

Os produtos em AM foram servidos aos provadores após 1, 7, 14, 22 e 29 dias de estocagem e o produto em ar atmosférico após 1, 3, 7 e 11 dias de estocagem.

Os provadores avaliaram, individualmente, as amostras e posteriormente, eram informados sobre a avaliação do grupo como um todo, tentando estabelecer os parâmetros de intensidade de cada atributo, em cada época de análise.

3.6 Estudo da vida-de-prateleira

3.6.1 Delineamento do experimento

Visando avaliar a vida-de-prateleira de queijo Mozzarella fatiado submetido a quatro tipos de acondicionamento (ar atmosférico, 100% CO₂, 100% N₂ e 50% CO₂/50% N₂) foram preparadas 24 embalagens de cada tratamento. Também foram preparadas 18 frações a vácuo, cujo produto foi tido como controle, nas avaliações sensoriais. A estocagem do produto submetido aos quatro tratamentos foi feita a 7±1°C na ausência de luz e as frações do produto-controle foram mantidas a 1±1°C.

Periodicamente, amostras em triplicata dos três tratamentos com atmosfera modificada foram avaliadas quanto ao volume e composição gasosa do espaço-livre, qualidade microbiológica e sensorial e características físicas e químicas. Também foram feitas as mesmas análises, exceto volume e composição gasosa do espaço-livre, para o queijo fatiado mantido em ar atmosférico.

Os períodos de análise foram definidos com base nos resultados das análises sensoriais prévias. Também foi considerado que nas análises sensoriais, não deveria ser servido para os provadores mais do que três amostras codificadas, uma do produto-controle e as outras duas de dois diferentes tratamentos em estudo.

Assim, optou-se por analisar duas vezes por semana e, conjuntamente, os produtos em ar e em atmosfera de 100%N₂ e uma vez por semana os produtos dos tratamentos: atmosfera de 100% CO₂ e mistura 50% CO₂/50% N₂.

3.6.2. Análises de volume e composição gasosa do espaço-livre

Anteriormente à amostragem para as análises microbiológica e sensorial, em cada época de estocagem, três embalagens com atmosfera modificada de cada tratamento foram analisadas, quanto ao volume e composição gasosa do espaço-livre, em termos de CO₂, N₂ e O₂.

O volume do espaço-livre foi obtido pela diferença entre o volume total da embalagem e o volume do produto, da bandeja e do saco. O volume total da embalagem e o volume da bandeja, em cada época de análise, foram determinadas através da medição do peso de água deslocado quando a embalagem inteira ou a bandeja vazia foi submersa em um recipiente com água a 7±1°C. O volume de produto foi calculado, em cada época, multiplicando-se o peso do produto em cada embalagem pela densidade média do queijo.

A densidade média do queijo foi previamente calculada pela razão entre o peso de porções de queijo e o volume de água deslocado a 7±1°C (média de 30 repetições). O volume da embalagem vazia foi determinado pelo produto da espessura pela área da embalagem.

A composição gasosa do espaço-livre foi determinada conforme metodologia descrita no item 3.5.1.

3.6.3 Análises microbiológicas

Em cada época de estocagem, a qualidade microbiológica do queijo Mozzarella fatiado foi acompanhada por meio da enumeração de bactérias psicotróficas aeróbias, bolores e leveduras e coliformes. As metodologias utilizadas foram as mesmas das empregadas nas análises de caracterização do queijo descritos no item 3.3.2.

3.6.4 Avaliações físicas e químicas

Semanalmente, o queijo Mozzarella, submetido aos diversos tipos de acondicionamento, foi avaliado quanto ao pH, proteína total (Pt) e nitrogênio solúvel (Ns), utilizando as metodologias descritas anteriormente no item 3.1.1.

Além dessas análises, foi determinado o índice de extensão da proteólise, pela relação entre: $Ns/Pt \times 100$ (WOLFSCHOON - POMBO, 1983; WOLFSCHOON-POMBO, LIMA 1989).

3.6.5 Análise sensorial

Durante o treinamento dos provadores foram feitas algumas sugestões de modificação na ficha sensorial preliminar (Anexo A) como a redução de atributos e o aumento de número de pontos na escala.

Essas sugestões foram aceitas, obtendo-se então a ficha definitiva que foi utilizada no estudo de vida-de-prateleira (Anexo B).

Assim, o queijo Mozzarella fatiado foi avaliado quanto ao odor (característico e estranho), sabor (característico e estranho) e qualidade global. Utilizou-se uma escala de categoria estruturada de nove pontos apresentada no Anexo B. As avaliações das alterações sensoriais foram realizadas por uma equipe de nove provadores treinados.

3.7 Análise estatística

Com base nos resultados das análises de acompanhamento do produto ao longo da estocagem a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, nos diversos tratamentos, foram feitas análises estatísticas em microcomputador PC 486, utilizando-se programas do pacote estatístico STATGRAPHICS - versão 4.0. Foram realizadas as seguintes análises:

- Análise de variância (ANOVA) de dois fatores (amostras e provadores), para cada período de estocagem. A significância estatística da diferença entre as médias foi determinada pelo Teste de Tukey;
- Análise de correlação entre os resultados das análises de qualidade global e alterações de sabor e odor para cada tratamento.

3.8 Estimativa da vida útil

Como se previa que o fator limitante da vida-de-prateleira do queijo Mozzarella fatiado seriam as alterações sensoriais, utilizaram-se os resultados da qualidade global para a definição da vida-de-prateleira do produto, em cada tratamento, uma vez que este atributo reunia as alterações de sabor e odor.

Assim, obteve-se através do programa estatístico STATGRAPHICS a relação funcional entre a perda de qualidade global e o tempo de estocagem e verificou-se a qualidade do ajuste pelo coeficiente de determinação. Esse tipo de procedimento é usual em muitos trabalhos encontrados na literatura e sugerido por LABUZA & SCHMIDL (1988).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do queijo Mozzarella

As Tabelas 1 e 2 apresentam as características físicas, químicas e microbiológicas iniciais do queijo Mozzarella utilizado no estudo de vida-de-prateleira, no dia do fatiamento.

TABELA 1. Características físicas e químicas iniciais do queijo Mozzarella.

Características	Valor (*)
pH	5,02
Acidez (% A.L.)	3,66
Atividade de água a 30°C	0,95
Gordura (%)	25,64
Sal (% NaCl)	1,52
Cinzas (%)	3,48
Extrato seco total (%)	53,64
Umidade (%)	46,36
Proteína total (%)	21,78
Nitrogênio solúvel (Ns x 6,38) (%)	1,19

* média de três repetições

Os resultados das características físicas e químicas estão em concordância com as apresentadas na literatura (FURTADO, 1990a; FURTADO & LOURENÇO NETO, 1994).

Do ponto de vista microbiológico, não existe na legislação brasileira padrões específicos para queijo Mozzarella. A título de orientação pode-se classificá-lo como um produto entre o queijo frescal e o curado que, segundo a legislação, podem apresentar contagem de coliformes fecais máxima de 10^2 e 5×10 NMP/g, respectivamente (BRASIL, 1987). A legislação não faz referência a bolores e leveduras e contagem-padrão para estes queijos. O produto desse estudo não apresentou contagem de coliformes.

Os resultados microbiológicos da Mozzarella fatiada, semelhante ao do produto na peça, indicam que o fatiamento se deu sob boas práticas higiênico-sanitárias.

TABELA 2. Contagens microbiológicas iniciais do queijo Mozzarella.

Microorganismo	Queijo		
	Peça-centro(*)	Peça-superfície(*)	Fatiado(*)
Psicrotróficos aeróbios (log UFC/g)	< 1	< 1	< 1
Bactérias mesófilas (log UFC/g)	5,11	5,30	4,92
Bolores e leveduras (log UFC/g)	< 1	3,11	< 1
Coliformes totais (NMP/g)	< 3	< 3	< 3

UFC = unidade formadora de colônia

NMP = número mais provável

* média de três repetições

4.2 Caracterização das embalagens

Os resultados das análises de caracterização das embalagens utilizadas nos acondicionamentos com atmosfera modificada (AM), a vácuo e no sistema convencional em ar atmosférico (Ar) são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3. Características das embalagens utilizadas.

Características		Embalagens		
		AM	Ar	Vácuo
Composição		EVA/PVDC/EVA	PVC-esticável	EVA/PVDC/EVA
Espessura total (μm)	M(*) IV	60 55 - 64	15 11 - 19	63 59 - 69
Espessura parcial (μm)	M(*) IV	38/ 4/ 18 33-41/ 1-9/ 16-21	- -	43/ 2 / 18 40-46/ 1-3/ 16-21
TPO ₂ cm ³ (CNTP)/m ² /dia 1 atm, 24°C e 0%UR	M(**) IV	26,53 25,44 - 27,62	9.539 8.895 - 10.783	241,5 189,5 - 276,6
TPCO ₂ cm ³ (CNTP)/m ² /dia 1 atm, 24°C e 0%UR	M(**) IV	79,90 66,18 - 94,88	-	-
TPN ₂ cm ³ (CNTP)/m ² /dia 1 atm, 24°C e 0%UR	M(**) IV	10,84 9,83-12,16	-	-
TPVA g água/m ² /dia 38°C e 90%UR	M(***) IV	6,76 5,99-7,76	239,8 230,7 - 259,1	18,25 17,63 - 18,79

M = média de (*) vinte, (**) três e (***) seis repetições

IV = intervalo de variação.

A embalagem utilizada nos acondicionamentos com AM apresentou TPO_2 e TPVA dentro dos valores recomendados na literatura, como havia sido previsto no delineamento desse estudo, ou seja, TPO_2 inferior a $50\text{cm}^3/\text{m}^2/\text{dia}/\text{atm}$ (DAY, 1992) e TPVA menor que $7,8\text{ g água}/\text{m}^2/\text{dia}$ (DAMSKE, 1990). As razões entre as taxas de permeabilidade $TPCO_2/TPO_2$ e TPO_2/TPN_2 eram de 3,0 e 2,4, respectivamente.

Para o acondicionamento a vácuo, a embalagem utilizada apresentava uma das estruturas usadas comercialmente para queijo Mozzarella em peça e os resultados das análises de caracterização estão em concordância com os apresentados por estas embalagens (ALVES *et alii*, 1994).

Os resultados do filme esticável de PVC utilizado no sistema convencional em ar atmosférico confirmam que este filme apresenta uma barreira muito baixa aos gases e ao vapor de água, característica desse tipo de material (GARCIA *et alii*, 1989).

4.3 Análises prévias

4.3.1 Análises de composição gasosa do espaço-livre e microbiológicas

Durante a estocagem, os produtos do 1º e 2º testes prévios foram feitas análises de composição gasosa do espaço-livre e, esporadicamente, análises microbiológicas com o objetivo de verificar se as condições seriam mantidas em todos os estudos. Os resultados são apresentados no Anexo C e D e estão em concordância com os resultados obtidos no estudo de vida-de-prateleira que serão discutidos posteriormente.

4.3.2 Análises sensoriais

4.3.2.1 Levantamento de atributos - 1º Teste Prévio

Como resultado da discussão com os provadores, durante as cinco análises sensoriais feitas com queijo Mozzarella fatiado acondicionado em atmosfera $100\%CO_2$ e $100\%N_2$, foram levantados os termos que definiam as alterações sensoriais do produto, durante a estocagem (1 a 33 dias, $7\pm 1^\circ C$). Foram eles, quanto ao odor: característico, mofo, levedura, estranho e quanto ao sabor: característico, mofo, levedura, estranho e velho.

Não foram observadas alterações na aparência (cor, brilho, manchas) e nem na textura (maciez, ressecamento) durante a estocagem e desta forma esses termos não foram considerados.

Com os atributos levantados, foi preparada a ficha para treinamento dos provadores (Anexo A). Foi acrescentada uma avaliação da qualidade global, onde o provador deveria avaliar conjuntamente, todas as alterações observadas no sabor e no odor.

Desta forma, as definições dos termos selecionados, foram discutidas com os provadores e são apresentadas na Figura 7.

Apesar de serem poucos os atributos levantados, não se tem referência na literatura de muitos outros termos, mesmo porque são poucos os trabalhos de acompanhamento de vida útil de queijos em embalagens com atmosfera modificada.

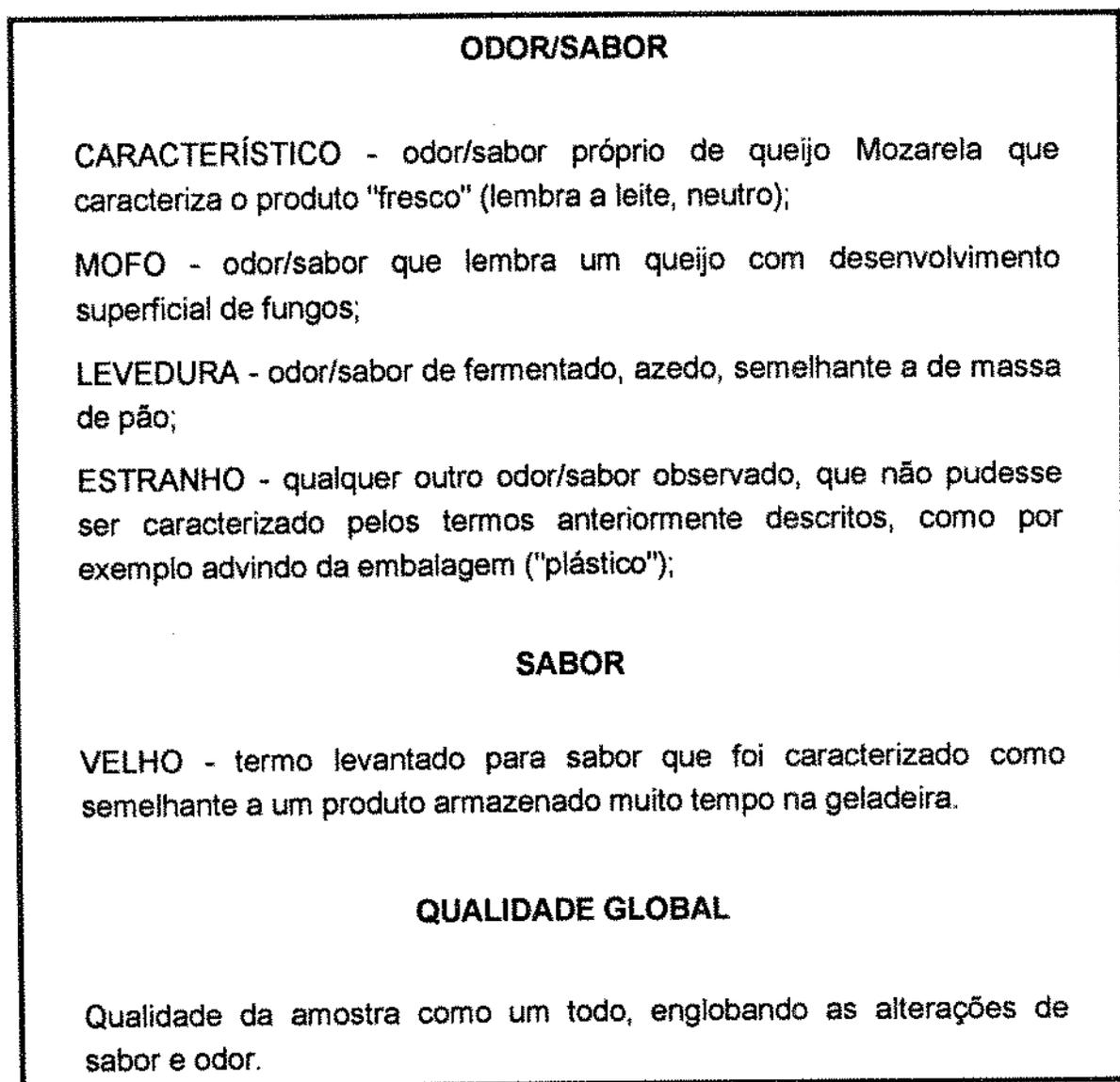


FIGURA 7. Definição dos atributos para avaliação sensorial.

