

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CONSERVAÇÃO DO REPOLHO MINIMAMENTE
PROCESSADO EM DIFERENTES SISTEMAS DE
EMBALAGEM**

MARIA MADALENA RINALDI

CAMPINAS - SP
MARÇO DE 2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

R47c Rinaldi, Maria Madalena
Conservação de repolho minimamente processado em diferentes sistemas de embalagem / Maria Madalena Rinaldi.--Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientadores: Benedito Carlos Benedetti e Celso Luiz Moretti.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Controle atmosféricos. 2. Temperatura. 3. Peroxidase. 4. Avaliação sensorial. I. Benedetti, Benedito Carlos. II. Moretti, Celso Luiz. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.

Titulo em Inglês: Conservation of minimally processed cabbage in differents package systems

Palavras-chave em Inglês: Controlled atmosphere, Temperature, Peroxidases, Sensory evaluation

Área de concentração: Tecnologia Pós-Colheita

Títuloção: Doutorado

Banca examinadora: Carlos Alberto Rodrigues Anjos, José Maria Monteiro Sigrist, Ricardo Alfredo Kluge e José Tadeu Jorge.

Data da defesa: 16/2/2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CONSERVAÇÃO DO REPOLHO MINIMAMENTE
PROCESSADO EM DIFERENTES SISTEMAS DE
EMBALAGEM**

Tese submetida à banca examinadora para
obtenção do título de Doutor em Engenharia
Agrícola na área de concentração em
Tecnologia Pós-Colheita.

MARIA MADALENA RINALDI

Orientador: Prof. Dr. BENEDITO CARLOS BENEDETTI

Co-Orientador: Dr. CELSO LUIZ MORETTI

CAMPINAS – SP
MARÇO DE 2005

AGRADECIMENTOS

À Deus por permitir que mais esta etapa fosse realizada em minha vida.

À Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI/UNICAMP, pela oportunidade oferecida.

À CAPES pelo fornecimento da bolsa de doutorado e à FAPESP pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao Prof. Dr. Benedito Carlos Benedetti, pela orientação, apoio e compreensão nos momentos necessários.

Ao Pesquisador Científico Dr. Celso Luiz Moretti, do Centro Nacional de Pesquisa em Hortaliças – CNPH/EMBRAPA pela co-orientação.

À Pesquisadora Científica Claire I. G. L. Sarantópoulos, do Centro de Tecnologia de Embalagens (CETEA/ITAL) pela orientação na definição das embalagens.

À Faculdade de Engenharia de Alimentos – FEA/UNICAMP, pela disponibilidade dos laboratórios de Embalagens, Instrumentação e Bioquímica para a realização de análises e, principalmente, à Técnica de Nível Superior Ana Lourdes do Laboratório de Microbiologia e Instrumentação, pelo treinamento e auxílio na realização das análises microbiológicas e espectrofotométricas.

Ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Hortifrutícolas – FRUTHOTEC/ITAL pela possibilidade de realização da segunda etapa desse projeto, e a técnica de laboratório Débora Belo Alves pelo auxílio na montagem dos experimentos e análises das variáveis.

À White Martins (Praxair Inc.) pelo fornecimento integral das misturas gasosas para a atmosfera controlada, e a Incotherm – RS pelo fornecimento dos capilares.

Aos técnicos do laboratório de Tecnologia Pós-Colheita (FEAGRI/UNICAMP) Rosália, Laura, Francisco e Rosa Helena, e as estagiárias Bianca e Priscila pelo auxílio na realização dos experimentos.

Ao meu esposo Delvio Sandri, pelo apoio, incentivo, convívio e ajuda incondicional durante todo esse período.

Aos meus pais que mesmo distantes acreditaram que esta etapa fosse concluída.

À todas as pessoas que estiveram presentes em minha vida e contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Matéria-prima.....	4
2.2. Operações do processamento mínimo.....	5
2.3. Alterações decorrentes do processamento mínimo	7
2.3.1. Indução a síntese de etileno	7
2.3.2. Taxa respiratória	7
2.3.3. Perda de massa fresca	8
2.3.4. Escurecimento enzimático	10
2.3.5. Alterações microbiológicas.....	12
2.4. Fatores que interferem no processamento mínimo	14
2.4.1. Temperatura	14
2.4.2. Acondicionamento em atmosfera modificada e/ou controlada.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1. Local dos experimentos.....	23
3.2. Matéria-prima.....	23
3.3. Processamento mínimo	24
3.4. Etapa 1 - Determinação da atividade respiratória e produção de etileno do repolho inteiro e minimamente processado nas temperaturas de 5°C e 10°C, em sistema fechado.	25
3.5. Etapa 2 - Influência da atmosfera controlada sobre o repolho minimamente processado armazenado na temperatura de 5°C.	27

3.6. Etapa 3 - Determinação da vida útil do repolho minimamente processado acondicionado em atmosfera modificada ativa e passiva.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1. ETAPA 1 - Determinação da atividade respiratória e produção de etileno do repolho inteiro e minimamente processado nas temperaturas de 5°C e 10°C, em sistema fechado.	42
4.2. ETAPA 2 - Influência da atmosfera controlada sobre o repolho minimamente processado armazenado na temperatura de 5°C.	44
4.2.1. Avaliação da cor do repolho minimamente processado	44
4.2.2. Ácido ascórbico	47
4.2.3. pH e acidez titulável.....	48
4.2.4. Sólidos solúveis	50
4.3. ETAPA 3 - Determinação da vida útil do repolho minimamente processado acondicionado em atmosfera modificada ativa e passiva.....	52
4.3.1. Dados da temperatura no balcão expositor refrigerado conveniência – Comercialização Simulada.....	52
4.3.2. Composição gasosa no interior das embalagens.....	54
4.3.3. Avaliação da cor do repolho minimamente processado	58
4.3.4. Atividade enzimática	61
4.3.5. Ácido ascórbico	65
4.3.6. pH e acidez titulável.....	67
4.3.7. Sólidos solúveis	71
4.3.8. Perda de massa fresca	72
4.3.9. Análises microbiológicas.....	73
4.3.10. Análise sensorial	79
5. CONCLUSÕES	84
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
7. ANEXOS	101
ANEXO 1 - Dados experimentais e análise de variância da atividade respiratória do repolho minimamente processado - Etapa I.....	102

ANEXO 2 - Dados experimentais e análise de variância das análises físico-químicas e nutricional no repolho minimamente processado – Etapa II	103
ANEXO 3 - Dados experimentais e análise de variância das análises da composição gasosa no interior da embalagens, físico-químicas e enzimáticas no repolho minimamente processado – Etapa III	105
ANEXO 4 - Dados experimentais e análise de variância da Análise Sensorial em repolho minimamente processado – Etapa III	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Misturas ternárias utilizadas em repolho minimamente processado sob atmosfera controlada na temperatura de 5°C.....	28
Tabela 2. Características dos sistemas de embalagens utilizados para o repolho minimamente processado em atmosfera modificada passiva e ativa, armazenadas à 5°C e 10°C.....	33
Tabela 3. Contagem de coliformes totais em repolho minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens, armazenadas na temperatura de 5°C e comercialização simulada (CS).....	74
Tabela 4. Contagem de microrganismos aeróbios mesófilos em repolho minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens, armazenadas nas temperaturas de 5°C e em comercialização simulada (CS).....	75
Tabela 5. Contagem de bolores e leveduras em repolho minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens, armazenadas nas temperaturas de 5°C e em comercialização simulada (CS).....	77
Tabela 6. Análise de variância da atividade respiratória.....	102
Tabela 7. Médias da atividade respiratória.....	102
Tabela 8. Análise de variância da Luminosidade, Incremento no Escurecimento (IE), Ácido ascórbico, pH, Acidez titulável e Sólidos solúveis (SS).....	103
Tabela 9. Médias dos valores de Luminosidade.....	103
Tabela 10. Médias dos valores de Incremento no escurecimento.....	103
Tabela 11. Médias dos valores de Ácido ascórbico.....	104
Tabela 12. Médias dos valores de pH.....	104
Tabela 13. Médias dos valores de Acidez titulável.....	104
Tabela 14. Médias dos valores de Sólidos Solúveis.....	104
Tabela 15. Análise de variância do Oxigênio (O ₂), Dióxido de carbono (CO ₂), Luminosidade, Incremento no escurecimento, Polifenoloxidase e Peroxidase.....	105
Tabela 16. Médias dos valores de Oxigênio.....	105
Tabela 17. Médias dos valores de Dióxido de carbono.....	106
Tabela 18. Médias dos valores de Luminosidade.....	106

Tabela 19. Médias do valores de Incremento no escurecimento.....	106
Tabela 20. Médias dos valores de Polifenoloxidase.....	107
Tabela 21. Médias dos valores de Peroxidase.....	107
Tabela 22. Análise de variância do Ácido ascórbico, pH, Acidez titulável e Sólidos solúveis.....	107
Tabela 23. Médias dos valores de Ácido ascórbico.....	107
Tabela 24. Médias dos valores de pH.....	108
Tabela 25. Médias dos valores de Acidez titulável.....	108
Tabela 26. Médias dos valores de Sólidos solúveis.....	108
Tabela 27. Análise de variância dos atributos: Escurecimento, Murchamento, Aparência geral e Aroma “passado”.....	109
Tabela 28. Médias das notas para o Escurecimento.....	109
Tabela 29. Médias das notas para a Aparência geral.....	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Determinação da atividade respiratória e produção de etileno de repolho inteiro e minimamente processado nas temperaturas de 5°C e 10°C em sistema fechado.	25
Figura 2. Fluxcentro utilizada em atmosfera controlada na temperatura de 5°C.....	29
Figura 3. Ficha de ADQ Modificado, desenvolvida pela equipe, para análise sensorial do repolho minimamente processado em diferentes embalagens e temperaturas.....	40
Figura 4. Ficha de ADQ Modificado, desenvolvida pela equipe, para análise sensorial do repolho minimamente processado em diferentes embalagens e temperaturas.....	41
Figura 5. Atividade respiratória do repolho inteiro e minimamente processado nas temperaturas de 5°C e 10°C em sistema fechado.	42
Figura 6. Valores de luminosidade (L*) (A) e incremento de escurecimento (IE) (B) em repolho minimamente processado armazenado sob atmosfera controlada, na temperatura de 5°C.....	45
Figura 7. Valores de ácido ascórbico em repolho minimamente processado armazenado sob atmosfera controlada, na temperatura de 5°C.	47
Figura 8. Valores de pH (A) e acidez titulável (B) em repolho minimamente processado armazenado sob atmosfera controlada, na temperatura de 5°C.	49
Figura 9. Valores de sólidos solúveis em repolho minimamente processado armazenado sob atmosfera controlada, na temperatura de 5°C.	51
Figura 10. Valores médios de temperatura em balcão refrigerado conveniência durante 16 dias de armazenamento de repolho minimamente processado.	53
Figura 11. Concentração de oxigênio (A) e dióxido de carbono (B), na atmosfera interna de embalagens contendo repolho minimamente processado, armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.....	55
Figura 12. Valores de luminosidade (A) e incremento de escurecimento (B) em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.....	60
Figura 13. Valores de atividade das enzimas polifenoloxidase (A) e peroxidase (B) em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.	62

Figura 14. Valores de ácido ascórbico em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.	65
Figura 15. Valores de pH (A) e acidez titulável (B) em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.	69
Figura 16. Valores de sólidos solúveis em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.	71
Figura 17. Perda de massa fresca em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.	73
Figura 18. Notas atribuídas ao escurecimento em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.	79
Figura 19. Notas atribuídas ao murchamento em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.	81
Figura 20. Notas atribuídas à aparência geral em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.	82
Figura 21. Notas atribuídas ao aroma “passado” em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.	83

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a vida útil do repolho minimamente processado sob diferentes condições de atmosfera modificada. O mesmo foi dividido em três etapas sequenciais, sendo adotado em cada uma delas a mesma metodologia para o processamento mínimo do repolho, que consistiu em seleção, lavagem, retirada do talo central, corte em tiras, enxágüe 1, sanitização, enxágüe 2 e centrifugação. Na primeira etapa avaliou-se o comportamento respiratório e produção de etileno do repolho inteiro e minimamente processado, em sistema fechado, nas temperaturas de 5°C e 10°C por 6 horas. Na segunda, a influência da atmosfera controlada sobre o repolho minimamente processado. O produto foi submetido a um fluxo contínuo de nove misturas gasosas ternárias, previamente umidificadas, com diferentes concentrações de O₂ e CO₂, complementadas com N₂, sendo utilizado como controle o ar atmosférico. O experimento foi realizado na temperatura de 5°C por 10 dias. Nesta fase foram realizadas análises de cor (L*, a*, b*), incremento no escurecimento, ácido ascórbico, pH, acidez titulável e sólidos solúveis. Na terceira etapa determinou-se a vida útil do repolho minimamente processado acondicionado em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD), 32µm de espessura, com atmosfera modificada ativa (2% O₂; 6,5% CO₂) e passiva, e em bandejas de poliestireno expandido revestidas com filme de policloreto de vinila (PVC), 20µm de espessura. O produto foi armazenado por 16 dias em câmara frigorífica na temperatura de 5°C e em um balcão refrigerado conveniência, com o intuito de representar os locais de comercialização a varejo. Analisou-se a concentração gasosa (O₂ e CO₂) no interior das embalagens, cor (L*, a*, b*), incremento no escurecimento, atividade da polifenoloxidase e peroxidase, ácido ascórbico, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, perda de massa fresca, coliformes totais e fecais, contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos, bolores e leveduras, *Salmonella* sp, *Listeria monocytogenes* e análise sensorial (Análise Descritiva Quantitativa - ADQ Modificado) no repolho minimamente processado. Observou-se que o repolho inteiro e minimamente processado, armazenado na temperatura de 5°C, apresentou atividade respiratória significativamente menor que o armazenado a 10°C, e nas duas temperaturas o repolho minimamente processado apresentou atividade respiratória significativamente maior que o repolho inteiro. Não foi detectada produção de etileno. Em atmosfera controlada, para a maioria das variáveis analisadas, as misturas utilizadas não apresentaram

variação significativa em relação ao tratamento controle. No entanto, as misturas M1 (2% O₂; 3% CO₂) e M5 (2% O₂; 6,5% CO₂) não apresentaram diferença significativa entre si, porém apresentaram-se como as mais adequadas para o armazenamento do repolho minimamente processado, por não ter ocorrido redução significativa nos valores de L*, menor incremento no escurecimento, menor redução de vitamina C, sólidos solúveis e estabilidade nos valores de pH e acidez titulável. A atmosfera modificada ativa não foi efetiva no aumento da vida útil do repolho minimamente processado, quando comparada aos demais tratamentos. A embalagem de PEBD é mais adequada ao acondicionamento do repolho minimamente processado, no entanto, a embalagem de PVC também apresenta resultados satisfatórios no acondicionamento do repolho minimamente processado. Houve uma grande variação na temperatura do balcão refrigerado conveniência em comercialização simulada, não influenciando significativamente na vida útil do produto, quando comparado ao submetido na temperatura de 5°C. Considerando-se a análise sensorial, a vida útil do repolho minimamente processado foi de 11 dias para todos os tratamentos, com exceção do submetido a comercialização simulada na embalagem de PEBDativa e PEBDpassiva, que apresentaram vida útil de 16 dias. No entanto, todos os tratamentos apresentaram contagem alta de coliformes totais, aeróbios mesófilos e bolores e leveduras, limitando a vida útil do produto em 7 dias. De acordo com as análises microbiológicas o repolho minimamente processado apresentou ausência de *Salmonella* sp e *L. monocytogenes* e coliformes fecais abaixo de 10 UFC g⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: *Brassica oleracea* var. *capitata*, atmosfera modificada ativa e passiva, atmosfera controlada, temperatura, vida útil, polifenoloxidase, peroxidase e avaliação sensorial.

ABSTRACT

CONSERVATION OF MINIMALLY PROCESSED CABBAGE IN DIFFERENTS PACKAGE SYSTEMS

The objective of this work was to evaluate the shelf life of the minimally processed cabbage under different conditions of modified atmosphere. The same was divided in three stages sequences, being adopted in each one of them the same methodology for the minimally processed of the cabbage, that consisted of selection, wash, retreat of the central shaft, cut in ribbons, rinse 1, sanitation, rinse 2 and centrifugation. In the first stage it was evaluated the breathing behavior and ethylene production of the whole cabbage and minimally processed, in closed system, in the temperatures of the 5°C and 10°C for 6 hours. In the second stage, the influence of the controlled atmosphere on the minimally processed cabbage. The product was submitted to a continuous flow of nine ternary gaseous mixtures, previously humidified, with different concentrations of O₂ and CO₂, complemented with N₂, being used as control the atmospheric air. The experiment was accomplished in the temperature of 5°C by 10 days. In this phase color analyses were accomplished (L*, a*, b*), increase in the darkening, ascorbic acid, pH, titratable acidity and soluble solids. In the third stage was determined the shelf life of the minimally processed cabbage conditioned in packed in low density polyethylene (PEBD), 32 µm of thickness, with modified atmosphere active (2% O₂; 6,5% CO₂) and passive, and in trays of expanded polystyrene covered with film of 20 µm of thickness polyvinyl choride (PVC). The product was stored by 16 days in refrigerating chamber in the temperature of 5°C and in a counter refrigerated convenience, with the intention of representing the commercialization places to retail. The gaseous concentration was analyzed (O₂ and CO₂) inside the packed, color (L*, a*, b*), increase in the darkening, activity of the polyphenoloxidase and peroxidase, ascorbic acid, pH, titratable acidity, soluble solids, loss of fresh mass, total and fecal coliforms, total count of microorganisms mesophily aerobics, mould and yeasts, *Salmonellae* sp, *Listeria monocytogenes* and sensory analysis (Quantitative Descriptive Analysis Modified - ADQ) in the minimally processed cabbage. It was observed that the whole cabbage and minimally processed, stored in the temperature of 5°C, they presented breathing activity significantly smaller than stored them to 10°C, and in the two temperatures the minimally processed

cabbage presented breathing activity significantly larger than the whole cabbage. No ethylene production was detected. In controlled atmosphere, for most of the analyzed variables, the used mixtures did not present significant variation of the treatment it controls. However, the mixtures M1 (2% O₂; 3% CO₂) and M5 (2% O₂; 6,5% CO₂) they did not present significant difference to each other, however they came as the most appropriate for the storage of the minimally processed cabbage, for not having happened significant reduction in the values of L*, smaller increment in the darkening, smaller vitamin reduction C, soluble solids and stability in the pH values and titratable acidity. Modified atmosphere active was not effective in the increase of the useful life of the minimally processed cabbage, when compared to the other treatments. The packing of PEBD is more appropriate to the conditioned of the minimally processed cabbage, however, the packing of PVC also presents satisfactory results in the conditioned of the minimally processed cabbage. There was a great variation in the temperature of the counter refrigerated convenience in simulate commercialization, not influencing significantly in the useful life of the product, when compared to the submitted in the temperature of 5°C. Being considered the sensorial analysis, useful life of the minimally processed cabbage went of 11 days to all the treatments, except for submitted him the simulate commercialization in the packing of PEBD active and PEBD passive, that presented useful life of 16 days. However, all the treatments presented high count of total coliforms, mesophily aerobics and mould and yeasts, limiting the useful life of the product in 7 days. In agreement with the analyses microbiological the minimally processed cabbage presented absence of *Salmonellae* sp and *L. monocytogenes* and fecal coliforms below 10 UFC g⁻¹.

KEY-WORDS: *Brassica oleracea* var. *capitata*, modified atmosphere active and passive, controlled atmosphere, temperature, shelf life, polyphenoloxidase, peroxidase and sensory avaluation.

1. INTRODUÇÃO

Na produção e industrialização de alimentos deve-se considerar, primeiramente, as necessidades do consumidor. Assim, uma das tendências dessa indústria é fornecer alimentos que facilitem o preparo e o consumo, mantendo suas características nutritivas e sensoriais e ao mesmo tempo, proporcionando segurança em relação a contaminação microbiana. Essa necessidade deve-se ao aumento na renda da população, maior número de pessoas morando sozinhas, mulheres participando ativamente do mercado de trabalho, famílias menores e pessoas melhor informadas sobre a necessidade de se consumir alimentos nutritivos e saudáveis.

Para atender essa necessidade surgiram os produtos minimamente processados, que são definidos como hortaliças e frutas selecionadas, lavadas, cortadas, enxaguadas, sanitizadas e acondicionadas em embalagens adequadas e mantidas sob baixas temperaturas. Esses produtos são fisicamente alteradas de sua forma original, para torná-las convenientes ao preparo e consumo, permanecendo no estado fresco com qualidade e garantia de sanidade (IFPA, 2004). Os mesmos devem apresentar frescor característico do produto *in natura*, qualidade aceitável pelo consumidor e estar livre de defeitos.

A procura por esses alimentos tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, sendo que na década de 90 surgiu uma forte tendência de consumo de produtos minimamente processados, pela exigência do consumidor de alimentos prontos e semiprontos. Empresas de minimamente processados afirmam que esses produtos apresentam grande aceitação pelos consumidores, provavelmente, por questões de conveniência e higiene. Uma das metas da indústria de processamento mínimo é atender ao maior consumo de frutas e hortaliças e adaptar-se à nova tendência, que é a de maior consumo de produtos vegetais frescos, preparados convenientemente, com o objetivo de serem utilizados em refeições em ambientes doméstico e institucionais.

DURIGAN & SARZI (2002) afirmam que nos EUA os valores obtidos com a comercialização de hortaliças minimamente processadas aumentou de US\$ 6 bilhões em 1996 para US\$ 20 bilhões em 2002, ou seja, triplicou em cinco anos; no Brasil, o crescimento é de 10-20% ao ano, com atendimento dos mais diferentes mercados, tanto o das refeições industriais, como o do mercado varejista. De acordo com ROJO & SAABOR (2002), a comercialização destes produtos acontece basicamente em médios e grandes

centros urbanos como São Paulo, Belo Horizonte, Brasília, Rio de Janeiro e algumas capitais das regiões Nordeste e Sul do Brasil. Em pesquisa no estado de São Paulo, detectou-se que o maior volume de vendas de produtos minimamente processados está relacionado às classes de maior renda econômica.

Os produtos minimamente processados devem oferecer como vantagens: boa qualidade do produto, frescor, conveniência, agregação de valor, redução da mão de obra de seu preparo em restaurantes, hotéis ou lanchonetes, e diminuição do lixo nos grandes centros de consumo. No entanto, as empresas possuem poucas informações sobre sua conservação, sendo dessa forma, muito importante estudos sobre a conservação, vida útil e manutenção da qualidade dos mesmos. A falta de informações e pesquisas em relação ao comportamento fisiológico e a conservação pós-colheita, assim como, a adequação de embalagens específicas à cada tipo de produto é uma limitação à ampliação desta classe de produtos.

De acordo com CAMARGO FILHO & MAZZEI (1996), o Estado de São Paulo é o principal centro distribuidor e consumidor de hortaliças no Brasil. O repolho, por exemplo, apresenta importância econômica e por suas características morfológicas torna-se um produto adequado para a comercialização na forma de minimamente processado. Situa-se entre as dez hortaliças folhosas de maior produção e consumo, principalmente em razão de sua facilidade de produção, existência de cultivares com grande adaptabilidade às condições de temperatura elevada, importância nutricional e sendo considerado uma importante fonte de vitamina A e C, quando não for submetido a nenhum tratamento térmico em sua preparação.

O repolho, bem como os demais produtos minimamente processados, necessita ser acondicionado em embalagens que garantam a segurança do produto, mantendo-o fresco e prolongando sua vida útil. A vida útil de um produto alimentício é considerada como o período de tempo após a sua produção ou manipulação e àquele em que o produto conserva suas características de qualidade próprias para o consumo, que varia com o tipo de alimento, temperatura de estocagem e embalagem utilizada. Após seu acondicionamento, ocorre modificação na atmosfera no interior da embalagem, devido à respiração do produto, e quando a embalagem não é adequada, ocorrerão reações metabólicas indesejáveis, tornando o produto não aceitável pelo consumidor. Já está comprovado que o controle da

temperatura e a modificação da atmosfera são os dois fatores mais importantes para prolongar a vida útil desses produtos. A atmosfera geralmente recomendada para vegetais é baixo nível de oxigênio (menores que 10%) e elevado de dióxido de carbono. No entanto, cada produto necessita de uma determinada atmosfera específica e adequada ao mesmo, normalmente diferindo daquelas utilizadas para o mesmo produto *in natura*.

Além da manutenção das características sensoriais adequadas, os produtos minimamente processados devem garantir segurança ao consumidor. Por ser um processo que não adota nenhum tipo de tratamento térmico em sua preparação, que possa assegurar a inativação dos microrganismos oriundos da matéria-prima, manipulação, equipamentos, utensílios e ambiente, a adoção de procedimentos eficazes de higiene é indispensável no preparo desses alimentos.