Nos trabalhos com queijo Cottage a maior preocupação era as alterações de sabor/odor devido a concentrações de CO₂ superiores a 40%, que foi comprovado causar logo no início da estocagem, um sabor/odor caracterizado como azedo, fermentado, gasoso,

efervescente, além de propiciar uma maior liberação de soro (SCOTT & SMITH, 1971; KOSIKOWSKI & BROWN, 1973, CHEN *et alii*, 1992).

O sabor/odor de fermentado (ou de levedura) que se desenvolveu ao longo da estocagem no queijo Mozarela deve ter sido resultado do desenvolvimento microbiológico (Anexo C) e não devido ao teor de CO₂, uma vez que foi observada sua ocorrência nos tratamentos de atmosferas com e sem CO₂.

Nos testes com queijo Mozarela de leite de búfala (SARANTÓPOULOS *et alii*, 1993), só foi pesquisado o desenvolvimento de um sabor/odor estranho que não foi caracterizado.

Nos testes com queijo parmesão ralado (SARANTÓPOULOS *et alii*, 1995) foram verificadas outras alterações sensoriais não percebidas na Mozarela por se tratar de um queijo muito diferente, que tende a se modificar devido à continuação do processo de maturação (desenvolvimento de sabor picante, alteração da textura e da cor) e a liberar gordura devido à temperatura de estocagem testada (25±2°C), o que também interfere na cor e causa uma aglomeração do produto.

4.3.2.2 Treinamento dos provadores - 2º Teste Prévio

Durante este treinamento, foi observada uma dificuldade na identificação de sabor/odor estranho que se desenvolvia e também foi consenso geral o não aparecimento de sabor/odor de mofo e sabor de velho.

Desta forma, optou-se por uma simplificação da ficha, utilizando o termo estranho para englobar qualquer alteração sensorial diferente da denotada como característico e foi dada a possibilidade de caracterizar, em uma observação, quando o provador identificava sua origem.

Também foi sugerido pelos provadores que se aumentasse de cinco para nove a escala estruturada, para melhor diferenciar as amostras e que se invertesse a pontuação da qualidade global, considerando ser mais lógico que o produto tenha uma redução na nota com a deterioração da qualidade. Acatadas as alterações foi preparada a ficha a ser utilizada no estudo de vida-de-prateleira, apresentada no Anexo B.

Essas avaliações sensoriais, realizadas a título de treinamento, forneceram subsídios para o delineamento do estudo de vida-de-prateleira, uma vez que a vida útil do queijo Mozarela fatiado em ar em atmosfera de 100%N₂ seria inferior a 15 dias e em atmosfera de 100% CO₂ superior a 30 dias.

Outra constatação foi que o queijo Mozarela fatiado acondicionado a vácuo e estocado a 1±1°C não mantinha suas características sensoriais inalteradas, uma vez que começou a desenvolver um sabor/odor de fermentado e, assim, no teste definitivo deveria se

buscar uma outra forma de conservação do produto-controle. Uma das possibilidades era a de conseguir um produto recém-processado em cada período de análise, mas esta alternativa foi descartada devido à distância do produtor (São Gonçalo - MG), número de análises por semana e alterações do produto inerentes a cada processo (textura, composição, etc.). O congelamento do produto-controle também foi descartado porque causa alteração na textura do queijo. Desta forma, só restou a possibilidade de manter a Mozzarella em peça, acondicionada a vácuo e mantida a $1\pm 1^{\circ}\text{C}$, fatiando no dia de cada análise.

Todos esses resultados auxiliaram na definição do delineamento experimental apresentado no item 3.6.1.

4.4 Estudo da vida-de-prateleira

4.4.1 Volume e composição gasosa do espaço-livre

O peso médio de queijo Mozzarella fatiado nas embalagens com 100%N₂ foi de 156g, que continham, em média, 586ml (CNTP) de gás (Anexo E). Nas embalagens em que se procedeu à injeção de 100%N₂, o volume do espaço-livre não é um parâmetro relevante, pois o N₂ é um gás inerte, que não tem função bacteriostática.

Nas embalagens em que foram utilizados 100%CO₂, o peso médio de produto foi de 174g e o volume médio de gases no interior da embalagem foi de 441ml (CNTP) (Anexo F). Assim, durante a estocagem, verificou-se a seguinte relação média de quantidade de gás por peso de produto:

2,5 litros (CNTP) gás/kg queijo

Nas embalagens em que foi utilizada a mistura 50%CO₂/50%N₂, o peso médio de produto foi de 173g e o volume médio de gases na embalagem foi de 430ml (CNTP) (Anexo G). Durante a estocagem verificou-se a seguinte relação média de quantidade de gás por peso de produto:

2,5 litros (CNTP) gás/kg queijo

Conforme o delineamento deste experimento, procurou-se relações de quantidade de gás/kg de produto na faixa recomendada que é de 3:1 e 1:1 (DAY, 1992). Esses resultados confirmam que o processo foi levado a efeito dentro do planejado.

Nas embalagens em que foram utilizados 100%N₂, o importante é o teor de oxigênio residual, que imediatamente após o processamento ficou abaixo de 1% (Anexo E), a fim de se controlar o crescimento de microrganismos aeróbios.

Nas embalagens em que se utilizou a injeção de CO₂, a relação entre o teor desse gás e a quantidade de produto é importante, pois o CO₂ é um gás ativo sobre o crescimento de bactérias, fungos e leveduras. Portanto, nas embalagens em que foi injetado 100%CO₂ o volume médio do espaço-livre durante a estocagem foi de 340ml (CNTP) (Anexo F) e, portanto, havia 2,0 litros (CNTP)CO₂/kg de queijo. Nas embalagens onde se injetou a mistura 50%CO₂/50%N₂, o volume médio de CO₂ foi de 143ml (CNTP) (Anexo G), portanto havia 0,8 litros (CNTP) de CO₂/kg de queijo.

Embalagens injetadas com 100% N₂

A variação do volume total de gás do espaço-livre das embalagens com 100%N₂, ao longo da estocagem a 7±1°C, é apresentada na Figura 8. O volume total de gases variou entre 534 a 662ml (CNTP) durante a estocagem, sem apresentar nenhuma tendência, o que demonstra ser uma variação inerente às amostras analisadas devido ao processo de acondicionamento.

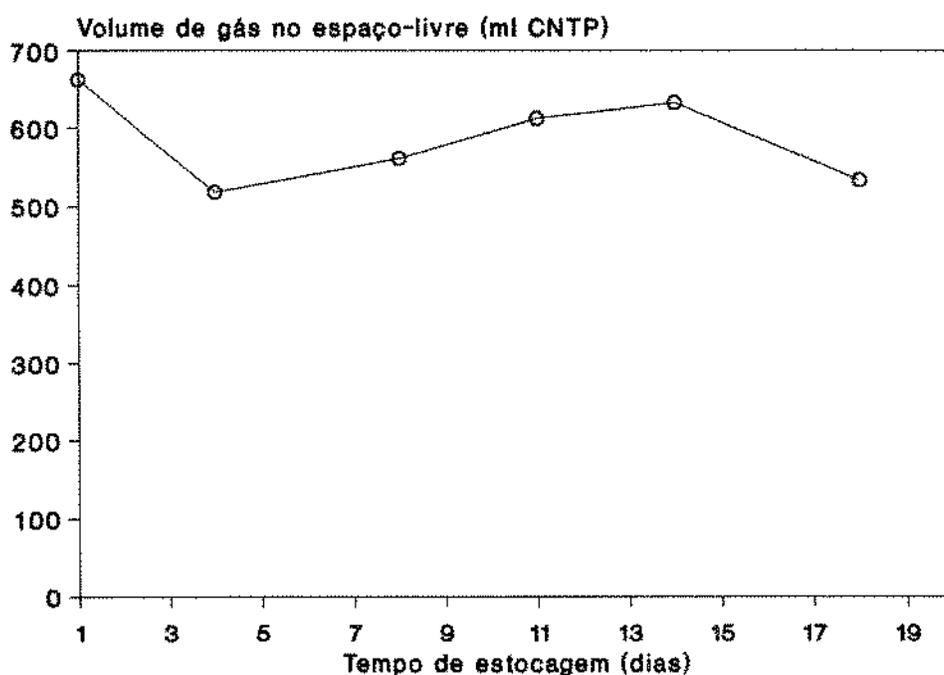


FIGURA 8. Variação do volume total de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozzarella fatiado, com 100% N₂ durante estocagem a 7±1°C.

O conteúdo de gases do espaço-livre em termos de concentração e volume para as embalagens em que foram injetados 100%N₂ é apresentado nas Figuras 9 e 10, respectivamente. Os valores são apresentados no Anexo E.

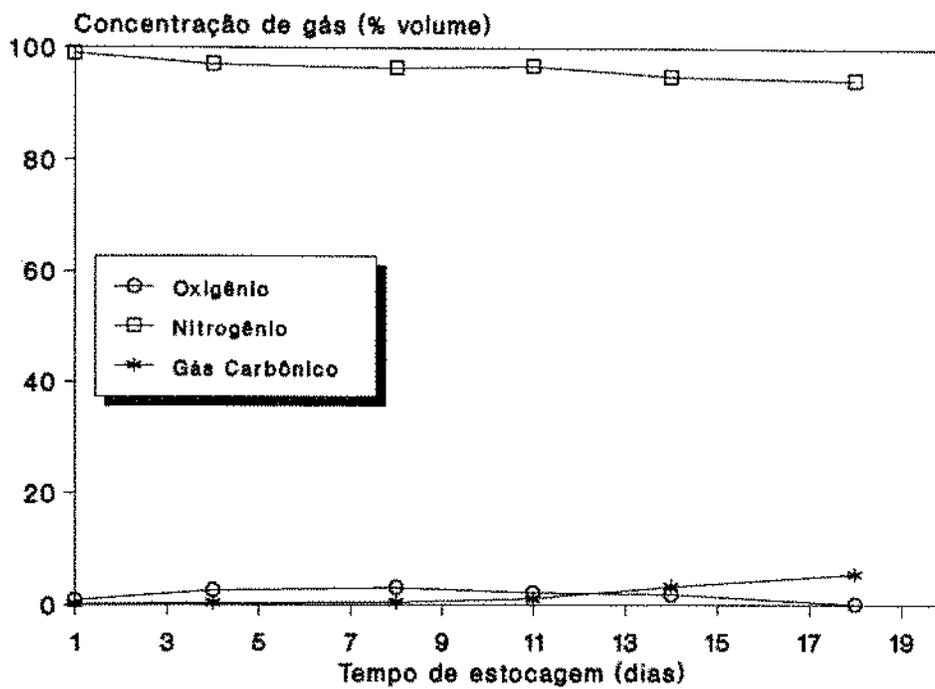


FIGURA 9. Concentração de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozzarella fatiado, com 100% N₂, durante estocagem a 7 ± 1°C.

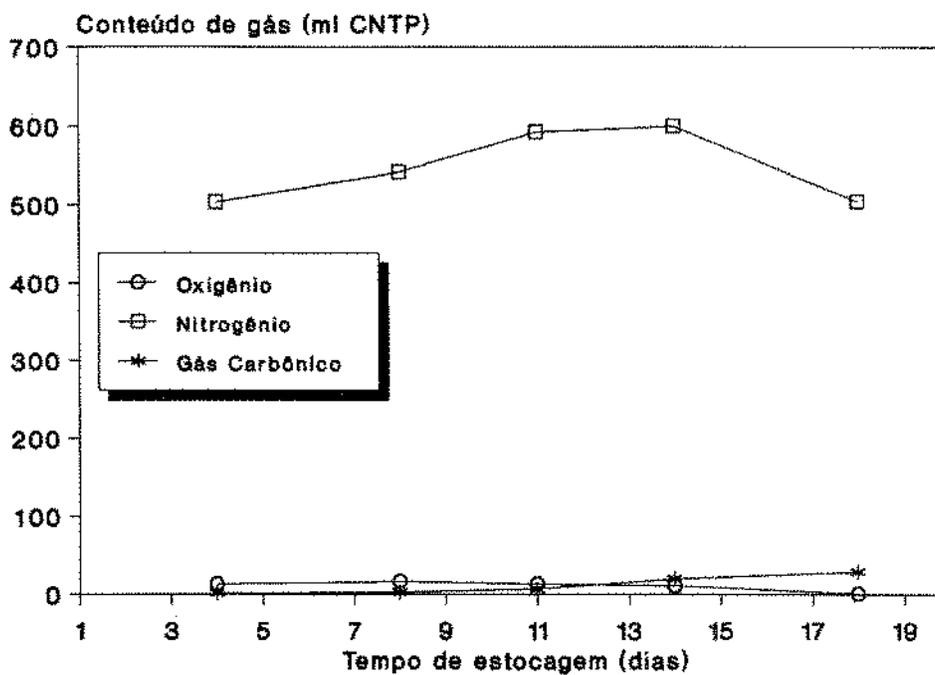


FIGURA 10. Conteúdo de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozzarella fatiado, com 100% N₂, durante estocagem a 7 ± 1°C.

A concentração de oxigênio residual no interior da embalagem logo após o acondicionamento foi inferior a 1%. Nas análises após 4 e 8 dias de estocagem, o teor de oxigênio aumentou para cerca de 3%, caindo a partir de então até 0,2% no 18º dia de estocagem. O aumento inicial do teor de oxigênio é resultante da mistura do ar residual ocluso entre as fatias e na bandeja com a mistura gasosa injetada no espaço-livre da embalagem. A queda posterior na concentração deste gás é resultante do consumo de oxigênio pelo metabolismo de microrganismos aeróbios. O crescimento de microrganismos aeróbios e anaeróbios foi responsável pelo aumento da concentração de CO₂ de 0,2%, inicialmente, até 5,1% aos 18 dias.

Antes que o equilíbrio na concentração dos gases fosse estabelecido o volume de cada gás não pôde ser calculado, porque inicialmente só se tinha a concentração dos gases do volume-livre e o volume ocluso era significativo, fato confirmado com alterações na composição gasosa após 4 dias de estocagem.

Esses resultados confirmaram as tendências observadas nos testes prévios (Anexos C e D).

Embalagens injetadas com 100% CO₂

A variação do volume total de gás do espaço-livre das embalagens com 100%CO₂, ao longo da estocagem a 7±1°C, é apresentada na Figura 11. O volume total de gases no interior das embalagens praticamente não se alterou durante a estocagem. Os resultados não demonstraram uma

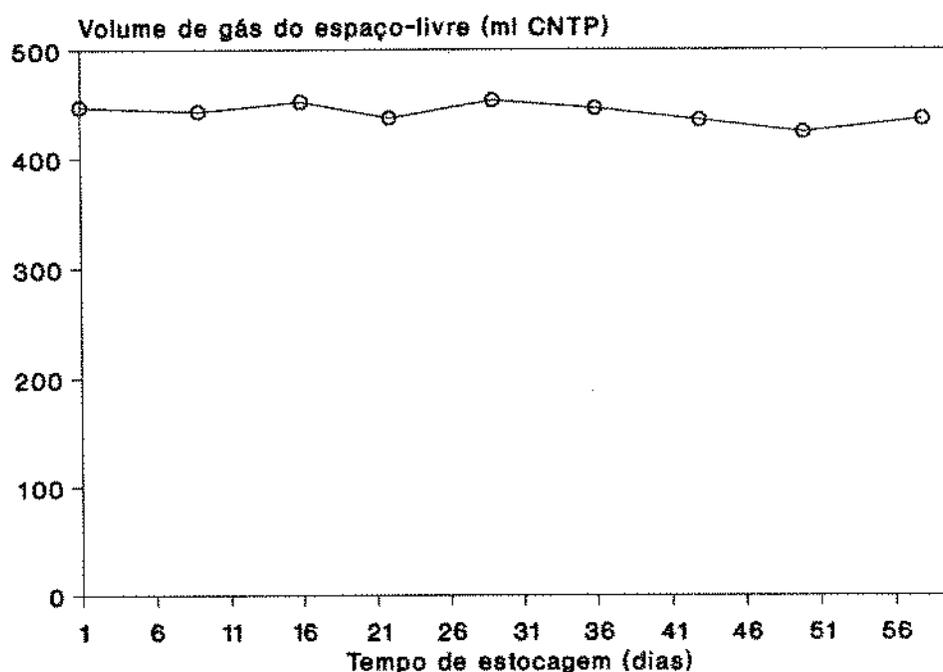


FIGURA 11. Variação do volume total de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozzarella fatiado, com 100% CO₂, durante estocagem a 7± 1°C.

redução do volume devido à dissolução do CO_2 no produto, embora tenha sido visualmente observada, enquanto as amostras com 100% CO_2 estavam sendo preparadas. Devido à rapidez com que a dissolução ocorreu, não foi possível sua quantificação nas análises iniciais de volume.

O conteúdo de gases do espaço-livre em termos de concentração e volume para as embalagens em que foram injetados 100% CO_2 ao longo da estocagem é apresentado nas Figuras 12 e 13, respectivamente. Os valores numéricos são apresentados no Anexo F. A concentração inicial de O_2 foi de 1,4% e durante 58 dias de estocagem a $7\pm 1^\circ\text{C}$ variou de 3,3 a 4,1%. Este oxigênio adveio, provavelmente, do ar residual ocluso entre as fatias e na bandeja, mas não caiu durante a estocagem, pois não se verificou crescimento microbológico devido à ação do CO_2 . Outro fato que comprova a existência de ar residual ocluso inicialmente é a queda na concentração inicial de CO_2 de 97% para a faixa de 76% a 81% durante a estocagem, e a elevação da percentagem de N_2 de 2% inicialmente para a faixa de 16 a 20% para estabelecer o equilíbrio. Durante a estocagem não houve tendência de aumento da percentagem de CO_2 , o que também comprova que o crescimento microbológico foi inibido pela ação desse gás.

Da mesma forma que foi explicado para embalagens com 100% N_2 , não foi possível calcular o volume de cada gás antes que o equilíbrio na concentração dos gases fosse estabelecido.

Resultados semelhantes de composição gasosa foram observados nas embalagens onde foi injetada 100% CO_2 no 1º e 2º Testes Prévios (Anexos C e D).

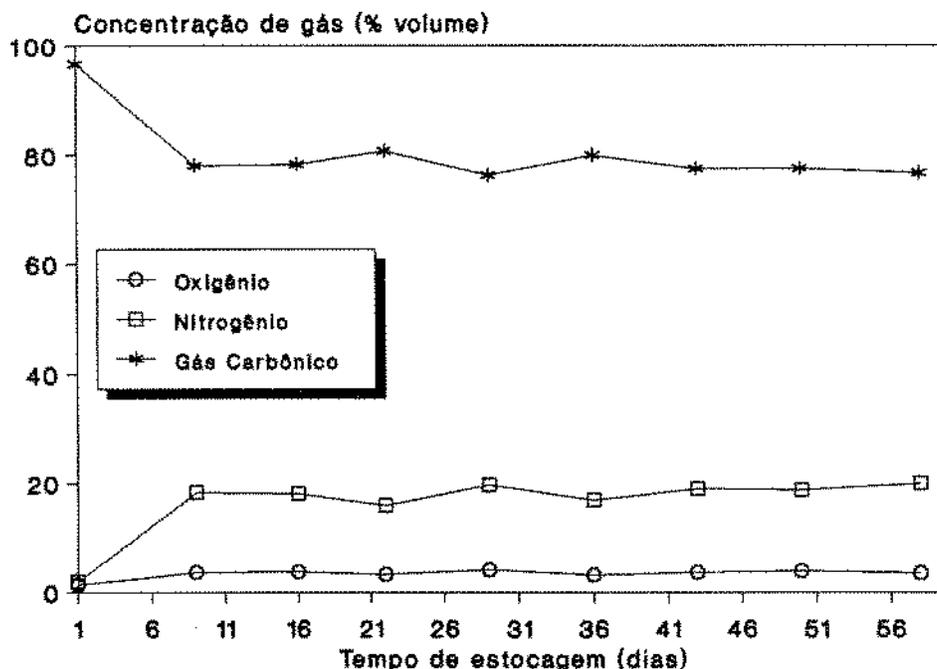


FIGURA 12. Concentração de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozzarella fatiado, com 100% CO_2 , durante estocagem a $7\pm 1^\circ\text{C}$.

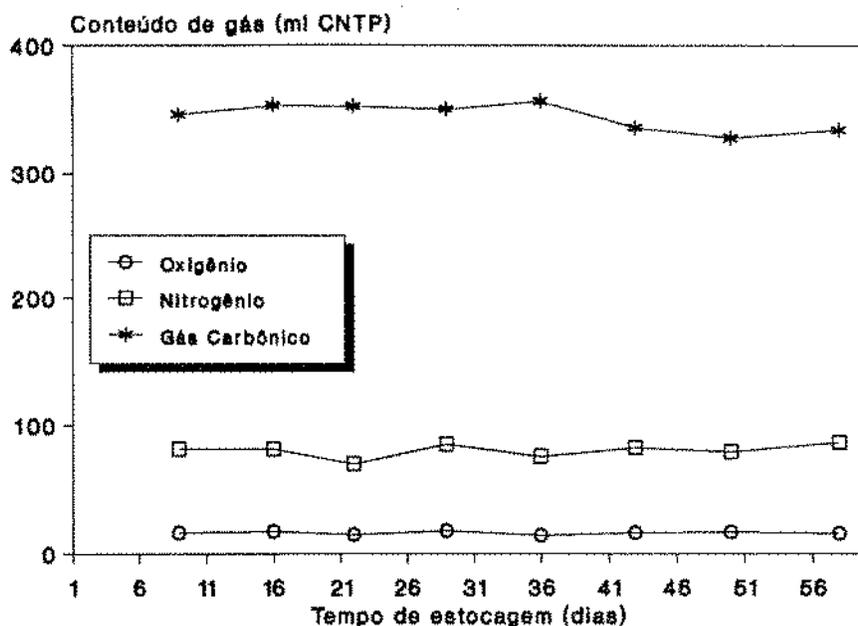


FIGURA 13. Conteúdo de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozzarella fatiado, com 100%CO₂ durante a estocagem a 7± 1°C.

Embalagens injetadas com 50%CO₂/50%N₂

A variação do volume total de gás do espaço-livre das embalagens com 50%CO₂/50%N₂, durante estocagem a 7±1°C, é apresentada na Figura 14. O volume inicial do espaço-livre caiu ligeiramente no início da estocagem, provavelmente porque nestas amostras a dissolução do CO₂ no produto foi mais lenta e pôde ser parcialmente quantificada na análise de volume. Posteriormente, o volume flutuou por variações entre as amostras.

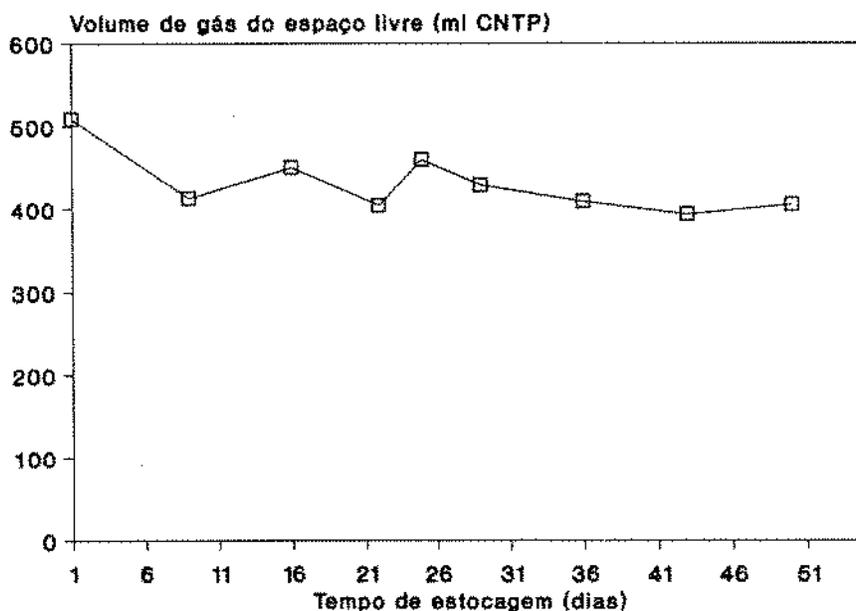


FIGURA 14. Variação do volume total de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozzarella fatiado, com 50%CO₂/50%N₂, durante estocagem a 7± 1°C.

O conteúdo de gases do espaço-livre em termos de concentração e volume para as embalagens em que foi injetado 50%CO₂/50%N₂ é apresentado nas Figuras 15 e 16, respectivamente. Os valores numéricos são apresentados no Anexo G. A concentração inicial de O₂ foi de 0,8% e durante a estocagem atingiu 4,3% aos 9 dias e caiu até 0,5% aos 50 dias. O aumento inicial da concentração de O₂ e a queda posterior, provavelmente, são decorrentes da diluição do ar ocluso entre as fatias e na bandeja e do crescimento microbiológico durante a estocagem, como discutido para as embalagens com 100%N₂.

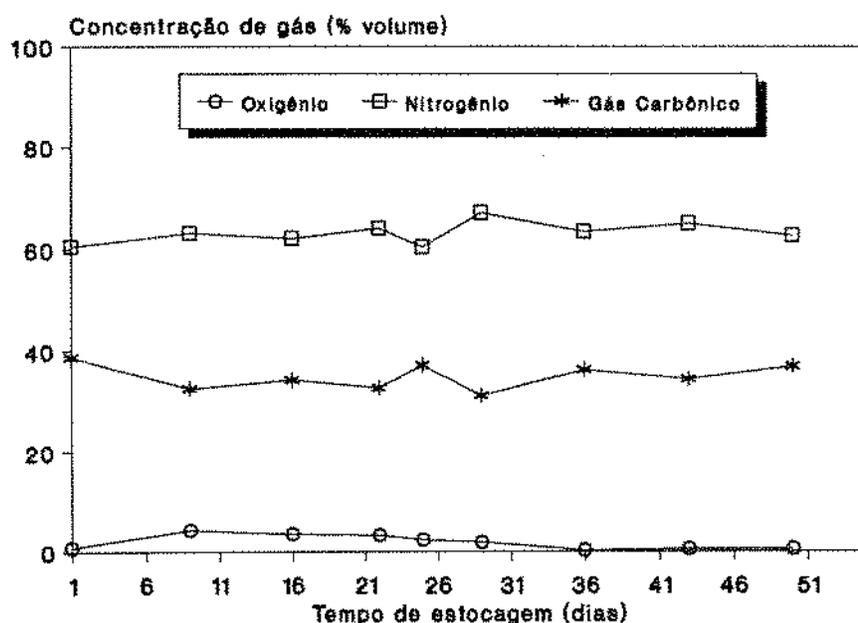


FIGURA 15. Concentração de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozzarella fatiado, com 50%CO₂/50%N₂, durante estocagem a 7 ± 1°C.

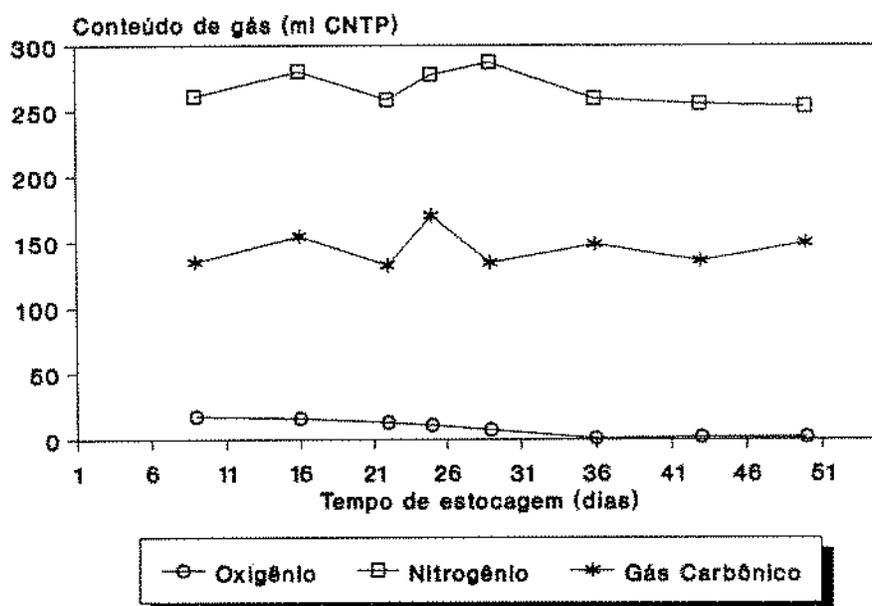


FIGURA 16. Conteúdo de gases do espaço-livre das embalagens de queijo Mozzarella fatiado, com 50%CO₂/50%N₂, durante estocagem a 7 ± 1°C.