No Brasil, a vida útil dos produtos minimamente processados está limitada a um período de 5 a 7 dias, prazo este considerado insuficiente para garantir o sistema de distribuição. A extensão desse período é uma das metas das pesquisas em processamento mínimo e uma das formas de ser alcançada é otimizando as condições de processo, acondicionamento e armazenamento para diminuir o metabolismo do vegetal e o crescimento microbiano. Assim, acredita-se que a vida útil dos produtos minimamente processados, como o repolho, pode ser estendida, desde que técnicas adequadas de conservação, compatíveis com o produto a ser armazenado, sejam adotadas.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo conhecer os efeitos de diferentes atmosferas modificadas na vida útil do repolho minimamente processado, por meio da determinação da atividade respiratória em diferentes temperaturas; comportamento em atmosfera controlada com diferentes misturas gasosas, e determinação da sua vida útil em atmosfera modificada ativa e passiva, considerando-se os aspectos físicos, químicos, microbiológicos e sensoriais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Matéria-prima

O repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) é uma hortaliça anual formada por inúmeras folhas que se imbricam, dando origem a uma “cabeça”, que constitui a parte comestível da planta. É classificado, comercialmente, segundo a forma, em redondo, chato, pontudo ou coração-de-boi, crespo ou de Milão, e em relação a cor em verde ou roxo. A maioria da produção brasileira é de repolhos de coloração verde-clara ou verde azulada, globulares-achatadas (FILGUEIRA, 2000). As variedades mais adaptáveis ao processamento mínimo são aquelas que apresentam alta compacidade da cabeça, pois oferecem maior resistência ao corte e, conseqüentemente, resultando num corte de maior qualidade (CARNELOSSI & SILVA, 2000). Essas variedades devem ter boa aceitação pelo mercado consumidor e capacidade de ser cultivada em qualquer época do ano. O repolho é uma matéria-prima que apresenta boas características para o processamento mínimo sendo altamente consumida e permite boa agregação de valor. A redução da atividade respiratória do material a ser processado, assim como, a desaceleração do processo natural de deterioração é obtida pelo resfriamento logo após a colheita.

De acordo com SIGRIST (1998), a qualidade dos produtos hortícolas é originada no campo influenciando na vida útil dos mesmos. A colheita do repolho deve ser realizada no momento em que o mesmo encontra-se em condição de consumo. Sendo um produto não climatérico, corresponde ao máximo desenvolvimento da cabeça, estando bem compactas, o que deverá acontecer de 90 a 120 dias de campo, de acordo com a variedade e a época de plantio. Esta colheita deve realizar-se nas primeiras horas do dia e alguns cuidados devem ser tomados para a proteção das cabeças durante o transporte.

Os produtos minimamente processados geralmente não são submetidos a nenhum tratamento térmico durante o processamento, o que poderia reduzir sua contaminação microbiana. Dessa forma, a matéria-prima deve apresentar o mínimo de contaminação, para evitar possíveis problemas ao consumidor. Uma solução para esse problema seria a implantação de Boas Práticas Agropecuárias (BPA) ou agrícolas, que é sem dúvida o primeiro passo para a produção de alimentos seguros ao consumidor.

Segundo VANETTI (2004), a matéria-prima de qualidade e segura do ponto de vista microbiológico é a garantia para que os produtos minimamente processados não representem riscos para o consumidor. Esta afirmação está baseada no fato de que etapas geralmente adotadas durante o processamento mínimo não são suficientes para a remoção e/ou a inativação completa dos microrganismos contaminantes. Portanto, a presença de patógenos na matéria-prima pode significar um produto final também contaminado. Além disso, deve-se considerar que a presença de um lote de matéria-prima contaminado com patógenos pode resultar na contaminação do ambiente, equipamentos e utensílios usados no processamento mínimo e comprometer, assim, a segurança microbiológica dos lotes produzidos subsequentemente. Portanto, segundo esta mesma autora, a garantia da segurança microbiológica dos produtos submetidos ao processamento mínimo dependerá de um controle rigoroso dos processos de produção da matéria-prima, processamento mínimo e comercialização do produto final.

2.2. Operações do processamento mínimo

A seleção das hortaliças quanto à presença de defeitos de formação, como também, em relação aqueles provenientes do ataque de pragas ou contaminação microbiana é uma etapa indispensável antes do processamento mínimo. A matéria-prima considerada como adequada para o processamento mínimo é lavada em água corrente para a retirada das impurezas, tais como partículas de solo, pedaços de folhas e outros. No caso do repolho, após a lavagem em água corrente, faz-se a retirada do talo central e partes não utilizadas no processamento com auxílio de facas bem afiadas. Esta operação geralmente é chamada de “toalete”.

A operação de corte deve ser realizada em processadores industriais de alimentos com lâminas bem afiadas visando provocar o mínimo de danos ao tecido vegetal, pois, de acordo com BRECHT (1995), esta é a etapa mais delicada do processamento onde o nível de dano influenciará significativamente na vida útil do produto.

O enxagüe do produto tem o objetivo de eliminar impurezas, assim como, exsudados celulares, liberados durante a operação de corte em decorrência do extravasamento do conteúdo celular. Estes compostos devem ser eliminados por representarem um meio propício ao desenvolvimento de microrganismos. A sanitização

consiste na imersão do material processado em água fria, com temperatura aproximadamente de 5°C, por 5 a 10min, adicionando-se cloro em concentração de 100 a 200 $\mu\text{L L}^{-1}$ (YILDIZ, 1996). Em seguida o produto é enxaguado novamente com água fria tratada com cloro (5 mg L^{-1}), com o objetivo de remover o excesso de cloro da etapa anterior. Segundo SCHMIDT (1998), o cloro é amplamente utilizado como sanitizante de frutas inteiras e hortaliças. Os compostos clorados são germicidas, atuam em membranas microbianas, inibem enzimas celulares envolvidas no metabolismo de glicose, tem um efeito no DNA do organismo, oxidam proteínas celulares e, além de terem atividade em temperatura baixa, têm, relativamente, baixo custo e deixam o mínimo de resíduo em superfícies.

Na centrifugação a velocidade e o tempo variam de acordo com o produto. O objetivo é a retirada da umidade resultante das operações realizadas nas etapas anteriores, assim como, os exsudados celulares, provenientes da operação de corte (YILDIZ, 1996). Para o repolho, SILVA *et al.* (2000) recomendaram centrifugação por 10min a 2200rpm (equivalente a 800 g). No entanto, BARBOSA *et al.* (2004) recomenda 1min a 2400rpm (800 g). Em seguida o produto é acondicionado em embalagens previamente definidas e armazenado em temperatura apropriada.

Durante todo o processo, os operadores devem trabalhar em condições adequadas de higiene e segurança, sendo a linha de preparo e processamento refrigerada, com temperatura aproximadamente de 10°C a 12°C, além de ventilada com ar filtrado, visando a prevenção ou minimização da contaminação microbiana (WILEY, 1994). Segundo ROBBS (2000), a indústria de processamento mínimo começou recentemente a implantar programas de Boas Práticas de Fabricação (BPF) com o objetivo de auxiliar na preservação da qualidade e garantia da segurança desses produtos ao consumidor. As BPF, além de implantar a conscientização de garantia de qualidade para a empresa, são fundamentais no controle de uma série de perigos, reduzindo consideravelmente o número de Pontos Críticos de Controle (PCCs), na implantação do sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). A implantação desse sistema também já começou a ocorrer na indústria de minimamente processados.

2.3. Alterações decorrentes do processamento mínimo

2.3.1. Indução a síntese de etileno

O etileno (C_2H_4) é um fitohormônio encontrado nos espaços intercelulares, tendo como precursor primário o aminoácido metionina, como intermediário o S-adenosilmetionina e como precursor imediato o ácido aminociclopropano carboxílico. (KLUGE *et al.*, 2002). É um gás produzido pelo próprio vegetal que promove a senescência e acelera a deterioração em produtos colhidos (KADER, 1985). O ferimento ou corte, na maioria das vezes, provoca uma elevação na taxa de produção de etileno, estimulando a respiração e, conseqüentemente, acelerando a deterioração e senescência dos tecidos vegetais, por alterações de coloração devido ao escurecimento enzimático, sabor e aroma, textura e qualidade nutricional (BRECHT, 1995).

Segundo CANTWELL & SUSLOW (1999), o repolho é um produto que apresenta produção de etileno muito baixa ($<0,1 \mu L kg^{-1} h^{-1}$ a $20^\circ C$) não sendo, provavelmente, o responsável pela alteração da vida útil do mesmo. No entanto, na presença de etileno ocorre a abscisão e amarelecimento das folhas (KADER, 1994). O aumento da concentração do gás é proporcional a incidência e severidade das lesões ocasionadas ao produto, ocorrendo, normalmente, 1h após as operações de preparo ou pode ser imediato, em poucos minutos, com seu pico de síntese atingido após decorridas 6 a 12h (BRECHT, 1995).

A produção de etileno pode ser reduzida ou inibida durante o armazenamento do produto quando mantido sob atmosfera modificada (SOLOMOS & KANELIS, 1997). GUNES, WATKINS & HOTCHKISS (2001), ao estudarem o comportamento fisiológico de maçã minimamente processada, submetida a alta pressão de CO_2 e baixa pressão de O_2 , observaram que houve decréscimo na produção de etileno aproximadamente de 50% após duas semanas de armazenamento. ZAGORY & KADER (1998) observaram inibição na produção de etileno causada pelo CO_2 em brócolo.

2.3.2. Taxa respiratória

A respiração é um processo fisiológico necessário a todos os tecidos vivos. A taxa respiratória é regulada por enzimas cuja atividade é fortemente influenciada, ou mesmo determinada, pela temperatura na qual o produto encontra-se exposto. O repolho é considerado como um produto que apresenta baixa atividade respiratória, por isso apresenta

longa vida útil quando comparado com produtos de média e alta atividade (MORALES *et al.*, 1994).

Ferimentos ou cortes nas células e tecidos de plantas levam a um aumento na taxa respiratória das mesmas (FONSECA, OLIVEIRA & BRECHT, 2002). Quanto maior o nível de ferimentos imposto ao tecido vegetal maior será a taxa respiratória, que está diretamente relacionada com o grau de processamento do tecido. Quando o produto é processado em pedaços menores, ocorre maior injúria resultando, conseqüentemente, em maior atividade respiratória. De maneira geral, produtos minimamente processados apresentam uma taxa respiratória superior a dos produtos intactos, sendo este acréscimo variável de 25 a 50% (CANTWELL, 2000).

Dessa forma, a conservação desses produtos constitui um processo particularmente complexo, tendo-se células vegetais danificadas, mortas ou intactas, onde as danificadas geralmente apresentam uma velocidade respiratória consideravelmente maior que as intactas, que encontram-se respirando normalmente, sendo muito mais resistentes às reações oxidativas e à contaminação por microrganismos devido a integridade da parede celular, impedindo a entrada de patógenos (WILEY, 1994).

Segundo CANTWELL & SUSLOW (1999), as taxas respiratórias de alface e repolho em tiras é 200–300% maior que estes produtos intactos e permanece alta durante todo o período de armazenamento. Essa taxa de respiração e deterioração pode ser minimizada pelo resfriamento rápido do produto e armazenamento a 5°C ou menos. A utilização de baixas temperaturas, associada com atmosfera modificada durante o armazenamento, reduz a ascensão respiratória e a síntese de etileno em hortaliças folhosas minimamente processadas como a alface (SINGH, WANG & SALUNKHE, 1972a, b) e o brócolo (BARTH *et al.*, 1993).

2.3.3. Perda de massa fresca

A perda de massa fresca consiste somente na perda de água pela transpiração do produto e perda de carbono pelas trocas gasosas (MAGUIRE, BANKS & OPARA, 2001). A perda de umidade dos produtos minimamente processados, além de comprometer a qualidade tecnológica, afeta também o valor econômico.

Em tecidos cortados, a perda de água geralmente é maior que em tecidos intactos. A maior taxa de evaporação causada pelo contato da atmosfera com a água dos espaços intercelulares, na superfície do corte, aumenta consideravelmente a perda de água dos produtos minimamente processados, o que não ocorre em tecidos intactos. Em hortaliças folhosas pode ocorrer uma perda de água de 10 a 100 vezes, resultando em aparência indesejável causada pela perda de massa e valor nutritivo (BRECHT, 1995).