Nas amostras onde foi injetado 50%CO₂/50%N₂, a queda no teor de O₂ ocorreu a partir de 25 dias de estocagem, o que confirma a ação do CO₂ retardando o desenvolvimento de microrganismos aeróbicos. Neste caso, não se observou uma grande alteração nas percentagens de N₂ e CO₂ devido ao equilíbrio com o ar ocluso, porque o teor inicial de N₂ já é próximo do encontrado na atmosfera. O desenvolvimento microbiológico lento, indicado pelo consumo de O₂, também não se refletiu em aumento do teor de CO₂ provavelmente porque foi encoberto pelas variações inerentes de cada amostra e pelos níveis dos teores de CO₂ (31 a 37%). Outras possibilidades são o aumento da dissolução do CO₂ no produto com o aumento da pressão parcial do gás; ou porque os microrganismos que se desenvolveram não produzem CO₂.

Em relação ao cálculo do volume inicial de cada gás no espaço-livre das embalagens, valem os mesmos comentários apresentados anteriormente para os outros tratamentos com AM.

Não é possível uma comparação desses resultados com trabalhos disponíveis na literatura, uma vez que alguns só apresentam a percentagem inicial de gases no espaço-livre (CHEN & HOTCHIKSS, 1991 e 1993); outros referem-se a diferentes tipos de queijo (diferente composição) e com outras condições de acondicionamento, uma vez que utilizam embalagens com permeabilidade a gases diferentes da usada neste estudo, misturas gasosas com diferentes composições e muitas vezes não fazem menção da relação de quantidade de gás/kg de produto (MOIR *et alii*, 1993; PIERGIOVANNI *et alii*, 1993; SARANTÓPOULOS *et alii*, 1994 e 1995).

4.4.2 Análises microbiológicas

Em todas as análises feitas, durante o estudo de vida-de-prateleira, não foram detectados coliformes, o que indica a aplicação de boas práticas sanitárias durante o acondicionamento do produto nos quatro tratamentos.

Nas Figuras 17 e 18 são apresentadas as curvas de crescimento de bactérias psicrotróficas aeróbias e de bolores e leveduras, respectivamente, no queijo Mozzarella fatiado submetido aos diferentes tratamentos. Os valores numéricos são apresentados no Anexo H.

A partir das curvas de crescimento de bactérias psicrotróficas aeróbias (Figura 17) verificou-se aumento do número dessas bactérias no queijo Mozzarella em ar e em atmosfera 100% N₂, a partir do 4º dia até o 14º dia de estocagem, quando as contagens se estabilizaram em níveis de 8,3 log UFC/g e 7,5 log UFC/g, respectivamente. No queijo Mozzarella acondicionado em atmosfera 50%CO₂/50%N₂, o crescimento de bactérias psicrotróficas aeróbias foi verificado a partir do 9º dia até o 25º dia de estocagem, quando as contagens se estabilizaram em torno de 7,1 log UFC/g. Mas, este crescimento ocorreu a uma menor velocidade do que a verificada no produto em ar e 100%N₂, devido à ação do CO₂. No queijo

Mozarela acondicionado em atmosfera 100% CO₂, o crescimento de bactérias psicrotróficas aeróbias só foi verificado a partir do 29º dia de estocagem, apresentou um período de estabilização até 43 dias e atingiu uma contagem maior que 6,5 log UFC/g no 58º dia de estocagem.

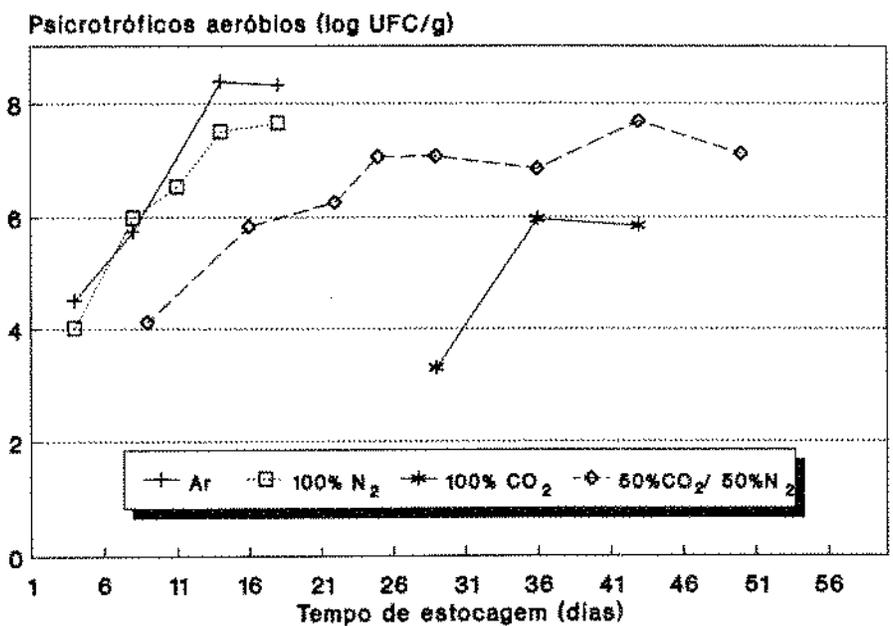


FIGURA 17. Curvas de crescimento de bactérias psicrotróficas aeróbias, em queijo Mozzarella fatiado, durante estocagem a 7±1°C.

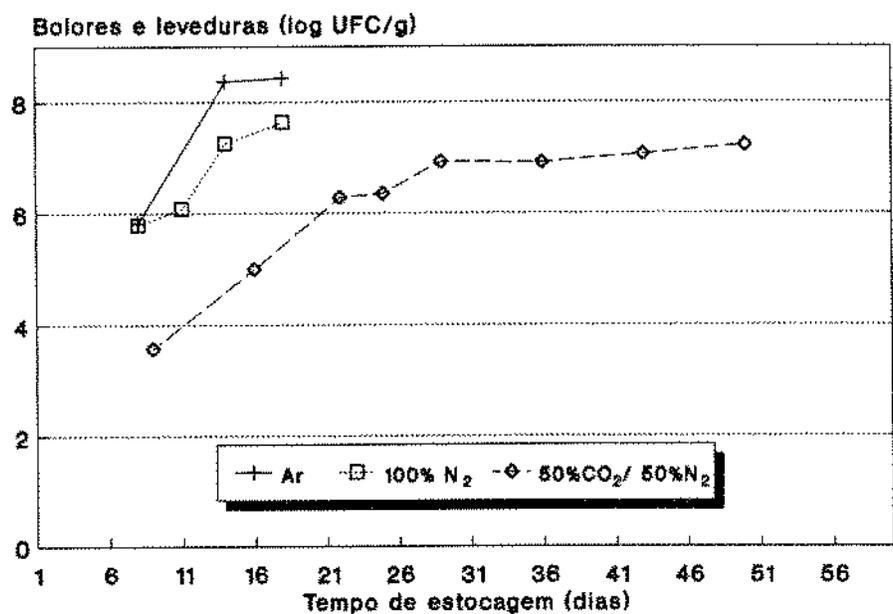


FIGURA 18. Curvas de crescimento de bolores e leveduras, em queijo Mozzarella fatiado, durante estocagem a 7±1°C.

Esses resultados evidenciam que o início de crescimento foi retardado, quando a atmosfera no interior da embalagem apresentou maiores concentrações de CO₂.

Quanto à proliferação de bolores e leveduras (Figura 18) verificou-se, durante todo o estudo, o desenvolvimento apenas de leveduras, no queijo Mozarela fatiado acondicionado em ar e nas atmosferas 100%N₂ e 50%CO₂/50%N₂. Não foi verificado o crescimento de bolores e nem de leveduras no queijo Mozarela acondicionado em atmosfera 100%CO₂, durante os 58 dias de estocagem a 7±1°C.

O início de crescimento de leveduras no queijo Mozarela em ar e em atmosfera 100%N₂ foi verificado após o 8º dia de estocagem. A partir de 14 dias, as contagens de leveduras se estabilizaram em 8,4 log UFC/g para o produto em ar. O queijo em atmosfera 100%N₂ apresentou contagens de leveduras, durante todo o estudo, inferiores às do produto em ar e com 18 dias de estocagem atingiu níveis de 7,6 log UFC/g. A população de leveduras no queijo Mozarela em atmosfera 50%CO₂/50%N₂ apresentou um crescimento do 9º ao 29º dia de estocagem, quando se estabilizou em níveis de cerca de 7,0 log UFC/g. O crescimento no produto em atmosfera 50%CO₂/50%N₂ foi em uma velocidade menor do que no produto em ar e em 100%N₂, também devido à ação do CO₂.

Com base nos resultados das avaliações microbiológicas, concluiu-se que a utilização de sistemas de embalagem com atmosfera 100%CO₂, para queijo Mozarela fatiado, inibe o crescimento de bolores e leveduras e retarda o desenvolvimento de bactérias psicrotróficas aeróbias, comparativamente ao sistema convencional que é o produto em ar atmosférico. Quando utilizou-se a mistura 50%CO₂/50%N₂, o crescimento de bolores e leveduras e de bactérias psicrotróficas aeróbias foi retardado, sendo que o crescimento de leveduras foi mais lento também comparativamente ao do produto em ar. A atmosfera 100%N₂ não se mostrou tão efetiva, embora as contagens de leveduras tenham sido inferiores às do produto em ar, em todas as épocas analisadas e as contagens de psicrotróficos aeróbios a partir de 11 dias de estocagem.

Considerando o efeito combinado das características intrínsecas do queijo Mozarela (pH de 5,4 a 5,5, atividade de água a 30°C de 0,95 e uso de fermento com culturas termófilas) e as condições de acondicionamento (baixa temperatura de estocagem e baixa disponibilidade de O₂), era de se esperar que a microbiota deteriorante do produto fosse predominantemente composta por leveduras (OLSON & MOCQUOT, 1980).

E, finalmente, deve-se ressaltar que, como nos três sistemas de embalagem com atmosfera modificada, o residual de O₂ verificado alguns dias após o acondicionamento foi semelhante (3,0-4,0%), o que realmente inibiu o desenvolvimento de leveduras foi a presença de CO₂. No produto em atmosfera 50%CO₂/50%N₂, o efeito do CO₂ foi menor que no produto em atmosfera 100%CO₂, porque havia 2,5 vezes menos CO₂/kg de produto, conforme foi comentado no item 4.4.1.

Esses resultados estão em concordância com a literatura, porque embora seja comentado que o CO₂ não é tão efetivo para inibir o crescimento de leveduras, também é conhecido que seu efeito é um fenômeno complexo que não depende apenas do tipo de microrganismo presente, mas também da concentração do CO₂, atividade de água do produto, pH, temperatura, número e idade dos microrganismos presentes, entre outros (DAY, 1992; MAPAX, s.d.).

Os resultados de contagens microbiológicas dos produtos nos Testes Prévios (Anexos C e D) confirmam que embalagens com injeção de atmosferas de 100%N₂ são pouco eficientes para inibir o crescimento de bactérias psicrófilas aeróbicas (1º Teste) e de bolores e leveduras (1º e 2º Teste). Quanto à ação do CO₂ sobre o desenvolvimento de bolores e leveduras talvez sua menor eficiência no 1º Teste Prévio (Anexo C) tenha sido causada pela maior contagem inicial desses microrganismos no produto (4,2 log UFC/g) e no 2º Teste Prévio porque as embalagens apresentavam 1,6 litros (CNTP) CO₂/kg de produto, ou seja, tinham uma quantidade de CO₂ intermediária à utilizada nas embalagens onde foi injetado 100% CO₂ e 50%CO₂/50%N₂ no teste de vida-de-prateleira.

Estudos da estabilidade de queijos em embalagens com atmosfera modificada citados na literatura também comprovam a eficiência desse sistema de acondicionamento, principalmente pela ação do CO₂, para inibir ou retardar o desenvolvimento microbiológico, prolongado a vida útil dos queijos.

No trabalho feito por SCOTH & SMITH (1971) foi verificado a pouca eficiência de atmosferas de 100%N₂ sobre o desenvolvimento microbiológico em queijo Cottage, uma vez que contagens totais de mesófilos e psicrófilos no produto estocado entre 3-4°C por 10-12 dias foram semelhantes para o produto em ar e 100%N₂. Mas o produto em atmosfera 100%CO₂ apresentou contagens cerca de 3 a 5 ciclos logarítmicos menores, comparativamente às contagens do produto em ar, quando o produto apresentava baixa contaminação inicial, e cerca de 1 ciclo logarítmico menor para produtos que iniciaram com contagens da ordem de 10⁴ UFC/g.

Mais tarde, KOSIKOWSKI & BROWN (1973) também observaram que queijo Cottage em embalagens fechadas sob fluxo de 100% CO₂ apresenta inibição no crescimento de bolores e leveduras e bactérias psicrófilas. Mas, esses autores não verificaram crescimento desses mesmos microrganismos, até 73 dias de estocagem a 4°C quando as embalagens eram fechadas sob um fluxo de 100%N₂, o que discorda da maioria dos trabalhos.

CHEN & HOTCHKISS (1991) não verificaram crescimento de bolores e leveduras em queijo Cottage acondicionado em embalagens com concentrações iniciais de CO₂ no espaço-livre de 35 a 40%. Neste mesmo experimento, os autores inocularam no queijo 10³ UFC/g de uma mistura de três bactérias psicrófilas gram negativas e verificaram que, durante os 10 primeiros dias de estocagem a 7°C e 17 dias a 4°C, o queijo Cottage em

embalagem com CO₂ apresentou uma contagem 4 ciclos logarítmicos inferior ao produto em ar, o que comprovou, mais uma vez, ser o CO₂ efetivo para inibir crescimento de bactérias psicrotróficas gram negativas.

PIERGIOVANNI *et alii*, (1993) não verificaram efeito de atmosferas com 100%N₂, 10% CO₂/90%N₂, 20%CO₂/80%N₂ e 30%CO₂/70%N₂ sobre o crescimento de bactérias mesófilas, bolores e leveduras em queijo "Taleggio" (tipo "Saint Paulin") após 21 dias de estocagem a 6±2°C. Inicialmente o queijo apresentou contagem total, e contagens de bolores e de leveduras de 1,15x10⁹, 1x10⁷ e 2,4x10⁹ UFC/g, respectivamente.

No estudo de um tipo especial de queijo Mozzarella, fabricado com leite de búfala (Aw = 0,97), o queijo em atmosfera 50%CO₂/50%N₂ apresentou redução do número de psicrotróficos no início da estocagem a 7±1°C, crescendo a partir do 8º dia até atingir os mesmos níveis de contagens do produto em ar a partir de 12 dias. Quanto à proliferação de bolores e leveduras, as contagens do produto em atmosfera modificada mantiverem-se, durante todo o estudo, 1 a 2 ciclos log inferiores ao produto em ar. Desta forma, observou-se a ação da mistura gasosa reduzindo a deterioração microbiana, embora as contagens iniciais de psicrotróficos e bolores e leveduras no produto fossem de 7,4x10³ e 6,0x10³ UFC/g, respectivamente (SARANTÓPOULOS *et alii*, 1993)

E por último, SARANTÓPOULOS *et alii*, (1995) apresentaram resultados de contagens totais de mesófilos e bolores e leveduras de 4,20x10⁵ e 5,00x10⁴ UFC/g respectivamente, para queijo parmesão ralado (32% de umidade), após 124 dias de estocagem a 25°C e acondicionamento em atmosfera modificada de alto teor de CO₂ (1,5 litros gás/kg produto). As autoras não têm dados comparativos do produto em ar, mas afirmam que o acondicionamento com atmosfera modificada propiciou um aumento na vida-de-prateleira do produto, uma vez que no ar, após poucos dias, haveria crescimento visível de fungos.

Por serem poucos os trabalhos com atmosfera modificada para produtos de laticínios e todos envolvendo outros tipos de queijo, não é possível uma comparação direta dos resultados obtidos. Mas, o que se observa é que todos confirmam a ação do CO₂ inibindo o crescimento microbiano também demonstrada no presente trabalho de tese. A inclusão de atmosferas de 100%N₂, embora já fosse sabido não ser eficiente para queijo Cottage, precisava ser pesquisada para queijo Mozzarella, uma vez que existem várias referências na literatura que indicam seu uso e inclusive são citadas aplicações comerciais de embalagens com 100%N₂ para queijo Mozzarella em fitas (WOODS, 1992).

4.4.3 Avaliações físicas e químicas

Os resultados médios das análises físicas e químicas do queijo Mozzarella fatiado, submetido aos diversos tratamentos, durante a estocagem a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, são apresentados na Tabela 4.

TABELA 4. Resultados médios(*) das análises físicas e químicas de queijo Mozzarella fatiado, durante estocagem a $7 \pm 1^\circ\text{C}$.

Análises	Atmosfera	Estocagem (dias)										
		1	8	9	14	16	22	29	36	43	50	58
pH	ar		5,44	-	5,59	-	-	-	-	-	-	-
	100% N ₂		5,54	-	5,53	-	-	-	-	-	-	-
	100% CO ₂	5,25	-	5,47	-	5,40	5,45	5,55	5,44	5,57	5,38	5,63
	50% CO ₂ / 50% N ₂		-	5,54	-	5,53	5,45	5,48	5,55	5,45	5,56	-
Proteína total (%)	ar		23,91	-	23,69	-	-	-	-	-	-	-
	100% N ₂	21,78	23,56	-	23,42	-	-	-	-	-	-	-
	100% CO ₂		-	21,78	-	23,14	22,84	22,39	21,74	22,67	22,91	23,34
	50% CO ₂ / 50% N ₂		-	22,73	-	23,15	22,72	22,60	22,11	23,18	21,69	-
Nitrogênio solúvel (x 6,38) (%)	ar		1,24	-	1,39	-	-	-	-	-	-	-
	100% N ₂		1,33	-	1,25	-	-	-	-	-	-	-
	100% CO ₂	1,19	-	1,49	-	1,33	1,67	1,80	1,91	1,92	1,93	2,44
	50% CO ₂ / 50% N ₂		-	1,14	-	1,64	1,74	1,76	1,88	1,67	1,83	-
Índice de extensão da proteólise(%)	ar		5,19	-	5,87	-	-	-	-	-	-	-
	100% N ₂		5,64	-	5,34	-	-	-	-	-	-	-
	100% CO ₂	5,46	-	6,10	-	5,75	7,31	8,04	8,78	8,47	8,42	10,45
	50% CO ₂ / 50% N ₂		-	5,01	-	7,08	7,66	7,79	8,50	7,20	8,43	-

* média de três repetições

Avaliando os resultados, observou-se que o queijo acondicionado nos diversos sistemas de embalagem apresentou um aumento de pH que para o mercado a que este produto se destina (uso doméstico) não deve causar problemas. As alterações no teor de proteína total foram pequenas, mas houve um aumento no teor de nitrogênio solúvel, o que indica a ocorrência de uma proteólise no produto, um pouco mais acentuada nos queijos acondicionados em atmosferas com 100%CO₂ e 50%CO₂/50%N₂, uma vez que foram estocados durante um tempo mais longo.

O índice utilizado para avaliar a extensão da proteólise pela ação do coalho variou pouco (Figura 19), mesmo para o queijo Mozzarella acondicionado em atmosfera 100%CO₂, estocado durante um período mais longo que os demais. O pequeno aumento no índice de extensão de proteólise indica que a proteólise ocorrida nos queijos, submetidos aos diversos tratamentos, foi pequena durante o período estudado.

São poucos os dados na literatura sobre índices de extensão de proteólise em queijos. WOLFSCHOON-POMBO (1983) apresenta índices de extensão de proteólise

variando entre 5,8 a 10,4 para queijo Minas Frescal com 1 e 7 dias de estocagem; e índices variando entre 5,1 a 14,0 para o queijo Prato com 4 e 35 dias de estocagem, respectivamente.

Comparando-se os resultados obtidos com esses dados, conclui-se que as tendências de aumento nos índices de proteólise determinadas para queijo Mozzarella, para os diversos tratamentos, estão dentro da faixa de normalidade.

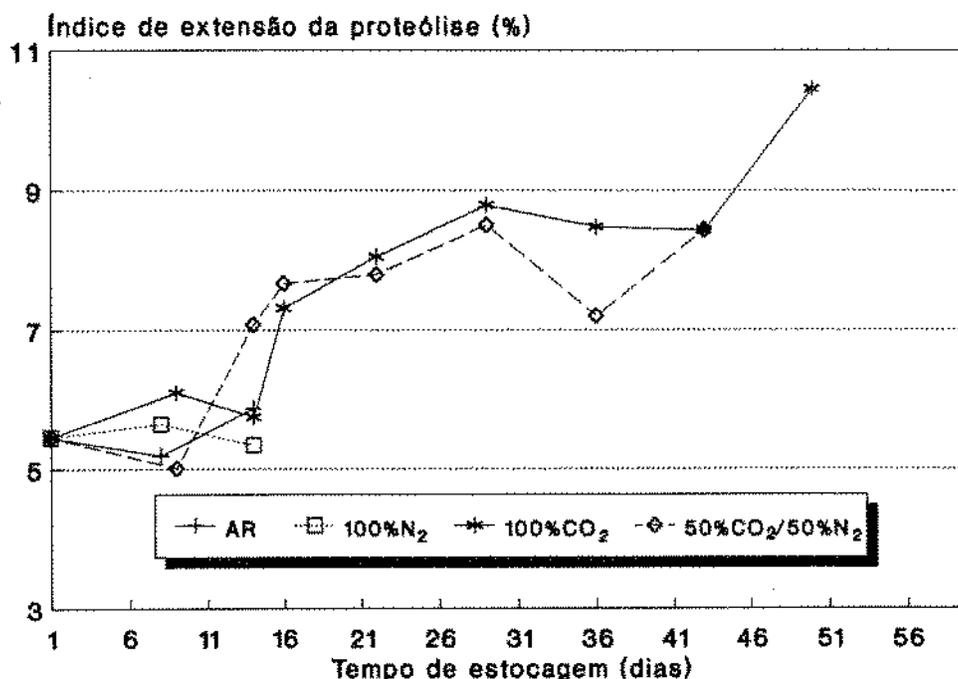


FIGURA 19. Evolução do índice de extensão da proteólise em queijos Mozzarella fatiado, durante estocagem a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$.

4.4.4 Análise sensorial

Os resultados da avaliação sensorial de queijo Mozzarella fatiado durante o estudo de vida-de-prateleira, são apresentados na forma gráfica nas Figuras 20 a 24, e os valores numéricos no Anexo I.

Não pôde ser feita a avaliação sensorial dos produtos em ar e em atmosfera 100%N₂, aos 18 dias de estocagem, porque foi constatada a presença visível de desenvolvimento microbiológico.

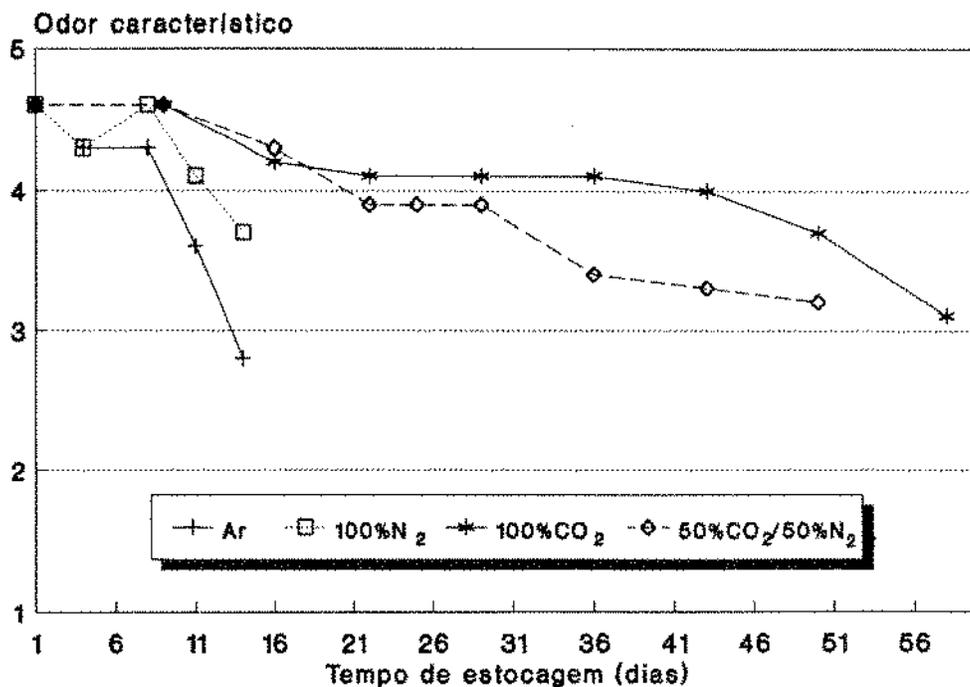


FIGURA 20. Avaliação de odor característico em queijo Mozzarella fatiado, durante estocagem a $7\pm 1^\circ\text{C}$.

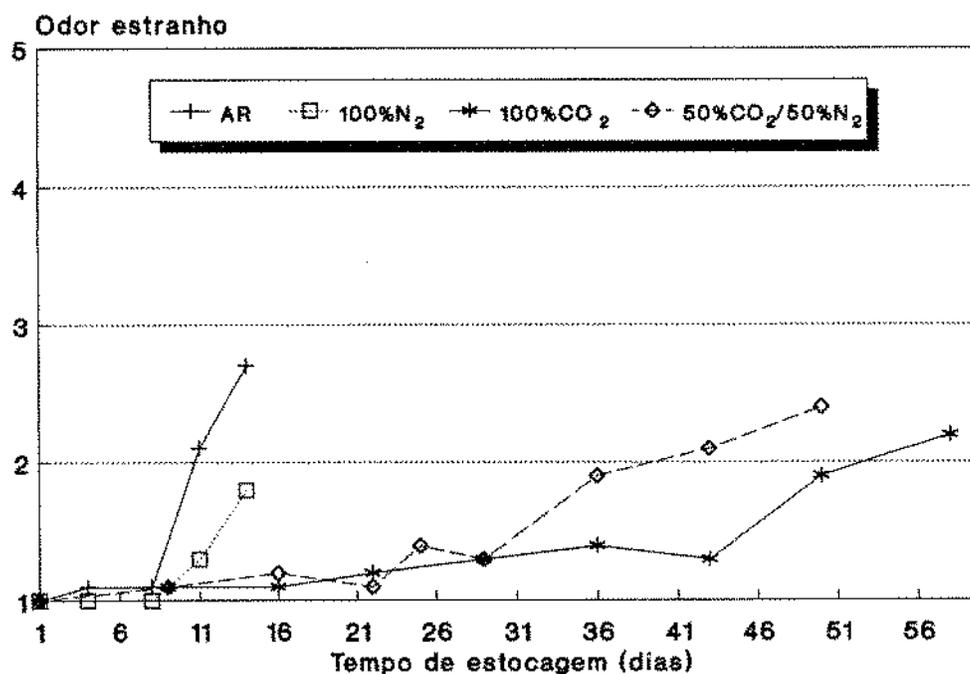


FIGURA 21. Avaliação de odor estranho em queijo Mozzarella fatiado, durante estocagem a $7\pm 1^\circ\text{C}$.