Baixas temperaturas e alta umidade relativa são essenciais para a manutenção da qualidade de produtos minimamente processados. A embalagem utilizada no acondicionamento do produto minimamente processado pode auxiliar na manutenção da alta umidade relativa e proteção do produto à perda de água (WATADA, KO & MINOTT, 1996). Entretanto, alta condensação de água não é desejada, provocando manchas, aparência de produto encharcado e condições favoráveis ao aumento da população de microrganismos (BAI, SAFTNER & WATADA, 2003).

Para HARDENBURG, WATADA & WANG (1986) as frutas e hortaliças perdem água facilmente por terem entre 80 e 95% de sua composição composta pela mesma. Como a umidade relativa dos espaços intercelulares é muito próxima de 100% e no ambiente onde se encontram os produtos é freqüentemente menor que 100%, na maioria das vezes, o vapor d'água migra destes espaços, pelo processo de transpiração, para o ambiente ao redor dos produtos, ocasionando amarelecimento e o enrugamento dos tecidos vegetais. TATSUMI, WATADA & WERGIN (1991) afirmam que as hortaliças minimamente processadas, após o corte, apresentam uma maior relação superfície/volume, possibilitando maior perda de água de seus tecidos. WATADA, KO & MINOTT (1996) também afirmam que os produtos minimamente processados apresentam uma maior área de superfície sem qualquer proteção, podendo, assim, ocorrer considerável perda de água, principalmente quando exposto a temperatura não adequada, onde o déficit de pressão de vapor é maior.

PENDERGRANS & ISENBERG (1974) armazenaram repolho *in natura* (intacto) por um período de 6 meses a 1°C em ambientes com 100%, 85% e 75% de umidade relativa sob dois regimes atmosféricos: ar normal e 5% de CO₂ + 2,5% de O₂ com balanço de nitrogênio. Doenças, perda de massa e cor foram menores a 100% de umidade relativa quando comparadas às outras duas condições.

A embalagem quando adequada ao produto pode evitar a perda de massa do mesmo. GERALDINE (2000) verificou que com bandejas de poliestireno expandido contendo alho minimamente processado apresentou uma perda de 12% em massa quando envolta em um filme de PVC, comparada a 3%, quando envolta em 4 filmes de PVC. O autor também verificou que o alho envolto com uma camada de filme de polietileno apresentou menor vida útil do produto ocasionada pela condensação de água no interior das embalagens, que propiciou o desenvolvimento de microrganismos.

2.3.4. Escurecimento enzimático

Enzimas e substratos estão localizados em compartimentos celulares específicos e ativamente controlados. Com a lesão nos tecidos, pelo processamento mínimo, ocorre a destruição das células possibilitando a ocorrência, em tecidos lesionados, do escurecimento enzimático (MELLO *et al.*, 2003). Segundo GONZÁLEZ-AGUILAR, WANG & BUTA (2000), a prática do processamento mínimo agrava o problema devido ao corte dos tecidos, aumentando a atividade metabólica e descompartimentação de enzimas e substratos.

Esse processo ocorre pelo contato entre enzimas oxidativas, ou seja, enzimas envolvidas no metabolismo dos compostos fenólicos e o substrato, sendo um dos principais fatores limitantes à vida útil dos produtos minimamente processados, consequentemente causando a perda do valor comercial dos mesmos. A intensidade do escurecimento é influenciada principalmente pela atividade oxidativa e a concentração do substrato. As principais enzimas envolvidas nas reações oxidativas de compostos fenólicos são a polifenoloxidase (PPO) e a peroxidase (POD) (COELHO, 1992; CLEMENTE & PASTORE, 1998).

Segundo SALTVEIT (2000), o aumento na atividade das enzimas fenilalanina amônia liase, polifenoloxidase e peroxidase é uma das respostas dos tecidos ao estresse sofrido pelo processo de corte, causando diminuição na vida útil do produto. WELLER *et al.* (1997) também afirmam que o escurecimento da superfície cortada é de grande importância quando se pretende utilizar o produto na forma de pedaços ou tiras refrigerados, sendo o contato dos compostos fenólicos com a polifenoloxidase endógena e a facilitada difusão do oxigênio atmosférico para o interior do tecido os responsáveis por esta característica indesejável ao produto.

Para VILAS BOAS (2004), no escurecimento enzimático de frutas e hortaliças os fenóis são oxidados pelas polifenoloxidasas dando origem a quinonas que se polimerizam formando os compostos de coloração escura denominados melaninas. As peroxidases agem desestruturando as membranas celulares, diminuindo sua permeabilidade seletiva. Também promovem reações em cadeia que levam à formação de radicais livres que podem causar danos nas organelas e membranas, podendo alterar as características sensoriais do produto. O escurecimento é o fator limitante primário no armazenamento e comercialização do repolho minimamente processado.

De acordo com CLEMENTE & PASTORE (1998), a peroxidase é uma enzima que catalisa a oxidação de um grande número de compostos fenólicos e aminas aromáticas à quinonas, utilizando peróxido de hidrogênio como aceptor de elétrons e causando mudanças indesejáveis no sabor, aroma, textura e coloração do produto. Segundo MENDONÇA & GUERRA (2003), a polifenoloxidase é uma enzima encontrada em muitas frutas e hortaliças, sendo a responsável pelo escurecimento enzimático das mesmas durante o manuseio pós-colheita e a industrialização. FUJITA *et al.* (1995) afirmaram terem detectado e caracterizado essa enzima em repolho, bem como a enzima peroxidase.

O grau de escurecimento varia em função das cultivares. YANO & SAIJO (1987) estudaram 25 cultivares de repolho cortados e encontraram oito que apresentam leve escurecimento e duas com escurecimento mínimo após 24 horas de armazenamento a 20°C. Mencionaram que o maior nível de danos mecânicos impostos ao produto, assim como, a maior exposição do mesmo ao etileno, encontram-se diretamente relacionados ao acréscimo da taxa respiratória, a maior atividade da fenilalanina amônia liase e da polifenoloxidase, a acumulação e oxidação de compostos fenólicos solúveis, acarretando no escurecimento do tecido vegetal, assim como, na perda do valor comercial do produto.

O escurecimento enzimático pode ser reduzido se o produto for acondicionado em embalagens que permitam uma atmosfera adequada ao mesmo. BARTH *et al.* (1993) observaram redução na atividade da peroxidase em brócolo quando mantido a 9% de CO₂ e 3% de O₂. A aparência da alface minimamente processada foi mantida quando armazenada em atmosfera controlada com 10% de CO₂ e 3% de O₂ (BARRIGA *et al.*, 1991). KAJI, UENO & OSAJIMA (1993) observaram menor escurecimento no repolho minimamente processado com aumento da concentração de CO₂.

Para NUNES, EMOND & BRECHT (2001), a exposição do produto minimamente processado a variações de temperatura é um fator que influencia no aumento do escurecimento dos mesmos. Temperaturas superiores à adequada também influenciam na taxa de escurecimento. FREIRE JÚNIOR, DELIZA & CHITARRA (2002) concluíram que em alface hidropônica minimamente processada, a temperatura de 2°C foi eficiente para evitar, até o décimo dia, o escurecimento da nervura central, o que não ocorreu à temperatura de 10°C.

2.3.5. Alterações microbiológicas

Em produtos minimamente processados, a maior preocupação deve estar relacionada com a segurança do produto, para evitar problemas ao consumidor. Um alimento seguro para o consumo é aquele que não apresenta contaminação por agentes químicos, físicos ou microbiológicos em concentrações prejudiciais à saúde. A qualidade microbiológica dos mesmos está relacionada com a presença de microrganismos deterioradores que irão contribuir com as alterações das características sensoriais do produto, tais como, cor, aroma, textura e aparência durante o período de vida útil (VANETTI, 2004). A qualidade higiênica de cada etapa do processamento e as condições microbiológicas da matéria-prima no momento do processo são determinados pela incidência de microrganismos (MELLO *et al.*, 2003).

No Brasil ainda não existe uma legislação específica para produtos minimamente processados. No entanto, o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos (2001) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece para hortaliças, legumes e similares frescos, *in natura*, preparados (descascados, selecionados ou fracionados), sanificados, refrigerados ou congelados, para consumo direto, devem ser realizadas as análises microbiológicas de Coliformes a 45°C (coliformes fecais) e *Salmonella* sp, com tolerância de 5×10^2 UFC g⁻¹ e ausência em 25g, respectivamente.

Para BRACKETT (1987), a microbiologia é um importante fator na qualidade de hortaliças minimamente processadas. Microrganismos podem afetar adversamente a qualidade sensorial e a segurança desses produtos. O cuidado com esses produtos deve ser significativamente maior, pois ao contrário de hortaliças enlatadas e congeladas, este tipo de produto é consumido *in natura*, o que aumenta os riscos para o consumidor.

O aspecto conveniência tão necessário a estes produtos, ou seja, descascamento e redução de tamanho realizado pelas etapas de corte e fatiamento, pode facilitar o crescimento microbiano, por deixar de existir a proteção pela casca e parede celular, sendo que o interior dos tecidos irá liberar exsudados celulares que servirão de meio nutriente para o desenvolvimento dos microrganismos (CANTWELL, 1992).

De acordo com ANDRADE, ANTUNES & BASTOS (2004), apesar de todo o crescimento verificado no setor de minimamente processados no Brasil nos últimos anos, é crescente o relato de doenças infecciosas associadas ao consumo desses produtos. Segundo esses autores, na maioria dos casos, a redução na qualidade final do produto bem como alterações em suas características microbiológicas são frutos da utilização de procedimentos ineficazes de higiene e sanitização na cadeia de produção das hortaliças minimamente processadas. A lavagem e sanitização realizadas durante o processamento serão efetivas para eliminação de microrganismos em apenas 1 a 2 ciclos logarítmicos (ZAGORY, 1999). FANTUZZI, PUSCHMANN & VANETTI (2004), ao sanitizarem repolhos inteiros com diferentes tipos de sanitizantes, observaram redução de até 1,8 ciclos logarítmicos na população de microrganismos aeróbios mesófilos. Dessa forma, a matéria-prima a ser processada deve possuir o mínimo possível de contaminação microbiana.

Bactérias como *Salmonella*, *L. monocytogenes*, *Shigella*, virotipos patogênicos de *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*; vírus como os causadores da epatite A e da gastroenterite Norwalk e parasitas como *Giardia lamblia*, *Cyclospora cayetanensis* e *Cryptosporidium parvum* são patógenos que estão relacionados com surtos de infecção alimentar em razão do consumo de frutas e hortaliças frescas contaminadas (BEUCHAT, 2002). Este autor afirma, ainda, que simultaneamente ao aumento do consumo destes produtos é verificada também, uma tendência de aumento do envolvimento dos mesmos em surtos de infecções alimentares.

A baixa acidez das hortaliças torna-as mais susceptível a *L. monocytogenes*, visto que, esta bactéria se desenvolve bem em meios pouco ácidos e exibe difícil controle, apresentando crescimento em uma ampla faixa de temperatura, 1°C a 45°C, com temperatura ótima de 30°C a 37°C. Dentre os microrganismos patogênicos, a maior preocupação tem sido relatada com *L. monocytogenes*, e a estocagem do produto a frio detém o crescimento deste patógeno, mas não a sua sobrevivência (LAMIKANRA, 2002).

VANETTI (2004) também afirma que temperaturas de refrigeração, mesmo em valores abaixo de 4°C, não garantem a inibição completa do crescimento de microrganismos patogênicos. Bactérias causadoras de infecção alimentar como *L. monocytogenes* e *Yersinia enterocolitica* são psicrotróficas e crescem, mesmo que lentamente, a temperaturas próximas a 0°C. O *Clostridium botulinum* pode se desenvolver em temperaturas inferiores a 6°C (WILEY, 1994). *Pseudomonas*, *Erwinia* e *Enterobacter* constituem as bactérias normalmente encontradas em hortaliças (BRACKETT, 1996).

Segundo NGUYEN-THE & CARLIN (1994), a microbiota dos produtos minimamente processados é bastante variada com a presença de coliformes totais e fecais, leveduras, bolores, microbiotas mesofílicas, pectinolíticas e outras. Estes mesmos autores afirmam que em repolho há a predominância de microbiota mesofílica, bactéria láctica, leveduras e bolores. Em couve-flor pode-se encontrar mesofílicas, leveduras e bolores. FANTUZZI, PUSCHMANN & VANETTI (2004), ao estudarem a microbiota contaminante em repolho minimamente processado, observaram presença de microrganismos aeróbios mesófilos e psicrotróficos.

A condição de armazenamento desses produtos pode aumentar ou diminuir a população microbiana. Populações microbianas aumentam mais rapidamente com a elevação da temperatura de armazenamento (BAI, SAFTNER & WATADA, 2003). De acordo com FARBER (1991) a concentração de oxigênio e dióxido de carbono também podem afetar o crescimento microbiano, onde o dióxido de carbono pode aumentar a fase lag da curva de crescimento dos microrganismos causando danos severos aos mesmos, e baixos níveis de oxigênio geralmente inibem o crescimento de microrganismos aeróbios. Segundo SILVA, SOARES & GERALDINE (2003), o crescimento microbiano em produtos minimamente processados é controlado, principalmente, pelo eficiente processo de sanitização e temperatura de armazenamento adequada.

2.4. Fatores que interferem no processamento mínimo

2.4.1. Temperatura

O resfriamento é a barreira mais efetiva para estender a vida útil de frutas e hortaliças minimamente processadas, por ter sido identificado como o fator externo mais importante que influencia na respiração de produtos. Reações biológicas geralmente

aumentam duas a três vezes a cada aumento de 10°C na temperatura, dentro da faixa geralmente utilizada para o armazenamento, distribuição e comercialização. À temperaturas muito altas (acima de 30°C) pode ocorrer desnaturação de enzimas e redução da taxa respiratória. Se a temperatura é baixa demais, podem ocorrer injúria fisiológicas, aumentando a taxa respiratória (FONSECA, OLIVEIRA & BRECHT, 2002).

Temperaturas de refrigeração contribuem para reduzir a atividade microbiana e as alterações químicas e enzimáticas do próprio vegetal. Isso resulta em uma vida útil mais longa e maior qualidade e segurança para o consumidor. A não observação das temperaturas de refrigeração na conservação de frutas e hortaliças minimamente processadas pode comprometer a segurança microbiológica, por permitir um crescimento microbiano mais rápido (VANETTI, 2004).

O conhecimento da influência da temperatura na taxa respiratória de cada produto é indispensável, pois a embalagem que é designada para uma determinada temperatura de armazenamento, geralmente não é adequada para outras temperaturas devido aos diferentes efeitos da temperatura na permeabilidade e taxa respiratória (FONSECA, OLIVEIRA & BRECHT, 2002; SARANTÓPOULOS, *et al.*, 2003).

A manutenção da temperatura, a um nível mínimo seguro, durante todo o manuseio, é imprescindível para hortaliças minimamente processadas. Baixas temperaturas durante o transporte, armazenamento e exibição no varejo, ou seja, manutenção da cadeia do frio, tornam mais lento a senescência e outros processos metabólicos, reduzem a deterioração e podem diminuir os efeitos do etileno (BRECHT, 1995). O resfriamento rápido do produto após a colheita e as operações do processamento, que compreendem a imersão do produto processado em água fria, são benéficos à conservação, reduzindo a taxa respiratória.

Para os produtos minimamente processados, a temperatura normalmente indicada ou utilizada para a manutenção da qualidade é de 2 a 5°C, e abaixo desta abaixo de 0°C pode provocar a injúria por congelamento, ou seja, pela exposição do produto a temperaturas inferiores ao seu ponto de congelamento. SIGRIST (2002) também afirma que para produtos minimamente processados as condições ideais de conservação são temperaturas muito próximas ou iguais a 0°C, porém, no Brasil, tem-se tornado frequente a utilização de temperaturas ao redor de 5°C e algumas vezes de 10°C a 12°C.

Segundo BRECHT *et al.* (2003), após a colheita os produtos vegetais são geralmente expostos a condições variadas de temperatura durante o manuseio, transporte, armazenamento e comercialização, e nessa última etapa, os produtos são usualmente expostos a temperaturas bem superiores às aplicadas no armazenamento. De acordo com esses autores, essas mudanças criam um problema especial na determinação do filme para utilização da atmosfera modificada, onde a taxa respiratória do produto e a permeabilidade do filme, são diretamente influenciadas pela temperatura, ou seja, quando a temperatura aumenta, a respiração tende a aumentar mais que a permeabilidade da embalagem, criando condições para a fermentação do produto. As embalagens são planejadas para serem mantidas a uma temperatura constante.

As oscilações de temperatura geralmente encontradas no armazenamento de produtos minimamente processados podem ter um efeito negativo na qualidade dos produtos (NUNES, EMOND & BRECHT, 2001). Dessa forma, o melhor caminho para manter a qualidade de frutas e hortaliças minimamente processados é a manutenção da temperatura adequada ao produto durante toda a cadeia produtiva e comercialização (BRECHT *et al.*, 2003).

Para CANTWELL (1995), a temperatura indicada para a conservação de repolho processado varia de 0 a 5°C. SILVA (2000) concluiu que a temperatura de 5°C é eficiente e adequada para o armazenamento do repolho minimamente processado em atmosfera modificada passiva. Porém, é necessário identificarem-se embalagens plásticas com taxas de permeabilidade ao oxigênio e dióxido de carbono que permitam um equilíbrio de gases propício a essa temperatura.

SARANTÓPOULOS *et al.* (2003), ao estudarem o efeito da embalagem e da temperatura de estocagem na qualidade de couve minimamente processada, observaram efeito significativo do aumento da temperatura na composição gasosa em contato com o produto, resultando em menor vida útil do produto estocado a 10°C quando comparado com o mantido a 5°C, quando a vida útil foi de 8 dias, em comparação com apenas 4 dias para o produto armazenado a 10°C.

2.4.2. Acondicionamento em atmosfera modificada e/ou controlada

A modificação da atmosfera pode retardar a perda de qualidade durante o armazenamento de vários produtos minimamente processados, aumentando a sua vida útil. Esta tecnologia apresenta como princípio básico a redução da concentração de O₂, buscando-se a redução da atividade respiratória e do metabolismo vegetal. Tal tecnologia permite ainda a limitação do escurecimento enzimático e da síntese e atividade do etileno e, em especial, o controle do crescimento microbiano (GORNY *et al.*, 2002; HERTOOG, NICHOLSON & WHITMORE, 2003).

A atmosfera controlada tem os mesmos princípios da atmosfera modificada, porém difere quanto ao grau de controle dos níveis de O₂ e CO₂ durante o armazenamento, os quais deve, por meio de monitoramento, serem mantidos constantes e toleráveis para determinado produto (KLUGE *et al.*, 2002). Já na atmosfera modificada não é possível o elevado grau de controle existente no acondicionamento sobre a atmosfera controlada, sendo a modificação da atmosfera realizada pela própria respiração do vegetal e a permeabilidade da embalagem na qual o produto está acondicionado, sendo nesse caso uma atmosfera modificada passiva. Quando realiza-se a substituição do ar no interior da embalagem em que o produto está acondicionado por uma mistura gasosa desejada, a mesma é denominada de atmosfera modificada ativa (IFPA, 1998).

A taxa respiratória e a troca gasosa através do material da embalagem é o processo que envolve a criação de uma atmosfera modificada no interior da embalagem que irá estender a vida útil de hortaliças e frutas minimamente processadas (FONSECA, OLIVEIRA & BRECHT, 2002). O controle da temperatura é considerado o método mais eficaz para prolongar a vida útil desses produtos, estando em segundo lugar, o acondicionamento de produtos minimamente processados em atmosfera modificada (SOLOMOS, 1996).

Segundo SARANTÓPOULOS *et al.* (2003), uma das dificuldades para utilização da atmosfera modificada é que a taxa de permeabilidade dos filmes disponíveis no mercado, normalmente não é suficientemente alta para a taxa respiratória de certas frutas e hortaliças.

A definição da embalagem adequada a um produto minimamente processado é dependente da temperatura em que o mesmo será mantido. Devido a variação na taxa

respiratória do produto e na permeabilidade da embalagem de acordo com a temperatura, um filme que permita a formação de uma atmosfera favorável a uma temperatura ótima de armazenamento, pode causar excessivo acúmulo de CO₂ e redução de O₂ a temperatura mais alta, podendo ocorrer desordens metabólicas e fermentação (BRECHT *et al.*, 2003).

A variação de temperatura em produtos acondicionados em atmosfera modificada pode provocar acúmulo excessivo de umidade no interior da embalagem, favorecendo a condensação. A presença de água no interior da embalagem pode facilitar a deterioração e o bloqueio da difusão no interior do tecido vegetal e através do filme, causando fermentação no produto. Outro problema que pode ocorrer se o O₂ e CO₂ estiverem em níveis inadequados é o não controle do crescimento e desenvolvimento de patógenos (HARDENBURG, 1971; BRACKETT, 1987; CAMERON, TALASILA & JOLIS, 1995; BRECHT *et al.*, 2003).

O CO₂ apresenta propriedades antimicrobianas capazes de destruir ou inibir diferentes microrganismos, embora sua efetividade dependa de sua concentração, assim como, da temperatura de exposição e do grau de maturidade do tecido vegetal. Este composto gasoso, em altas concentrações, tem efeito sobre a retenção da textura, inibe a atividade da enzima polifenol-oxidase e reduz a multiplicação de alguns microrganismos (WILEY, 1994).

Apesar de não afetar diretamente a síntese de etileno, por ser um análogo estrutural, compete com o mesmo em seu sítio de ligação, gerando, assim, uma ação inibitória à atividade do gás. Com relação ao O₂, concentrações inferiores a 8% limitam a síntese e reduzem a sensibilidade do produto hortícola ao gás, enquanto em teor de 2,5% de O₂ a produção de etileno é reduzida à metade e em concentração de 3% de O₂, a complexação do gás ao ar é limitada em 50%. A síntese e atividade do etileno é dependente do O₂, já que, para que o gás exerça sua função hormonal é necessário que o mesmo se ligue ou reaja em local próximo, na mesma célula (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

ZAGORY & KADER (1988) relataram que no armazenamento refrigerado de produtos frescos a 2°C e sob concentrações baixas de O₂ e altas de CO₂, a produção de etileno foi paralisada, visto que, não foi possível mensurar a concentração deste gás em tais condições. Entretanto, a respiração procede-se de forma anaeróbica no caso do estabelecimento de uma atmosfera de acondicionamento modificada ou controlada, cuja

concentração de gases encontra-se fora do limite de tolerância do produto, havendo liberação de compostos tóxicos ao tecido vegetal, que produzem sabores e odores desagradáveis, assim como, escurecimento precoce do tecido. Estes autores afirmam, ainda, que o efeito resultante da redução da concentração de O₂ e do acréscimo da concentração de CO₂ sobre a taxa respiratória é cumulativo.

Em combinações requeridas de temperatura, concentrações de O₂ e CO₂ variam com o tipo de vegetal, a variedade, a origem e a estação (BALLANTYNE, STARK & SELMAN, 1988). Segundo KAWANO *et al.* (1984), a ótima concentração de O₂ para o armazenamento do repolho minimamente processado está entre 2,2 e 4,3%. Para KADER, SINGH & MANNAPPERUMA (1998), o repolho intacto apresenta excelentes condições de armazenamento e transporte nas seguintes condições: 0 a 5°C de temperatura; 2 a 3% de O₂ e 3 a 6% de CO₂. Entretanto, GORNY (2001) recomenda a mesma faixa de temperatura e 5 a 7,5% de O₂ e 15% de CO₂, com exceção do repolho Chinês onde a concentração de O₂ e CO₂ deve ser de 5%.

O armazenamento em atmosfera controlada é conhecido como um retardador da senescência do repolho, especialmente pela retenção da sua cor verde (ISEMBERG, 1979) e, também, como modificadora do sabor, aroma e outras características das crucíferas (TIOVONEN *et al.*, 1982).

FOLCHI, MACCAFERRI & MENNIT (1997) avaliaram o comportamento do repolho armazenado sob atmosfera controlada nas seguintes condições: 1% a 3% de O₂ e 1% a 10% de CO₂, sendo que os melhores resultados foram obtidos com 3% de O₂ e 5% de CO₂.

KAJI, UENO & OSAJIMA (1993) estudaram o armazenamento do repolho em atmosfera controlada e modificada a 5°C concluindo que o escurecimento diminuiu quando a concentração de CO₂ foi aumentada de 0 para 15%, com nenhuma influência da concentração de O₂ que encontrava-se na faixa de 2,5 a 10%. A baixa concentração de O₂ provocou o aparecimento de odor detectado após 6 dias de armazenamento a 2,5% de O₂, 8 a 10 dias a 5% e 7,5% de O₂, sendo pouco afetado pela concentração de CO₂ entre 5 e 15%. A contagem microbiana total foi pouco influenciada pelo O₂ e CO₂. Os parâmetros de qualidade foram analisados a cada dois dias.