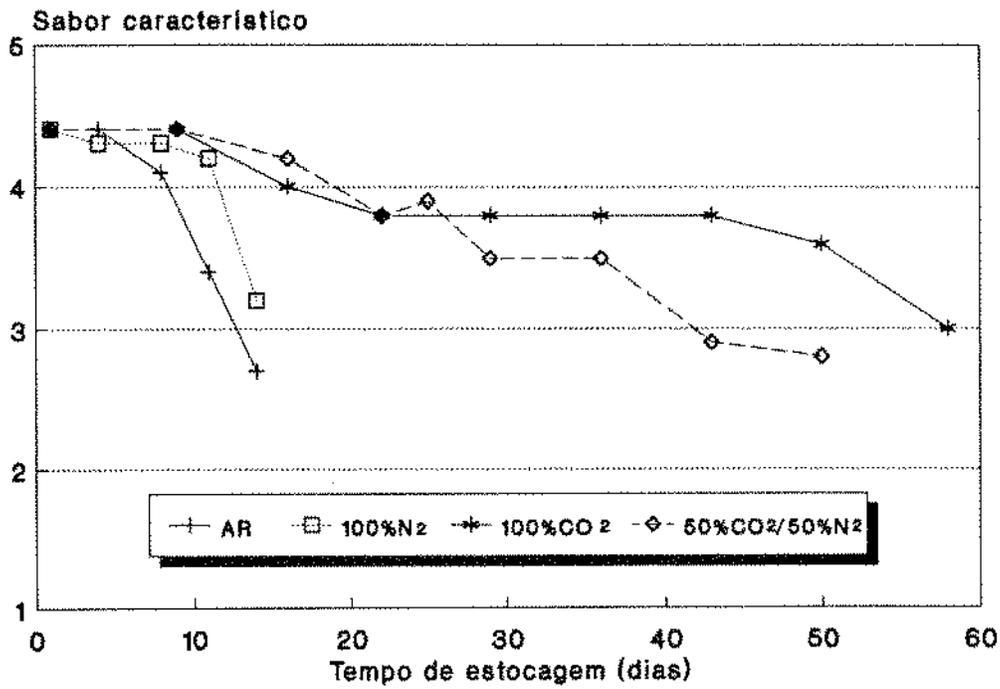


FIGURA 22. Avaliação de sabor característico em queijo Mozzarella fatiado, durante estocagem a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$.

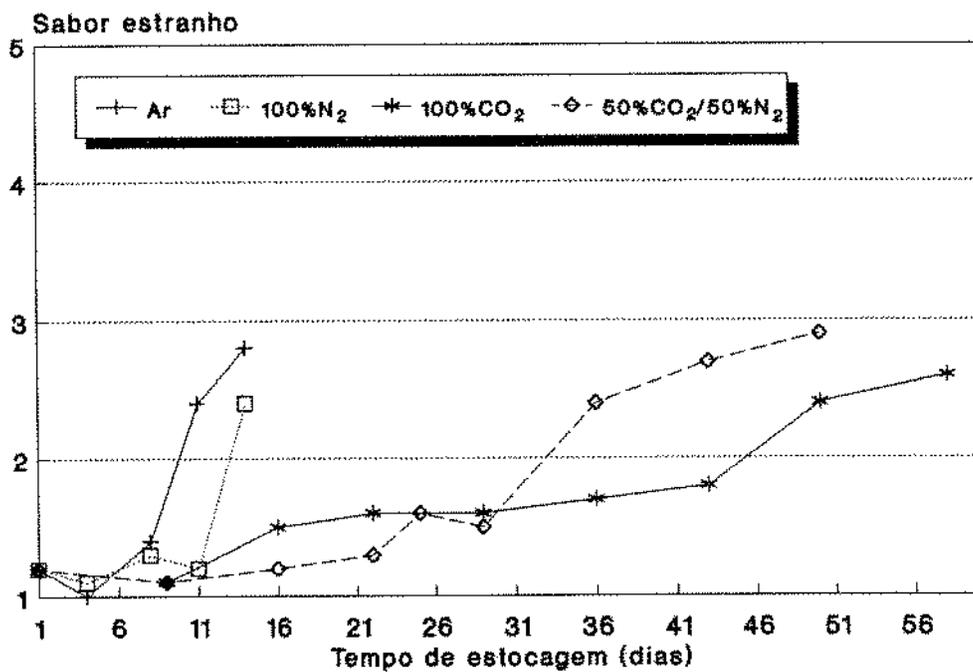


FIGURA 23. Avaliação de sabor estranho em queijo Mozzarella fatiado, durante estocagem a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$.

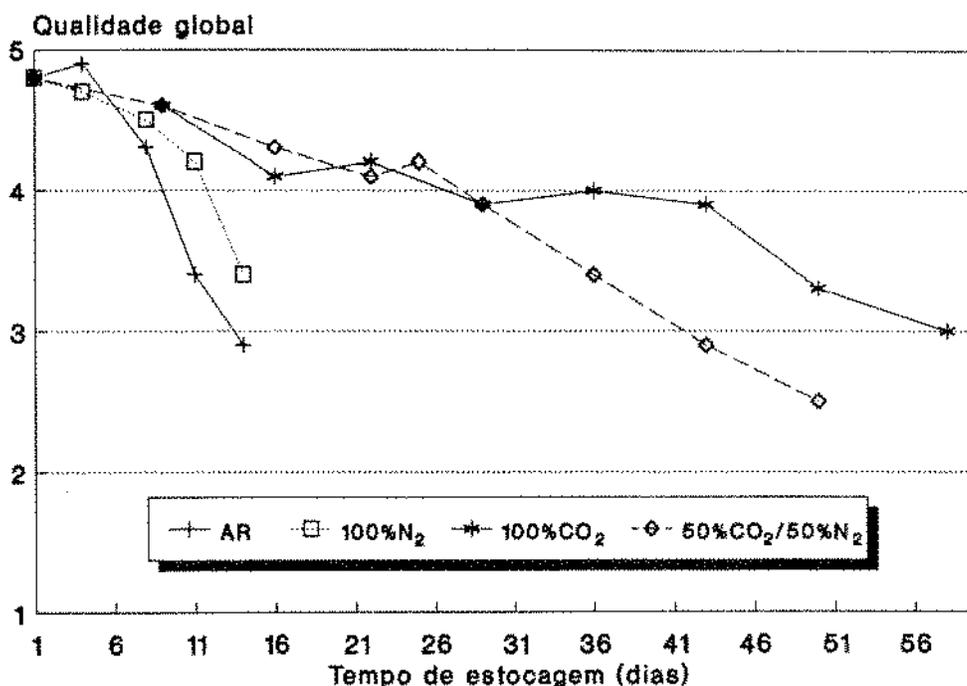


FIGURA 24. Avaliação da qualidade global em queijo Mozzarella fatiado, durante estocagem a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Odor característico

A perda do odor característico no produto em ar começou a ser significativamente ($p < 0,05$) maior que a observada no produto-controle e no queijo em atmosfera $100\%N_2$ a partir de 11 dias de estocagem e atingiu o valor médio da escala (3,0 pontos = odor característico moderado) entre 11 e 14 dias de estocagem. Durante o período estudado, a perda do odor característico no produto em atmosfera $100\%N_2$ não diferiu da observada no produto-controle.

Nos queijos Mozzarella em atmosfera $50\%CO_2/50\%N_2$ e $100\%CO_2$, a perda do odor característico foi mais lenta ao longo da estocagem, sendo observada uma diferença significativa ($p < 0,05$) do produto-controle após 43 dias e aos 58 dias de estocagem, respectivamente para os queijos em atmosfera $50\%CO_2/50\%N_2$ e $100\%CO_2$. Até o final do período estudado não houve diferença significativa quanto a este atributo entre os queijos das duas atmosferas com CO_2 , porque embora tenha sido verificada uma diferença entre eles aos 43 dias, isto não se confirmou na análise com 50 dias de estocagem.

Odor estranho

A partir de 11 dias de estocagem, o desenvolvimento de odor estranho no queijo Mozarela em ar começou a ser significativamente ($p < 0,05$) maior que no produto-controle e no queijo em atmosfera 100%N₂. Aos 14 dias o odor estranho do produto em 100%N₂ também diferiu do produto-controle.

Os queijos em atmosfera com CO₂ começaram a desenvolver um odor estranho, significativamente ($p < 0,05$) diferente do produto-controle, nos dois últimos períodos de análise.

Sabor característico

A perda do sabor característico no queijo em ar foi significativamente ($p < 0,05$) maior que do produto-controle e em atmosfera 100%N₂ a partir de 11 dias de estocagem. Entre 11 e 14 dias de estocagem o produto em ar apresentou sabor característico moderado. No queijo em atmosfera 100%N₂, este atributo começou a diferir significativamente ($p < 0,05$) do controle aos 14 dias.

O produto em 50%CO₂/50%N₂ começou a perder seu sabor característico com mais intensidade que o controle a partir de 29 dias e mais que o produto em 100%CO₂ a partir de 43 dias de estocagem, quando apresentou sabor característico moderado.

No queijo Mozarela em 100%CO₂ a perda de sabor característico foi semelhante à do produto-controle durante toda a estocagem e atingiu o meio da escala deste atributo aos 58 dias de estocagem.

Sabor estranho

De maneira geral, o desenvolvimento de sabor estranho foi mais perceptível que o odor estranho e geralmente identificado como de fermentado, azedo ou de levedura. Da mesma forma que dos outros atributos, a partir de 11 dias o desenvolvimento de sabor estranho no queijo em ar se acentuou significativamente ($p < 0,05$) em relação ao observado no produto em 100%N₂ e no controle. O desenvolvimento de sabor estranho no queijo em 100%N₂ diferiu do observado no controle e se igualou ao do produto em ar aos 14 dias de estocagem.

O desenvolvimento de sabor estranho no queijo Mozarela em 50%CO₂/50%N₂ começou a apresentar maior intensidade que o observado no controle e no produto em 100%CO₂ a partir de 29 dias e 43 dias de estocagem, respectivamente.

No produto em 100%CO₂, o desenvolvimento de sabor estranho foi superior que o do controle aos 50 e 58 dias de estocagem.

Qualidade global

A partir de 11 dias de estocagem os queijos Mozzarella em ar e em 100%N₂ tiveram uma avaliação de qualidade global inferior à do controle e apresentavam diferença significativa (p<0,05) entre si. O produto em ar atingiu qualidade global moderada entre 11 e 14 dias de estocagem.

A partir de 29 dias de estocagem, o queijo Mozzarella em 50%CO₂/50%N₂ começou a apresentar qualidade global inferior à do controle e foi considerado com qualidade global moderada entre 36 e 43 dias de estocagem. A partir de 43 dias também começou a diferir significativamente (p<0,05) do produto em 100%CO₂.

A perda de qualidade global no produto em 100%CO₂ foi significativamente (p<0,05) maior que a do controle a partir de 50 dias de estocagem e aos 58 dias havia perdido 50% deste atributo.

Foi feita uma análise de correlação entre os resultados de qualidade global e os demais atributos da análise sensorial do queijo Mozzarella fatiado estocado a 7±1°C, e os resultados são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5. Matriz de coeficiente de correlação entre os resultados de qualidade global e os demais atributos da análise sensorial.

Atmosfera	Coeficiente de correlação			
	Odor		Sabor	
	Característico	Estranho	Característico	Estranho
Ar	0,9495	- 0,9670	0,9860	- 0,9932
100% N ₂	0,9088	- 0,9814	0,9578	- 0,9220
100% CO ₂	0,9661	- 0,9379	0,9488	- 0,9727
50% CO ₂ / 50%N ₂	0,9554	- 0,9649	0,9748	- 0,9620

Verificou-se excelente correlação entre as alterações de sabor e odor e a qualidade global, uma vez que todos os coeficientes de correlação foram muito altos e próximos (menor = 0,9088 e o maior = -0,9932).

Se se comparar os resultados das análises sensoriais e microbiológicas observa-se que nos tratamentos ar, 100%N₂ e 50%CO₂/50%N₂, as alterações dos atributos sensoriais analisados com referência ao produto-controle se acentuaram a partir do período de estocagem em que as contagens de leveduras no produto foram da ordem de 7,0 log UFC/g. Esses níveis de contagem ocorreram, para os queijos em ar, 100%N₂ e 50%CO₂/50%N₂ aos 11, 14 e 29 dias de estocagem, respectivamente.

A total inibição do desenvolvimento de leveduras no queijo Mozarela fatiado em 100%CO₂ foi responsável pela melhor preservação das qualidades organolépticas do produto. Mas, ao redor de 60 dias de estocagem, iniciaram-se degradações sensoriais inerentes ao produto, pois o queijo Mozarela em peça do mercado (acondicionado a vácuo) apresenta período de vida-de-prateleira garantida pelos fabricantes de 60 a 120 dias (ALVES *et alii*, 1994).

4.5 Estimativa da vida-de-prateleira

A relação funcional entre a perda de qualidade global do queijo (QG) e o tempo de estocagem (t), para os quatro tratamentos é dada pelas seguintes equações:

Ar

$$QG = 4,8859 + 0,0129 t - 0,0116 t^2 \quad (r^2 = 0,97)$$

100%N₂

$$QG = 4,6960 + 0,0666 t - 0,0111 t^2 \quad (r^2 = 0,98)$$

50%CO₂/50%N₂

$$QG = 5,0753 - 0,0475 t \quad (r^2 = 0,95)$$

100%CO₂

$$QG = 4,8006 - 0,0281 t \quad (r^2 = 0,90)$$

Considerando-se como limite de aceitabilidade deste produto pelo consumidor uma qualidade global moderada (valor 3 na escala utilizada), estimaram-se os seguintes períodos de vida-de-prateleira para o queijo Mozarela fatiado, nos quatro tratamentos, estocados a 7±1°C:

Ar: 13 dias

100%N₂: 16 dias

50%CO₂/50%N₂: 44 dias

100%CO₂: 64 dias

Assim sendo, não se verificou um aumento significativo da vida útil do produto acondicionado em atmosfera 100%N₂ em relação ao sistema convencional de embalagem em ar, com filme de PVC esticável. Contudo, constatou-se um prolongamento significativo da durabilidade do queijo Mozzarella fatiado com atmosfera contendo gás carbônico, uma vez que comprovaram-se aumentos da vida útil de 238% e de 392%, respectivamente, para os produtos em atmosferas 50%CO₂/50%N₂ e 100%CO₂.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo concluiu-se que:

- a atmosfera inerte de 100%N₂ não se mostrou eficaz no controle da deterioração microbiológica de queijo Mozarela fatiado, provavelmente porque o residual de O₂, após o equilíbrio dos gases no espaço-livre, tenha ficado ao redor de 3 a 4%. Esse residual é decorrente do ar ocluso entre as fatias de queijo e na bandeja e dificilmente poderá ser reduzido a níveis inferiores que 1%, principalmente em equipamentos industriais;
- nos sistemas de atmosfera modificada com CO₂ foi demonstrada a eficiência do CO₂ no controle da deterioração microbiológica. Comprovou-se inclusive que o incremento da relação de 0,8 para 2,0 litros (CNTP) CO₂/kg queijo levou a um aumento da eficácia desse gás. Nos queijos sob atmosfera com 0,8 litro (CNTP) CO₂/kg queijo houve redução na velocidade do desenvolvimento de psicotróficos aeróbios e de bolores e leveduras. Nos queijos sob atmosfera com 2,0 litros (CNTP) CO₂/kg queijo foi comprovado um retardamento no início do crescimento e uma diminuição da velocidade de crescimento de psicotróficos aeróbios e a inibição total do crescimento de bolores e leveduras no queijo;
- atmosferas com percentagens iniciais de CO₂ de 39% e inclusive de 97% não causam alterações na qualidade organoléptica de queijo Mozarela;
- os fatores limitantes da vida-de-prateleira do produto foram as alterações de sabor e odor, que apresentaram excelente correlação com a avaliação da qualidade global;
- a vida útil do queijo Mozarela fatiado a 7±1°C, com base na avaliação de qualidade global, para os quatro sistemas de acondicionamento foi:

* ar atmosférico - 13 dias,

* 100%N₂ - 16 dias,

* atmosferas com CO₂ na proporção de 0,8 litro
CO₂ (CNTP)/kg queijo - 44 dias,

* atmosferas com CO₂ na proporção de 2,0 litros
CO₂ (CNTP)/kg queijo - 64 dias;

- a embalagem utilizada nos sistemas com atmosfera modificada, com taxas de permeabilidade ao oxigênio e ao gás carbônico de 26,5 e 79,9 cm³

(CNTp)/m²/dia a 24°C, 1 atm e a seco, respectivamente, foi adequada para o acondicionamento de queijo Mozzarella, estocado a 7±1°C, uma vez que manteve estável a composição dos gases no espaço-livre pelo período de 60 dias;

- dos sistemas avaliados, a atmosfera com 100%CO₂ constitui uma alternativa interessante à comercialização de queijo Mozzarella fatiado, viabilizando-lhe uma vida útil da ordem de grandeza do produto comercializado em peça.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R.M.V. PEBDL - Uma opção no mercado brasileiro. **Informativo CETEA, Campinas, 4 (5): 7-8, 1992.**
- ALVES, R.M.V.; GARCIA, E.E.C.; DANTAS, S.T.; PADULA, M. Embalagem para queijos. In: _____ **Embalagem para produtos de laticínios.** Campinas, CETEA/ITAL, 1994. cap.2, p.21-37.
- APPLICATIONS for cheese - Multivac packaging machines. Wolfertschwenden, Multivac, [s.d] 6p. (catálogo).
- ASCHAFFENBURG, R. & DREWRY, J. New procedure for the routine determination of the various non casein proteins of milk. In: **INTERNATIONAL DAIRY CONGRESS, 15.** London, 1959. **Proceedings...** London, International Dairy Federation, 1959. v.3, p.1631-1637.
- BERNE, S. MAP-ping the future with CAP-ability. **Prepared Foods, Chicago, 163 (3): 101-102, 104-105, 1994.**
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.01/87 de 28 de janeiro de 1987. **Diário Oficial da União, Brasília, 12 fev. 1987. seção 1, pt.1.**
- CAKEBREAD, D. European market developments and opportunities for MAP. In: **MAPACK'93, Greenville, 1993. Proceedings...** Herndon, Institute of Packaging Professionals - IoPP, 1993. 30p.
- CHEN, J.H. & HOTCHKISS, J.H. Effect of dissolved carbon dioxide on the growth of psychrotrophic organisms in cottage cheese. **Journal of Dairy Science, Champaign, 74 (9): 2941-2945, 1991.**
- CHEN, J.H. & HOTCHKISS, J.H. Growth of *Listeria monocytogenes* and *Clostridium sporogenes* in cottage cheese in modified atmosphere packaging. **Journal of Dairy Science, Champaign, 76 (4): 972-977, 1993.**
- CHEN, J.H. & HOTCHKISS, J.H; LAWLESS, H.T. Sensory and microbiological quality of cottage cheese packaged in high - barrier films with added CO₂. **Journal of Dairy Science, Champaign, 75 (Suppl.1): 95, 1992. (Abstract).**
- DAMSKE, L.A. Modified atmosphere packaging of dairy products - machinery and materials. In: **PACK ALIMENTAIRE'90, San Francisco, 1990. Proceedings...** San Francisco, Innovative Expositions Inc., 1990. p.E-3.

- DANIELS, J.A.; KRISHNAMURTHI, R.; RIZVI, S.S.H. A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality. **Journal of Food Protection**, Des Moines, **48** (6): 532-537, 1985.
- DATAMARK CONSULTORES. **Brazil Pack'94**. A indústria brasileira de embalagens incorporando o mercado brasileiro de produtos ao consumidor. Parte II - Os mercados de uso final, 9. ed., São Paulo, Datamark, 1994. p. 71-221.
- DAY, B.P.F. **Guidelines for the good manufacturing and handling of modified atmosphere packed food products**. Gloucestershire, The Campden Food and Drink Research Association, 1992. 79p. (Technical Manual n.34).
- EMPAQUES de atmósfera modificada. **Indústria Alimentícia**, Chicago, **4** (11):72-74, 1993.
- FARBER, J.M. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology : a review. **Journal of Food Protection**, Des Moines, **54** (1): 58-70, 1991.
- FIERHELLER, M.G. Modified atmosphere packaging of miscellaneous products. In: OORAIKUL, B. & STILES, M.E. **Modified atmosphere packaging of foods**. New York, Ellis Horwood, 1991. cap. 8, p.246-260.
- FIRST MAP cheese pack with resealable label. **Packaging Review**, Tonbridge, **19** (1): 23, 1993.
- FURTADO, M.M. Defeitos específicos de algumas variedades de queijo. In: _____. **A arte e a ciência do queijo**. São Paulo, Globo, 1990a. cap.9, p.239-279. (Publicações Globo Rural).
- FURTADO, M.M. Problemas da maturação dos queijos. In: _____. **A arte e a ciência do queijo**. São Paulo, Globo, 1990b. cap.8, p.213-237. (Publicações Globo Rural).
- FURTADO, M.M. & LOURENÇO NETO, J.P.M. Queijo tipo mussarela. In: ____ & _____. **Tecnologia de queijos**: manual técnico para produção industrial de queijos. São Paulo, Dipemar, 1994. p.81-84.
- GARCIA, E.E.C.; PADULA, M.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. **Embalagens plásticas**: propriedades de barreira. Campinas, CETEA/ITAL, 1989. 44p.
- GUISE, W. MAP for extended shelf-life. **Packaging**, London, **64** (701): 3-9, Dec./Jan. 1993-1994.
- HITCHINS, A.D.; HARTMAN, P.A. & TODD, E.C.D. Coliforms-*Escherichia coli* and its toxins. In: VANDERZANT, C. & SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, American Public Health Association, 1992. cap. 24, p. 325-369.

- HONER, C. Closing the freshness gap with CAP and MAP. *Dairy Foods*, Chicago, **89** (3): 53-54, 56, 1988.
- HORWITZ, W. ed. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 12 ed. Washington, AOAC, 1975. p. 284, (Proc. 16223).
- HOTCHKISS, J.H. Experimental approaches to determining the safety of food packaged in modified atmospheres. *Food Technology*, Chicago, **42** (9): 55, 60-64, 1988.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed., São Paulo, IAL, 1985. 371p. v.1.
- INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Determination of the protein content of processed cheese products**. Belgium, FIL/IDF, 1964. 3p. (FIL-IDF, 25).
- INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Determination of the total nitrogen content of milk by Kjeldahl method**. Belgium, FIL/IDF, 1962. 3p. (FIL-IDF, 20).
- INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Determination of the total solids content of cheese and processed cheese**. Belgium, FIL/IDF, 1982. 2p. (FIL-IDF, 4A).
- JENKINS, W.A & HARRINGTON J.P. Dairy products. In:___&___. **PACKAGING foods with plastic**. Lancaster, Technomic, 1991. cap. 9, p.145-171.
- KOSIKOWSKI, F.V. & BROWN, D.P. Influence of carbon dioxide and nitrogen on microbial populations and shelf life of cottage cheese and sour cream. *Journal of Dairy Science*, Champaign, **56** (1): 12-18, 1973.
- LABUZA, T.P. & SCHMIDL, M.K. Use of sensory in the shelf life testing of foods: principles and graphical methods for evaluation. *Cereal Foods World*, St. Paul, **33** (2): 193-194, 196-198, 200-206, 1988.
- LIOUTAS, T.S. Challenges of controlled and modified atmosphere packaging: a food company's perspective. *Food Technology*, Chicago, **42** (9): 78-86, 1988.
- LOUIS, P.J. Cheese packaging. *European Packaging Newsletter and World Report*, Alexandria, **19** (8): 6, 1986.
- LOUIS, P.J. Modified atmosphere packaging in Europe. *European Packaging Newsletter and World Report*, Alexandria, **27** (7): 1-4, 1994.
- LOUIS, P.J. Progress on modified atmosphere packaging. *European Packaging Newsletter and World Report*, Alexandria, **22** (3): 6, 1989.
- MAPAXTM. **The optimal solution of modified atmosphere**. Lidingö, AGA, [s.d]. 38p.

- MOIR, C.J., EYLES, M.J.; DAVEY J.A. Inhibition of pseudomonads in cottage cheese by packaging in atmospheres containing carbon dioxide. **Food Microbiology**, London, **10** (4): 343-351, 1993.
- OLSON JR, J.C. & MOCQUOT, G. Milk and milk products. In: THE INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS. **Microbial ecology of foods: food commodities**. New York, Academic Press, 1980. v.2, p.470-513.
- PADULA, M., SARANTÓPOULOS, C.I.G.L., ARDITO, E.F.G., GARCIA, E.E.C., OLIVEIRA, L.M., ALVES, R.M.V. **Embalagens plásticas: controle de qualidade**. Campinas, ITAL/SBCTA, 1989. 202p.
- PIERGIOVANNI, L.; FAVA, P.; MORO, M. Shelf-life extension of Taleggio cheese by modified atmosphere packaging. **Italian Journal of Food Science**, Roma, **5** (2): 115-127, 1993.
- PINHO, F. Atmosfera modificada: uma qualidade com longo prazo. **Alimentos Qualidade & Produtividade**, Rio de Janeiro, **1** (2): 18-19, 1995.
- SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; ALVES, R.M.V.; MORI, E.E.M.; VENEGA, M.A. Efeitos da embalagem com atmosfera modificada na preservação de queijo parmesão ralado. **Coletânea do ITAL**, Campinas, 1995. (no prelo)
- SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; EIROA, M.U.; SHIROSE, I. Effect of MAP on quality and shelf-life of buffalo mozzarella cheese. In: IAPRI - WORLD CONFERENCE ON PACKAGING, 8, São Paulo, 1993. **Proceedings...**, Campinas, CETEA, 1993. v.2, p.637-650.
- SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. & SOLER, R.M. Embalagens com atmosfera modificada/controlada. In: **NOVAS tecnologias de acondicionamento de alimentos: embalagens flexíveis e semi-rígidas**. Campinas, ITAL/SBCTA, 1988. cap.5, p.105-140.
- SCOTT, C.R. & SMITH, H.O. Cottage cheese shelf life and special as atmospheres. **Journal of Food Science**, Chicago, **36** (1): 78-80, 1971.
- SERRES, L.; AMARIGLIO, S.; PETRANSXIENE, D. **Controle de la qualité des produits laitiers**. Ministère de l'Agriculture. Direction des services Vétérinaires. Tome I. Analyse Physique et Chimique (Chimie VII-6), 1973.
- SMITH, J.P.; RAMASWAMY, H.S.; SIMPSON, B.K. Developments in food packaging technology. Part II: storage aspects. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, **1** (5): 111-118, 1990.
- SUBRAMANIAM, P.J. Miscellaneous applications. In: PARRY, R.T. **Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods**. Glasgow, Blackie Academic & Professional, 1993.cap.8, p.170-188.

SWANSON, K.M.J.; BUSTA, F.F.; PETERSON, E.H.; JOHNSON, M.G. Colony count methods. In: VANDERZANT, C. & SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, American Public Health Association, 1992. cap. 4, p. 75-95.

WOLFSCHOON-POMBO, A.F. Índices de proteólise em alguns queijos brasileiros. **Boletim do Leite**, Rio de Janeiro, **51** (661): 1-8, 1983.

WOLFSCHOON-POMBO, A.F. & LIMA, A. de. Extensão e profundidade de proteólise em queijo Minas Frescal. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, **44** (261): 50-54, 1989.

WOODS, S. Le grand fromage. **Canadian Packaging**, Toronto, **45** (9):58, 1992.

ANEXOS

ANEXO A

Ficha de avaliação sensorial utilizada no treinamento dos provadores

Nome: _____ Data: ___/___/___

Por favor, avalie as amostras de queijo Mozzarella quanto a odor, sabor e qualidade global, seguindo as escalas abaixo:

ODOR E SABOR	QUALIDADE GLOBAL
1. Ausente	1. Muito boa
2. Ligeiro	2. Boa
3. Moderado	3. Regular
4. Forte	4. Ruim
5. Extremamente forte	5. Muito ruim

ATRIBUTO	Nº DA AMOSTRA	NOTA
Odor característico	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
Odor de mofo	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
Odor de levedura	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
Odor estranho	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____

ATRIBUTO	Nº DA AMOSTRA	NOTA
Sabor característico	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
Sabor estranho	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
Sabor de mofo	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
Sabor de levedura	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
Sabor de velho	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
Qualidade global	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____

ANEXO B

Ficha de avaliação sensorial utilizada no estudo de vida-de-prateleira

Nome: _____ Data: ___/___/___

Por favor, avalie as amostras de queijo Mozzarella quanto a odor, sabor e qualidade global, seguindo as escalas abaixo:

ODOR E SABOR	QUALIDADE GLOBAL
1. Ausente	5. Muito boa
1.5	4.5
2. Ligeiro	4. Boa
2.5	3.5
3. Moderado	3. Regular
3.5	2.5
4. Forte	2. Ruim
4.5	1.5
5. Extremamente forte	1. Muito ruim

Nº da amostra	ODOR		SABOR		QUALIDADE GLOBAL
	Caract.	Estranho	Caract.	Estranho	
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Obs.: _____

ANEXO C

Valores médios da composição gasosa do espaço-livre de embalagens de queijo Mozzarella fatiado com atmosfera de 100%N₂, no 1º Teste Prévio.

Estocagem (dias)	Concentração (%v)		
	O ₂	CO ₂	N ₂
1	0,90	0,00	99,13
8	3,81	0,42	96,61
21	1,28	9,41	89,31
33	0,71	11,82	87,48

Valores médios da composição gasosa do espaço-livre de embalagens de queijo Mozzarella fatiado com atmosfera de 100% CO₂, no 1º Teste Prévio.

Estocagem (dias)	Concentração (%v)		
	O ₂	CO ₂	N ₂
1	0,78	87,02	12,20
8	5,78	71,50	22,71
15	4,94	76,04	19,01
21	4,74	76,00	19,25
33	5,18	75,12	20,06

Contagens microbiológicas em queijo Mozarela fatiado, no 1º Teste Prévio.