Em repolho Chinês os melhores resultados foram obtidos com baixo nível de O₂ e de 2% a 6% de CO₂. Na faixa de concentração de O₂ entre 1% e 20,5% e CO₂ entre 0,5% e 5% nas temperaturas de 2,5°C e 5°C, para todas as variáveis analisadas, os melhores resultados são obtidos na combinação de 5% de O₂ e 5% de CO₂. Um incremento na concentração de CO₂ de 2,5% para 5% não apresenta efeito significativo (APELAND, 1984).

MORETTI, ARAÚJO & MATTOS (2003) armazenaram folhas de couve “Manteiga” minimamente processadas, por 6 dias na temperatura de 5°C sob duas combinações de O₂ e CO₂ (3% O₂ + 4% CO₂; 5% O₂ + 5% CO₂) balanceadas com nitrogênio, com o objetivo de estender a vida útil das mesmas. Os tratamentos não afetaram significativamente a concentração de sólidos solúveis. No entanto, ao final do armazenamento o produto mantido sob 3% de O₂ e 4% de CO₂ apresentou concentração de vitamina C, clorofila total e ácidos orgânicos significativamente superior ao armazenado a 5% de O₂ e 5% de CO₂ e no tratamento controle, sendo que a couve minimamente processada submetida ao tratamento com 5% de O₂ e 5% CO₂ também foi significativamente superior ao controle, mas em níveis inferiores ao tratamento com 3% de O₂ e 4% de CO₂.

Pelo conhecimento das características respiratórias e condições gasosas ótimas do produto pode-se selecionar um filme plástico com uma permeabilidade que permita entrada de O₂ na embalagem, para compensar o consumo, e, também, a saída de CO₂ para compensar a produção pelo vegetal. Dessa forma, a atmosfera será estabelecida rapidamente e sem perigo da geração da anóxia ou injúria pelas concentrações altas de CO₂ (GARCÍA-GIMENO, ZURERA-COSANO & AMARO-LÓPEZ, 1995). HAO *et al.* (1998) concluíram que as mudanças nas concentrações dos gases no interior das embalagens de alface e repolho minimamente processados embalados sem injeção de mistura gasosa, foram dependentes do filme usado, da temperatura de estocagem e do tipo de vegetal.

Na utilização da atmosfera modificada, a vantagem da modificação ativa permite que a atmosfera possa ser alterada imediatamente após o empacotamento (KADER, ZAGORY & KERBEL, 1989), o que é desejável, sendo que o produto pode perder atributos de qualidade antes do equilíbrio entre o O₂ e CO₂ ser atingido, como observaram BALLANTYNE, STARK & SELMAN (1988). Esses autores verificaram que a alface

minimamente processada, embalada sem injeção gasosa, escureceu antes do estabelecimento das condições de equilíbrio entre os gases, enquanto a alface embalada com uma mistura inicial de 5% de O₂ e 5% de CO₂ teve o dobro da vida útil a 5°C.

Segundo MORETTI (2004), no Brasil, a modificação ativa da atmosfera é usada mais como um modismo do que uma necessidade, sendo que na maioria das vezes, as misturas utilizadas não tem o efeito desejado por terem sido desenvolvidas para cultivares americanas ou européias resultando em perdas de tempo e dinheiro. Dessa forma, é necessário estudos com misturas e sua associação com filmes plásticos desenvolvidos para cada hortaliça e cultivar nacional com o objetivo de aumentar a vida útil, bem como, a qualidade da hortaliça minimamente processada.

Couve minimamente processada armazenada em embalagens de poliolefina, nos sistemas de modificação passiva e ativa (15% CO₂ + 5% O₂), manteve o teor de vitamina C e boa aceitação dos consumidores, quando armazenada por 12 dias a 10°C e por 20 dias a 5°C (TELES, 2001).

Alface da variedade iceberg minimamente processada, armazenada a 5°C com injeção de 10% CO₂ + 3% O₂ no interior da embalagem mantiveram a qualidade, no entanto, essa mistura não foi eficiente na manutenção da qualidade de outras variedades dessa hortaliça (LÓPEZ-GALVES, SALTVEIT & CANTWELL, 1996).

Vários trabalhos realizados com hortaliças e frutas minimamente processadas demonstram a redução na população de microrganismos durante o armazenamento, devido a atmosfera no interior das embalagens. Em brócolos minimamente processado houve efeitos benéficos na inibição de bolores e leveduras, devido a utilização de atmosfera modificada, com altos níveis de dióxido de carbono e baixos níveis de oxigênio (MOHD-SOM *et al.*, 1994). Chicória minimamente processada armazenada em condições adequadas de atmosfera modificada, apresentou redução no crescimento de microrganismos deteriorantes quando mantidas a baixas temperaturas (BENNIK *et al.*, 1996).

Filmes plásticos tem sido desenvolvidos com o objetivo de estabelecer uma atmosfera modificada pela respiração do produto, ou seja, atmosfera modificada passiva. O equilíbrio na concentração gasosa desenvolvido dentro da embalagem pode estender a vida útil do mesmo (McDONALD, RISSE & BARMORE 1990; OMARY *et al.*, 1993). O uso

de filmes de baixa permeabilidade garante a manutenção de uma concentração de oxigênio entre 1 e 5% no interior da embalagem (FARBER *et al.*, 2003).

SARANTÓPOULOS *et al.* (2001) afirmam que, devido às diferentes taxas de respiração dos vegetais, é necessário adequar a embalagem ao produto acondicionado de acordo com a permeabilidade da embalagem, principalmente aos gases O₂, CO₂ e etileno. Os filmes atualmente indicados são: polietileno com diferentes densidade, copolímero de etileno e acetato de vinila (EVA), policloreto de vinila (PVC), poliestireno (PS), filmes poliolefinicos (PE/PP), polipropileno biorientado (BOPP), embalagens, filmes coextrusados a base de polietileno e poliamida e filmes microperfurados (inclusive com laser).

PIROVANI *et al.* (1997) acondicionaram repolho minimamente processado em filme de polietileno monoorientado, bandejas envoltas com poliolefina multicamada e filme de PVC, armazenadas a 3°C. Não ocorreu perda de peso em nenhum dos tratamentos. A embalagem de PVC e a poliolefina multicamada não mudaram mais que 3% a composição gasosa quando comparadas com a atmosfera normal. Entretanto, o filme de polipropileno monoorientado atingiu 2% de O₂ e 13% de CO₂, após 3 dias. A qualidade microbiológica durante o armazenamento foi satisfatória. O produto mantido nessa embalagem foi significativamente melhor (p<0,05) em aparência geral, menor índice de murchamento e escurecimento, porém desenvolveu aroma característico, sendo detectado a presença de etanol no interior da mesma.

As embalagens de polietileno de alta densidade (PEAD) e polipropileno (PP) são apropriadas para o acondicionamento do repolho minimamente processado, garantindo vida útil de 7 dias quando armazenado na temperatura de 5°C (SILVA, 2000).

As embalagens de PD-941 e PEBD desenvolveram atmosfera modificada próxima à recomendada para couve-flor minimamente processada, mantendo melhor qualidade durante 14 dias na temperatura de 5°C. Para folhas de rúcula mantidas por 10 dias a 5°C, as melhores embalagens foram as de PEBD e PP/PE (SIGRIST, 2002).

A qualidade visual de alface foi melhor quando estas foram embaladas em filme de polipropileno e armazenadas a 4°C. Os níveis de oxigênio e dióxido de carbono atingidos no 8º dia foram 12% CO₂ + 1,5% O₂, enquanto que nas demais embalagens testadas (polietileno, poliolefinico e PVC) os níveis situaram-se entre 1-2% CO₂ + 17-18% O₂ (PIROVANI *et al.*, 1998).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local dos experimentos

O projeto foi dividido em três etapas, a saber: a 1ª etapa, “Determinação da atividade respiratória e produção de etileno do repolho inteiro e minimamente processado nas temperaturas de 5°C e 10°C, em sistema fechado”, foi realizada no laboratório de Tecnologia Pós-Colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola, da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI/UNICAMP), localizada na Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, distrito de Barão Geraldo, na cidade de Campinas/SP. A 2ª etapa, “Influência da atmosfera controlada sobre o repolho minimamente processado armazenado na temperatura de 5°C”, foi desenvolvida nas dependências do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Hortifrutícolas (FRUTHOTEC), do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL/CAMPINAS), localizado na Avenida Brasil, 2.880 – Jardim Brasil – Campinas/SP. A 3ª etapa, “Determinação da vida útil do repolho minimamente processado acondicionado em atmosfera modificada ativa e passiva”, também foi realizada na FEAGRI/UNICAMP.

3.2. Matéria-prima

Utilizou-se repolho, da variedade Sagitarius, obtido de plantação comercial localizada no município de Morungaba/SP. A escolha desta variedade deve-se ao fato da mesma ser uma das mais produzidas no Estado de São Paulo e, também, por ser uma das mais aceitas pelo mercado consumidor sendo produzida o ano todo. A mesma apresenta tamanho médio, coração pequeno, compacta, resistente ao rachamento, formato semi redondo, ciclo precoce (85 a 95 dias) No momento da colheita, realizada nas primeiras horas do dia, as cabeças de repolho encontravam-se no ponto ótimo de maturidade hortícola, ou seja, completamente formadas e desenvolvidas, apresentando-se compactas e com as folhas bem imbricadas e com idade média de 90 dias de campo. Nas três etapas deste projeto, logo após a colheita, a matéria-prima foi selecionada, descartando-se as cabeças mal formadas, folhas externas (superficiais), operação conhecida como toailete do produto, e as que apresentavam qualquer indício de dano proveniente do ataque de pragas e doenças. A seguir, as cabeças foram lavadas em água corrente, resfriadas em câmara fria à temperatura de $5 \pm 2^\circ\text{C}$ até o produto atingir essa temperatura no interior das cabeças e $95 \pm$

5% de umidade relativa, sendo em seguida submetidas ao processamento mínimo. Em todas as etapas deste projeto adotou-se a mesma metodologia para o processamento mínimo do produto, conforme descrito no item a seguir.

3.3. Processamento mínimo

O processamento mínimo consistiu em corte manual das cabeças de repolho em quatro partes, retirando-se as partes internas (talos) não utilizadas no processamento mínimo; fatiamento em tiras com espessura de ± 3 mm, em processador de alimentos marca SKYMSEN, tipo PA-7L, fabricado pela metalúrgica Siemsen Ltda; enxágüe por 3min em água tratada (própria para o consumo), para a remoção dos exudados celulares liberados pelo processo de corte das células; imersão por 10min em solução sanitizante de hipoclorito de sódio com 150 mg L^{-1} de cloro ativo, com o objetivo de reduzir a carga microbiana; enxágüe por 5min com solução de 5 mg L^{-1} do mesmo sanitizante, para retirar o excesso de cloro da etapa anterior; e centrifugação por 5min em centrífuga doméstica marca ARNO com velocidade angular média de 2200rpm, onde de acordo com informações do fabricante seria equivalente a 800 g, com o objetivo de remover o excesso de água obtidos durante a sanitização e enxágües. Em seguida, de acordo com cada uma das três etapas realizadas, o repolho minimamente processado foi direcionado conforme a descrição apresentada nos experimentos que foram conduzidos.

Devido a importância de baixas temperaturas na conservação da qualidade dos produtos hortícolas, principalmente minimamente processados, a temperatura da água de lavagem, sanitização e enxágües foi mantida a $5 \pm 2^\circ\text{C}$, sendo controlada com a adição de gelo a mesma, quando necessário. Para garantir a sanidade do repolho minimamente processado, as Boas Práticas de Fabricação foram observadas, ou seja, a área de processamento foi previamente higienizada, bem como todos os utensílios mantidos em seu interior. A temperatura do ambiente foi mantida a $15 \pm 3^\circ\text{C}$ e todas as pessoas envolvidas no processamento utilizaram Equipamento de Proteção Individual (EPI), que constou de avental, touca, máscara e luvas.

3.4. Etapa 1 - Determinação da atividade respiratória e produção de etileno do repolho inteiro e minimamente processado nas temperaturas de 5°C e 10°C, em sistema fechado.

Esta etapa teve como objetivo determinar a atividade respiratória e produção de etileno do repolho inteiro e minimamente processado nas temperaturas de 5°C e 10°C, servindo como subsídio para a determinação do fluxo gasoso necessário para evitar o acúmulo de dióxido de carbono acima de 0,3%, produzido pela respiração do produto, no interior dos frascos utilizados na etapa 2 deste projeto.

Três amostras de repolho minimamente processado com massa de 200g cada, foram acondicionadas em três frascos de vidro, com volumes médios de 983mL (Figura 1). Também foram utilizadas três cabeças de repolho inteiros que, após realizada a toaleta das mesmas, apresentaram peso médio de 1,4kg, e que foram acondicionadas em três frascos de volume médio de 9000mL. Em seguida, os seis frascos foram hermeticamente fechados e mantidos nas temperaturas de 5°C por seis horas. O mesmo procedimento foi realizado para a temperatura de 10°C, com três amostras de repolho minimamente processado e três de repolho inteiro.



Figura 1. Determinação da atividade respiratória e produção de etileno de repolho inteiro e minimamente processado nas temperaturas de 5°C e 10°C em sistema fechado.

A cada hora, alíquotas de 1mL de gás foram retiradas da atmosfera interna dos frascos, utilizando uma seringa hermética própria para cromatografia gasosa, através de um septo de silicone adaptado às embalagens, e injetadas no cromatógrafo a gás. Em seguida, os frascos foram abertos e, com auxílio de um miniventilador, foi feita a renovação do ar no interior dos mesmos, sendo fechados por mais uma hora e, assim, sucessivamente durante seis horas. Desta forma, esse processo é considerado como um sistema fechado (SARANTÓPOULOS *et al.*, 2003; SILVA, 2000).

A temperatura de 5°C encontra-se na faixa recomendada (0°C a 5°C) para o armazenamento do repolho inteiro e minimamente processado, enquanto que 10°C é a temperatura geralmente encontrada nas gôndolas dos supermercados, onde os produtos minimamente processados são mantidos, geralmente, em temperatura inadequada para venda aos consumidores (Nascimento *et al.* 2003 *apud* MORETTI, 2004).

As análises da concentração de oxigênio, dióxido de carbono e etileno do espaço-livre dos frascos foram realizadas em cromatógrafo a gás, marca VARIAN modelo CG 3400, equipado com detector de condutividade térmica e coluna empacotada com Chromosorb 106 (60-80mesh, 1,8m de comprimento e 3,2mm de diâmetro interno). Utilizou-se como gás de arraste o hélio (He - 460kPa), com fluxo de 20-25 mL min⁻¹. As temperaturas da coluna, do injetor e do detector foram respectivamente, 40°C, 70°C e 150°C. A corrente utilizada foi de 138mA, com a atenuação de 8mA. Este mesmo cromatógrafo possui um detector de ionização de chama e coluna empacotada com Molisieve 5A 45/60 (80-100mesh, 1,8m de comprimento e 3,2mm de diâmetro interno). As temperaturas da coluna, do injetor e do detector foram, respectivamente, 40°C, 70°C e 150°C. A pressão e o fluxo de N₂ (gás de arraste), do ar sintético e do hidrogênio (H₂) foram respectivamente 280 kPa (20-25 mL min⁻¹), 550 kPa (300-350 mL min⁻¹) e 280kPa (37-39 mL min⁻¹) para mensurar as concentrações de etileno.

As taxas de produção de dióxido de carbono, oxigênio e etileno foram calculadas em função do tempo, sendo que os padrões utilizados foram, respectivamente, 10.000 mg kg⁻¹, 80.000 mg kg⁻¹ e 6,8 mg kg⁻¹.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com três repetições para cada tratamento, onde se estudou a interação entre os fatores: produto (repolho inteiro e minimamente processado), temperatura (5°C e 10°C) e tempo (1, 2, 3, 4,

5 e 6 horas) A análise estatística dos dados foi realizada com o auxílio do software ESTAT – Sistema para Análise Estatística – Unesp, Campus Jaboticabal. Após análise de variância, os dados foram expressos como médias e comparados pelo teste de Tukey a um intervalo de confiança de 95% ($p \leq 0,05$).

3.5. Etapa 2 - Influência da atmosfera controlada sobre o repolho minimamente processado armazenado na temperatura de 5°C.

Esta etapa teve como objetivo determinar a composição gasosa ótima para o acondicionamento do repolho minimamente processado, servindo como subsídio para a determinação das embalagens que foram utilizadas na terceira etapa.

Os dados de atividade respiratória obtidos no primeiro experimento foram utilizados na Equação 1 para prever o fluxo gasoso utilizado na etapa 2 do projeto. A determinação desse fluxo gasoso foi realizada de acordo com a taxa respiratória, massa do produto e máxima concentração permitida de dióxido de carbono acumulada, no interior do recipiente sem influenciar a taxa respiratória do produto.

$$F = \frac{TR \cdot M}{0,003 \cdot 1000} \quad (1)$$

onde:

F = fluxo gasoso (mL s^{-1});

TR = taxa respiratória ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$);

M = massa do produto (kg);

0,3% = máxima concentração permitida de CO_2 acumulada no interior do frasco.

A definição das atmosferas controladas utilizadas nos experimentos baseou-se em dados fornecidos pela literatura, onde optou-se por uma faixa de oxigênio entre 2%-10% e dióxido de carbono entre 3%-10%, balanceadas com nitrogênio (MOLEYAR & NARISIMHAM, 1994; EXAMA *et al.*, 1993; KADER, ZAGORY & KERBEL 1989).

O passo seguinte foi o planejamento estatístico para a definição das misturas. Este planejamento foi definido pela utilização do sistema ternário para misturas, fornecido pelo Software STATISTICA, versão 5.0, prevendo-se a análise dos dados pela metodologia de superfície de resposta. De acordo com o delineamento foram geradas nove combinações de

O₂ e CO₂ balanceadas com N₂, as quais foram integralmente fornecidas pela empresa WHITE MARTINS (Praxair Inc). Como controle foi utilizado o ar atmosférico (21% O₂, 0,03% CO₂, 78,9% N₂). As misturas utilizadas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Misturas ternárias utilizadas em repolho minimamente processado sob atmosfera controlada na temperatura de 5°C.

Misturas	Concentração de O ₂ (%)	Concentração de CO ₂ (%)	Concentração de N ₂ (%)
M1	2	3	95
M2	10	3	87
M3	2	10	88
M4	10	10	80
M5	2	6,5	91,5
M6	10	6,5	83,5
M7	6	3	91
M8	6	10	84
M9	6	6,5	87,5

O repolho minimamente processado, com massa de 200g, foi acondicionado em frascos de vidro com capacidade de 3,2 litros, com tampa adaptada com duas mangueiras, sendo uma conectada a um fluxcentro (Figura 2) (CLAYPOOL & KEEFER, 1942; CALBO, 1989), para entrada das misturas gasosas, previamente umidificadas, e a outra permitindo a saída do gás do interior do frasco formando um fluxo contínuo no interior do mesmo. O fornecimento contínuo da composição gasosa sob baixa pressão foi conseguido pela utilização de válvulas de duplo estágio adaptadas aos cilindros. O controle do fluxo de gás foi realizado por capilares de 0,28mm de diâmetro com $30,0 \pm 0,5$ mm de comprimento fornecidos pela empresa INCOTHERM - RS. Todo o experimento foi realizado em câmara frigorífica à temperatura de 5 ± 1 °C.

O fluxo de ar utilizado neste experimento foi de $1,23 \text{ mL s}^{-1}$, obtido pela Equação (1) para uma taxa respiratória média de $66,80 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e 200g de repolho minimamente processado.

Devido às condições experimentais ocorreu a necessidade de realizar 3 testes distintos estruturados da seguinte forma: no primeiro foram avaliadas as composições gasosas M2, M6 e M7 (Tabela 1), sorteadas aleatoriamente, o ponto central representado

pela mistura M9 e o controle (ar atmosférico). No segundo teste foram avaliadas as misturas M3, M4 e M8, também sorteadas aleatoriamente, o ponto central representado pela mistura M9 e o tratamento controle (ar atmosférico). No terceiro teste foram avaliadas as duas composições gasosas restantes, M1 e M5, o ponto central representado pela mistura M9 e o tratamento controle (ar atmosférico). Nos 3 testes, foi utilizada a mistura M9 (ponto central do planejamento) com o intuito de prever o erro experimental e mudanças que pudessem haver em diferentes lotes da matéria prima e no processamento.



Figura 2. Fluxcentro utilizada em atmosfera controlada na temperatura de 5°C.

Optou-se por realizar o experimento somente na temperatura de 5°C, por ter-se concluído em experimentos anteriores (testes preliminares, conforme RINALDI, BENEDETTI & CALORE, 2002) que não houve diferença significativa na vida útil do repolho minimamente processado, mantido na faixa de temperatura entre 0°C e 5°C, sendo que esta última, encontra-se na faixa recomendada (0°C a 5°C) para o armazenamento do repolho inteiro e minimamente processado.

Cada teste foi realizado por um período de 10 dias. Na instalação do mesmo, e no terceiro, sétimo e décimo dias de armazenamento foram realizadas análises de cor (L^* , a^* , b^*), incremento de escurecimento (IE), ácido ascórbico, pH, acidez titulável e sólidos solúveis. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com três repetições para cada tratamento, onde cada repetição consistiu em um frasco contendo 200g de repolho minimamente processado. Se estudou a interação entre os fatores: composição gasosa e tempo. A análise estatística dos dados foi realizada com o auxílio do software ESTAT – Sistema para Análise Estatística – Unesp, Campus Jaboticabal. Após análise de variância, os dados foram expressos como médias e comparados pelo teste de Tukey a um intervalo de confiança de 95% ($p \leq 0,05$).

As análises de cor (L^* , a^* , b^*), incremento de escurecimento (IE), ácido ascórbico, pH, acidez titulável e sólidos solúveis foram realizadas da seguinte forma:

Cor: (L^* , a^* , b^*), determinada em colorímetro marca Minolta, modelo CR-300. O repolho minimamente processado foi acondicionado em placas de Petri, tomando-se o cuidado para que o fundo da mesma ficasse totalmente recoberto com o produto, para evitar possíveis erros de leitura. Em cada placa realizaram-se três leituras, sendo que cada uma representava uma repetição, ou seja, foram realizadas nove leituras por tratamento. Também foi analisada a taxa de escurecimento que mede o incremento do escurecimento em repolho minimamente processado com o tempo de armazenamento, conforme a Equação 2;

$$(IE = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}) \quad (2)$$

Ácido Ascórbico: determinado segundo metodologia de CARVALHO *et al.* (1990), a qual se baseia na redução do indicador 2,6-diclorobenzenoindofenol (DCFI) pelo ácido ascórbico, utilizando-se titulador automático marca METROHM, modelo 785DMP

TITRINO, sendo os resultados expressos em mg de ácido ascórbico kg^{-1} de Matéria Fresca (MF);

pH: determinado diretamente pela imersão do eletrodo do pHmetro (potenciômetro) digital marca Mettler Toledo, modelo 320, no suco obtido por centrifugação das tiras de repolho minimamente processado, segundo procedimento descrito por CARVALHO *et al.* (1990);

Acidez Titulável: determinada de acordo com o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985): 10g de tiras de repolho centrifugados e diluídos em 90mL de água destilada, titulados com solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,01N até o pH atingir o valor de 8,1. Os resultados foram expressos em meq ácido cítrico kg^{-1} de Matéria Fresca (MF);

Sólidos Solúveis (SS): o teor de sólidos solúveis foi determinado pela leitura da solução, obtida por centrifugação das tiras de repolho minimamente processado, em refratômetro manual, marca ATAGO, modelo ATC-1E, com precisão de 0,1, segundo procedimento descrito por BOLIN & HUXSOLL (1991). Os resultados foram expressos em °Brix.

3.6. Etapa 3 - Determinação da vida útil do repolho minimamente processado acondicionado em atmosfera modificada ativa e passiva.

Esta etapa teve como objetivo estudar a vida útil do repolho minimamente processado acondicionado na condição atmosférica mais adequada considerando os resultados da etapa 2 deste projeto.

De acordo com os resultados obtidos observou-se que não houve diferença significativa entre as misturas M1 (2% O_2 ; 3% CO_2) e M5 (2% O_2 ; 6,5% CO_2) sendo que para a maioria das variáveis analisadas as mesmas não diferiram do tratamento controle. No entanto, estas misturas apresentaram-se como as mais adequadas (dentro da faixa de gases estudados) para o armazenamento do repolho minimamente processado, por não ter ocorrido redução significativa nos valores de L^* , menor incremento no escurecimento, menor redução de ácido ascórbico e sólidos solúveis e estabilidade nos valores de pH e acidez titulável. Como a mistura M5 possuía uma maior porcentagem de CO_2 sendo dessa forma, mais favorável para a determinação da embalagem adequada a ser utilizada, a

mesma foi utilizada para o armazenamento do repolho minimamente processado em atmosfera modificada ativa na etapa 3. Portanto, a escolha do filme plástico utilizado nesta etapa foi realizada baseando-se, também, na possibilidade do mesmo manter esta concentração de gases após a injeção da mesma em sistema de atmosfera modificada ativa. Com os resultados obtidos na etapa 2 fez-se a estimativa da permeabilidade do filme utilizado na etapa 3.