Microorganismo	Atmosfera	Estocagem (dias)		
		Inicial	21	33
Psicotróficos aeróbios (log UFC/g)	100% N ₂		6,67	7,30
	100% CO ₂	-	4,04	< 1
	Vácuo(*)		-	6,97
Bolores e leveduras (log UFC/g)	100% N ₂		6,89	6,71
	100% CO ₂	4.23	4,36	4,66
	Vácuo(*)		-	6,30
Coliformes totais (NMP/g)	100% N ₂		0,61	< 3
	100% CO ₂	< 3	< 3	< 3
	Vácuo(*)		-	< 3

UFC = unidade formadora de colônia

NMP = número mais provável

** = amostragem da superfície da peça de Mozarela*

ANEXO D

Valores médios da composição gasosa do espaço-livre de embalagens de queijo Mozarela fatiado com atmosfera de 100% N₂, no 2º Teste Prévio.

Estocagem (dias)	Concentração (%v)			Volume gás (ml - CNTP)		
	O ₂	CO ₂	N ₂	O ₂	CO ₂	N ₂
1	0,48	0,00	99,52	-	-	-
7	3,01	0,88	96,10	15,47	4,52	493,95
14	0,75	3,40	95,85	3,82	17,40	489,80
22	0,15	5,81	94,04	0,82	31,66	513,56
29	0,15	6,88	93,06	0,83	38,10	515,23

Valores médios da composição gasosa do espaço-livre de embalagens de queijo Mozarela fatiado com atmosfera de 100% CO₂, no 2º Teste Prévio.

Estocagem (dias)	Concentração (%v)			Volume gás (ml - CNTP)		
	O ₂	CO ₂	N ₂	O ₂	CO ₂	N ₂
1	0,45	97,98	1,57	-	-	-
7	5,26	78,56	16,40	19,85	297,02	62,03
14	4,10	80,06	15,83	16,03	312,84	61,87
22	3,37	75,22	21,26	12,81	286,00	80,85
29	2,68	74,44	22,88	10,83	299,13	91,79

OBS: peso médio de queijo = 190g
volume médio de CO₂ = 299ml (CNTP) → 1,6 litros CO₂ (CNTP) / kg queijo

Contagens microbiológicas em queijo Mozzarella fatiado, no 2º Teste Prévio.

Estocagem (dias)	Bolores e Leveduras (log UFC/g)		
	Ar	100%N ₂	100%CO ₂
Inicial	< 1	< 1	< 1
3	4,47	-	-
7	3,94	2,82	2,64
11	4,76	-	-
14	-	3,92	3,34
22	-	7,46	1,61
29	-	> 9,48	< 1

UFC = unidade formadora de colônia

ANEXO E

Valores médios do peso de queijo Mozarela fatiado e do volume do espaço-livre das embalagens com atmosfera de 100%N₂, durante estocagem a 7±1°C.

Estocagem (dias)	Peso produto (g)	Volume gás (ml - CNTP)
Inicial	163	662
4	165	518
8	157	561
11	168	612
14	147	632
18	134	534
média	156	586

Valores médios da composição gasosa do espaço-livre de embalagens de queijo Mozarela fatiado com atmosfera de 100%N₂, durante estocagem a 7±1°C.

Estocagem (dias)	Concentração (%v)			Volume (ml - CNTP)		
	O ₂	CO ₂	N ₂	O ₂	CO ₂	N ₂
Inicial	0,81	0,23	98,95	-	-	-
4	2,61	0,31	97,08	13,53	1,58	503,10
8	3,09	0,42	96,48	16,59	2,36	541,58
11	2,10	1,06	96,84	12,85	6,49	592,61
14	1,70	3,15	94,97	10,76	19,91	600,61
18	0,12	5,44	94,45	0,64	29,05	504,36

ANEXO F

Valores médios do peso de queijo Mozarela fatiado e do volume do espaço-livre das embalagens com atmosfera de 100%CO₂, durante estocagem a 7±1°C.

Estocagem (dias)	Peso produto (g)	Volume gás (ml - CNTP)
Inicial	179	447
9	185	443
16	156	452
22	178	437
29	137	453
36	184	446
43	183	435
50	184	424
58	179	436
média	174	441

Valores médios da composição gasosa do espaço-livre de embalagens de queijo Mozarela fatiado com atmosfera de 100%CO₂, durante estocagem a 7±1°C.

Estocagem (dias)	Concentração (%v)			Volume (ml - CNTP)		
	O ₂	CO ₂	N ₂	O ₂	CO ₂	N ₂
Inicial	1,39	96,61	1,98	-	-	-
9	3,67	78,02	18,31	16,25	345,72	81,04
16	3,77	78,23	18,00	17,02	353,23	81,27
22	3,31	80,76	15,94	14,47	352,98	69,67
29	4,07	76,28	19,65	17,56	350,60	84,87
36	3,19	79,99	16,82	14,23	356,85	75,04
43	3,67	77,41	18,91	15,96	336,80	82,21
50	3,91	77,41	18,68	16,59	328,46	79,15
58	3,59	76,64	19,78	15,62	334,84	86,19

ANEXO G

Valores médios do peso de queijo Mozarela fatiado e do volume do espaço-livre das embalagens com atmosfera de 50%CO₂/50%N₂, durante estocagem a 7±1°C.

Estocagem (dias)	Peso produto (g)	Volume gás (ml - CNTP)
Inicial	145	509
9	177	413
16	183	450
22	186	404
25	169	459
29	173	429
36	171	409
43	180	393
50	174	405
média	173	430

Valores médios da composição gasosa do espaço-livre de embalagens de queijo Mozarela fatiado com atmosfera de 50%CO₂/50%N₂, durante estocagem a 7±1°C.

Estocagem (dias)	Concentração (%v)			Volume (ml - CNTP)		
	O ₂	CO ₂	N ₂	O ₂	CO ₂	N ₂
Inicial	0,80	38,66	60,54	-	-	-
9	4,28	32,52	63,20	17,46	134,55	260,99
16	3,48	34,31	62,21	15,67	154,50	280,17
22	3,19	32,75	64,06	12,93	132,46	258,68
25	2,39	37,11	60,50	10,98	170,34	277,72
29	1,79	31,11	67,10	7,35	134,03	287,32
36	0,28	36,28	63,44	1,22	148,70	259,55
43	0,54	34,43	65,03	2,12	135,66	255,78
50	0,53	36,82	62,65	2,09	149,45	253,43

ANEXO H

Contagens de bactérias psicrotróficas aeróbias em queijo Mozzarella fatiado, durante estocagem a $7\pm 1^\circ\text{C}$.

Estocagem (dias)	Bactérias psicrotróficas aeróbias (log UFC/g)			
	Ar	100%N ₂	100%CO ₂	50%CO ₂ /50%N ₂
Inicial	< 1	< 1	< 1	< 1
4	4,51	4,01	-	-
8	5,74	5,99	-	-
9	-	-	< 1	4,12
11	> 8,48	6,54	-	-
14	8,37	7,51	-	-
16	-	-	< 1	5,84
18	8,32	7,66	-	-
21	-	-	< 1	6,26
25	-	-	-	7,06
29	-	-	3,30	7,08
36	-	-	5,97	6,86
43	-	-	5,85	7,70
50	-	-	-	7,12
58	-	-	> 6,48	-

UFC = unidade formadora de colônia

Contagens de bolores e leveduras em queijo Mozzarella fatiado, durante estocagem a 7±1°C.

Estocagem (dias)	Bolores e leveduras (log UFC/g)			
	Ar	100%N ₂	100%CO ₂	50%CO ₂ /50%N ₂
Inicial	< 1	< 1	< 1	< 1
4	< 1	< 1	-	-
8	5,83	5,79	-	-
9	-	-	< 1	3,58
11	> 8,48	6,08	-	-
14	8,36	7,25	-	-
16	-	-	< 1	5,01
18	8,42	7,64	-	-
21	-	-	< 1	6,28
25	-	-	-	6,35
29	-	-	< 1	6,93
36	-	-	< 1	6,91
43	-	-	< 1	7,06
50	-	-	< 1	7,23
58	-	-	< 1	-

UFC = unidade formadora de colônia

ANEXO I

Resultados da avaliação sensorial do queijo Mozzarella fatiado, durante estocagem a $7 \pm 1^\circ\text{C}$.

Estocagem (dias)	Odor característico				
	Controle	Ar	100%N ₂	100%CO ₂	50%CO ₂ /50%N ₂
1	4,6 ^a	4,6 ^a	4,6 ^a	4,6 ^a	4,6 ^a
4	4,4 ^a	4,3 ^a	4,3 ^a	-	-
8	4,3 ^a	4,3 ^a	4,6 ^a	-	-
9	4,5 ^a	-	-	4,6 ^a	4,6 ^a
11	4,5 ^a	3,6 ^b	4,1 ^a	-	-
14	4,3 ^a	2,8 ^b	3,7 ^a	-	-
16	4,4 ^a	-	-	4,2 ^a	4,3 ^a
22	4,1 ^a	-	-	4,1 ^a	3,9 ^a
25	4,2 ^a	-	-	-	3,9 ^a
29	4,2 ^a	-	-	4,1 ^a	3,9 ^a
36	3,9 ^a	-	-	4,1 ^a	3,4 ^a
43	3,9 ^a	-	-	4,0 ^a	3,3 ^b
50	4,1 ^a	-	-	3,7 ^{a,b}	3,2 ^b
58	3,7 ^a	-	-	3,1 ^b	-

Escala de 5 pontos (1=ausente; 5=extremamente forte)

a, b : médias acompanhadas de mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo Teste de Tukey a nível de 5% de significância.

Estocagem (dias)	Odor estranho				
	Controle	Ar	100%N ₂	100%CO ₂	50%CO ₂ /50%N ₂
1	1,0 ^a	1,0 ^a	1,0 ^a	1,0 ^a	1,0 ^a
4	1,0 ^a	1,1 ^a	1,0 ^a	-	-
8	1,1 ^a	1,1 ^a	1,0 ^a	-	-
9	1,1 ^a	-	-	1,1 ^a	1,1 ^a
11	1,0 ^a	2,1 ^b	1,3 ^a	-	-
14	1,1 ^a	2,7 ^b	1,8 ^c	-	-
16	1,2 ^a	-	-	1,1 ^a	1,2 ^a
22	1,2 ^a	-	-	1,2 ^a	1,1 ^a
25	1,3 ^a	-	-	-	1,4 ^a
29	1,1 ^a	-	-	1,3 ^a	1,3 ^a
36	1,4 ^a	-	-	1,4 ^a	1,9 ^a
43	1,4 ^{a,b}	-	-	1,3 ^b	2,1 ^a
50	1,2 ^a	-	-	1,9 ^b	2,4 ^b
58	1,6 ^a	-	-	2,2 ^b	-

Escala de 5 pontos (1=ausente, 5=extremamente forte)

a, b, c : médias acompanhadas de mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo Teste de Tukey a nível de 5% de significância.

Estocagem (dias)	Sabor característico				
	Controle	Ar	100%N ₂	100%CO ₂	50%CO ₂ /50%N ₂
1	4,4 ^a	4,4 ^a	4,4 ^a	4,4 ^a	4,4 ^a
4	4,3 ^a	4,4 ^a	4,3 ^a	-	-
8	4,3 ^a	4,1 ^a	4,3 ^a	-	-
9	4,2 ^a	-	-	4,4 ^a	4,4 ^a
11	4,4 ^a	3,4 ^b	4,2 ^a	-	-
14	4,4 ^a	2,7 ^b	3,2 ^b	-	-
16	4,2 ^a	-	-	4,0 ^a	4,2 ^a
22	4,2 ^a	-	-	3,8 ^a	3,8 ^a
25	4,2 ^a	-	-	-	3,9 ^a
29	4,2 ^a	-	-	3,8 ^{a,b}	3,5 ^b
36	3,9 ^a	-	-	3,8 ^{a,b}	3,5 ^b
43	3,9 ^a	-	-	3,8 ^a	2,9 ^b
50	3,9 ^a	-	-	3,6 ^a	2,8 ^b
58	3,5 ^a	-	-	3,0 ^a	-

Escala de 5 pontos (1=ausente, 5=extremamente forte)

a, b : médias acompanhadas de mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo Teste de Tukey a nível de 5% de significância.

Estocagem (dias)	Sabor estranho				
	Controle	Ar	100%N ₂	100%CO ₂	50%CO ₂ /50%N ₂
1	1,2 ^a	1,2 ^a	1,2 ^a	1,2 ^a	1,2 ^a
4	1,1 ^a	1,0 ^a	1,1 ^a	-	-
8	1,3 ^a	1,4 ^a	1,3 ^a	-	-
9	1,3 ^a	-	-	1,1 ^a	1,1 ^a
11	1,1 ^a	2,4 ^b	1,2 ^a	-	-
14	1,0 ^a	2,8 ^b	2,4 ^b	-	-
16	1,2 ^a	-	-	1,5 ^a	1,2 ^a
22	1,2 ^a	-	-	1,6 ^a	1,3 ^a
25	1,3 ^a	-	-	-	1,6 ^a
29	1,1 ^a	-	-	1,6 ^b	1,5 ^{a,b}
36	1,4 ^a	-	-	1,7 ^{a,b}	2,4 ^b
43	1,5 ^a	-	-	1,8 ^a	2,7 ^b
50	1,3 ^a	-	-	2,4 ^b	2,9 ^c
58	1,8 ^a	-	-	2,6 ^b	-

Escala de 5 pontos (1=ausente, 5=extremamente forte)

a, b, c : médias acompanhadas de mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo Teste de Tukey a nível de 5% de significância.

Estocagem (dias)	Qualidade global				
	Controle	Ar	100%N ₂	100%CO ₂	50%CO ₂ /50%N ₂
1	4,8 ^a	4,8 ^a	4,8 ^a	4,8 ^a	4,8 ^a
4	4,8 ^a	4,9 ^a	4,7 ^a	-	-
8	4,5 ^a	4,3 ^a	4,5 ^a	-	-
9	4,4 ^a	-	-	4,6 ^a	4,6 ^a
11	4,7 ^a	3,4 ^b	4,2 ^c	-	-
14	4,6 ^a	2,9 ^b	3,4 ^c	-	-
16	4,4 ^a	-	-	4,1 ^a	4,3 ^a
22	4,4 ^a	-	-	4,2 ^a	4,1 ^a
25	4,4 ^a	-	-	-	4,2 ^a
29	4,6 ^a	-	-	3,9 ^b	3,9 ^b
36	4,1 ^a	-	-	4,0 ^{a,b}	3,4 ^b
43	3,9 ^a	-	-	3,9 ^a	2,9 ^b
50	4,0 ^a	-	-	3,3 ^b	2,5 ^c
58	3,7 ^a	-	-	3,0 ^b	-

Escala de 5 pontos (1=ausente, 5=extremamente forte)

a, b, c : médias acompanhadas de mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo Teste de Tukey a nível de 5% de significância.