A estimativa da permeabilidade ao oxigênio e dióxido de carbono do filme, necessária para o acondicionamento do repolho minimamente processado, foi realizada utilizando-se as equações apresentadas por CAMERON, TALASIL & JOLES (1995) e OLIVEIRA *et al.* (1996), conforme as Equações 3 e 4.

$$\frac{P_{O_2} \cdot A}{\Delta x} = \frac{RR_{O_2} \cdot W}{[O_2]_{atm} - [O_2]_{pkg}} \quad (3)$$

$$P = \frac{TP}{\Delta p} \cdot E \quad (4)$$

onde:

P_{O_2} = coeficiente de permeabilidade do filme ao oxigênio ($\text{cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1} \text{ atm}^{-1}$);

A = área de superfície do filme (m^2);

Δx = espessura do filme (mm);

RR_{O_2} = taxa de respiração do produto (O_2 consumido) ($\text{cm}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$);

$[O_2]_{atm}$ = pressão parcial de O_2 fora da embalagem (atm);

$[O_2]_{pkg}$ = pressão parcial de O_2 dentro da embalagem (atm);

W = massa do produto (kg);

P = coeficiente de permeabilidade ($\text{cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1} \text{ atm}^{-1}$);

TP = taxa de permeabilidade ($\text{cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$);

Δp = gradiente de pressão parcial de gás permeante (atm);

E = espessura do filme.

Dessa forma, concluiu-se que a permeabilidade da embalagem ao oxigênio e dióxido de carbono deveria ser em torno de $7.700 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ e $42.000 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1} \text{ atm}^{-1}$, respectivamente. Portanto, buscou-se encontrar embalagens com estas características

em indústrias produtoras de embalagens e no comércio. As características dos sistemas de embalagens utilizados estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Características dos sistemas de embalagens utilizados para o repolho minimamente processado em atmosfera modificada passiva e ativa, armazenadas à 5°C e 10°C.

Embalagem	Espessura (μm)	Taxas de Permeabilidade ¹ ($\text{cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1} \text{ atm}^{-1}$)		Área de Permeação (cm^2)	Taxa de Perm. ao Vapor de Água (g de água $\text{m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)
		O ₂	CO ₂		
PVC	20	8.212	61.260	730	
PEBD	32	6.112 – 6.226		1750	13,8 – 14,6

¹Determinadas sob Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP)

Assim, o repolho minimamente processado foi dividido em três lotes com o seguinte objetivo:

1) Acondicionamento (300g) em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD), (250mm x 350mm), 32 μm de espessura, sem perfurações, tipo AGO 03. Nesta embalagem foi injetada a mistura M5 (2% de O₂, 6,5% de CO₂ e 91,5% de N₂). A injeção da mistura gasosa, bem como, o fechamento da embalagem na atmosfera modificada ativa foi realizado em uma seladora marca SELOVAC modelo 200B, com sistema de injeção de gases. Este tratamento foi identificado como PEBDativa;

2) Acondicionamento (300g) em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD), (250mm x 350mm), 32 μm de espessura, sem perfurações, tipo AGO 03. As embalagens com atmosfera modificada passiva foram seladas em seladora marca BARBI modelo TI 400. Este tratamento foi identificado como PEBDpassiva;

3) Acondicionamento (300g) em bandejas (210mm x 140mm x 20mm) de poliestireno expandido revestidas com filme flexível de policloreto de vinila (PVC), 20 μm , tipo OMNI-AM, fabricado pela GODYEAR, sendo que a termossoldagem do filme na parte inferior da bandeja foi realizada em uma seladora por impulso elétrico marca BARBI, modelo B-500. Esta embalagem foi utilizada com o objetivo de servir como testemunha para os demais tratamentos testados, sendo que a mesma é uma das embalagens mais utilizadas pelos produtores para a comercialização do repolho minimamente processado no Brasil. Este tratamento foi identificado como PVC.

As embalagens foram armazenadas por 16 dias em câmara frigorífica na temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $95 \pm 5\%$ de umidade relativa, e em um balcão expositor refrigerado conveniência, com porta de vidro reto, marca GELOPAR, modelo GERC 210-R1, com o intuito de representar os locais de comercialização no varejo (comercialização simulada (CS)). O termostato do equipamento foi ajustado na posição 1, de forma a proporcionar uma temperatura média no interior do balcão em torno de 10°C . Além disso, 6 termopares previamente calibrados, foram colocados em seu interior sendo 3 na prateleira superior (1 à esquerda, 1 ao centro e 1 à direita) e outros 3 na prateleira inferior, nas mesmas posições. A temperatura foi coletada por um Data logger marca ECO – série 5000, modelo 5100, com leituras a cada 5 minutos.

Logo após o processamento mínimo do repolho e no 4°, 7°, 9°, 11°, 14° e 16° dias de armazenamento, foram realizadas as análises conforme descritas a seguir:

Concentração de oxigênio e dióxido de carbono: Determinada em analisador de gás (Head Space Analyser, marca MOCON PAC CHECKTM, modelo 650). Este método de determinação consiste na leitura direta da concentração de O_2 e CO_2 , em porcentagem, de uma amostra de gás obtida pela introdução de uma seringa hermética própria do aparelho, em cada embalagem, através de um septo de silicone adaptado às mesmas;

Cor: Determinada pelo sistema de leitura de três parâmetros, o CIELAB, proposto pela Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) em 1971. Neste sistema se define um espaço cromático em coordenadas retangulares (L^* , a^* , b^*), associado a outro em coordenadas cilíndricas (L^* , H^* , C^*). Os parâmetros L^* , a^* e b^* foram fornecidos pelo espectrofotômetro de bancada marca Hunter Lab, modelo Color Quest II, onde L^* define a luminosidade ($L^* = 0$ preto e $L^* = 100$ branco) e a^* e b^* são responsáveis pela cromaticidade ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde), b^* ($+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul). Utilizou-se o módulo de calibração de Reflectância Especular Incluída (RESIN), com o iluminante D65 e um ângulo de observação de 10° . As amostras de repolho minimamente processado foram acondicionadas em placas de Petri tomando-se o cuidado para que o fundo da mesma fosse totalmente recoberto com o produto. Devido a estrutura do espectrofotômetro, para que a leitura fosse realizada de forma adequada, as placas foram envolvidas com filme de PVC,

12 μ m, tipo “Magipack” (também utilizado na calibração do aparelho) tomando-se três leituras por placa, onde cada placa representava uma repetição, ou seja, foram realizadas nove leituras por tratamento. Também foi analisada a taxa de escurecimento pela Equação 2, que mede o incremento do escurecimento em repolho minimamente processado com o tempo de armazenamento.

Atividade da Polifenoloxidase (PPO): A atividade da enzima PPO foi determinada adaptando-se a metodologia descrita por ALMEIDA & NOGUEIRA (1995). A extração da enzima foi realizada a partir de 50g de repolho minimamente processado, previamente congelado em nitrogênio líquido e mantido à temperatura de -80°C . O produto foi triturado em liquidificador doméstico por 1min com 50mL de tampão fosfato de potássio 0,1M pH 6,0. Essa solução foi filtrada em quatro camadas de gase e o volume completado com água destilada para 100mL em balão volumétrico. Procurou-se manter as etapas subsequentes da extração à temperatura de 4°C . A solução foi centrifugada em centrífuga refrigerada a 25.000 x g por 20min, sendo o sobrenadante utilizado como extrato enzimático. A reação foi preparada na própria cubeta de leitura sendo composta por 0,5mL de extrato bruto, 1,2mL de substrato de catecol 0,4% em tampão fosfato de potássio 0,025M (pH 6,5) e 1,3mL de tampão fosfato de potássio 0,025M (pH 6,5), perfazendo um total de 3,0mL. Para o branco foram misturados todos os reagentes exceto o extrato bruto, que foi substituído por 0,5mL de água destilada. O início da reação foi marcado pela adição do catecol, em seguida, pelo registro das alterações na absorbância a 420nm por 5min na temperatura de 30°C em espectrofotômetro marca BECKMAN, modelo DU-600. A atividade da enzima foi calculada pela inclinação linear da curva e os resultados foram expressos em Unidades de Atividade de Enzima $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de Matéria Fresca ($\text{UAE min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{MF}$);

Atividade da Peroxidase (POD): A atividade da enzima POD foi determinada adaptando-se a metodologia descrita por KHAN & ROBINSON (1994). A extração da enzima foi realizada a partir de 50g de repolho minimamente processado previamente congelado em nitrogênio líquido e mantido à temperatura de -80°C . O produto foi triturado em liquidificador doméstico por 1min com 50mL de tampão fosfato de potássio 0,1M pH 6,0. Essa solução foi filtrada em quatro camadas de gase e o volume completado com água

destilada para 100mL em balão volumétrico. Procurou-se manter as etapas subsequentes da extração à temperatura de 4°C. A solução foi centrifugada em centrífuga refrigerada a 25.000 x g por 20min, sendo o sobrenadante utilizado como extrato enzimático. O extrato enzimático foi diluído em tampão fosfato de potássio 0,1M, pH 6,0 na proporção de 1:30. A reação foi preparada na própria cubeta de leitura sendo composta por 0,1mL de extrato enzimático diluído, 1,5mL de solução de guaiacol 1% em tampão fosfato de potássio 0,005M (pH 6,5), 0,4mL de peróxido de hidrogênio 0,1M em tampão fosfato de potássio 0,1M, pH 6,0 e 1,2mL de tampão fosfato de potássio 0,005M (pH 6,0), perfazendo um total de 3,2mL. Para o branco foram misturados todos os reagentes exceto o extrato diluído, que foi substituído por 0,1mL de água destilada. O início da reação foi marcado pela adição da solução de guaiacol e foram registradas as alterações na absorbância por 5min a 470nm na temperatura de 30°C em espectrofotômetro, marca BECKMAN, modelo DU-600. A atividade da enzima foi calculada pela inclinação linear da curva e os resultados foram expressos em Unidades de Atividade de Enzima $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de Matéria Fresca (UAE $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ MF);

Ácido ascórbico: Determinado conforme descrito no item 3.5 por titulação manual;

pH: Determinado conforme descrito no item 3.5;

Acidez titulável: Determinada conforme descrito no item 3.5;

Sólidos solúveis (SS): Determinado conforme descrito no item 3.5, utilizando-se um refratômetro de bancada marca QUIMIS modelo Q-109B, com precisão de 0,1;

Perda de massa fresca: Realizada utilizando-se balança digital marca GEHAKA, modelo BG 2000 com precisão de 0,01g. O ensaio permitiu avaliar a perda de água durante a armazenagem refrigerada. Os resultados foram expressos em porcentagem de acordo com a Equação 5:

$$\text{PMF} = \frac{\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} \cdot 100 \quad (5)$$

Análises microbiológicas: As amostras de repolho minimamente processado foram analisadas pela técnica da lavagem superficial, utilizada em alimentos cuja contaminação é predominantemente superficial, coletando os contaminantes externos aderidos ao produto a ser analisado. Esta técnica pode ser aplicada em carcaças de aves inteiras ou partes, pequenos peixes, condimentos, grãos, sementes ou folhas, superfícies de embalagens, entre outros. (SILVA, JUNQUEIRA & SILVEIRA, 2001). A técnica de lavagem, segundo estas autoras, consiste em transferir parte da amostra para uma embalagem estéril, adicionando-se o volume de diluente requerido para a diluição inicial desejada.

Neste experimento as amostras de repolho (25g), pesadas em balança, previamente esterilizada, com precisão de $\pm 0,01$ g, marca GEHAKA, modelo BG 2000, foram colocadas em frascos previamente esterilizados, com capacidade para 500mL contendo 225mL de uma solução salina tamponada (água peptonada) estéril, obtendo-se a diluição de 10^{-1} . Os frascos, contendo as amostras, foram agitados manualmente durante três minutos. Em seguida foi transferido 1mL da solução de lavagem preparando-se diluições decimais sucessivas, conforme grau de contaminação esperado, para as seguintes análises:

Coliformes totais e fecais: determinados pela técnica do Número Mais Provável (NMP g^{-1}), onde primeiramente realizou-se um teste presuntivo em caldo lactosado (LST/MERCK Alemanha) incubado à 35°C por 48 horas. Em seguida, realizou-se teste confirmativo para coliformes totais (caldo bile verde brilhante (VB/MERCK Alemanha), à 35°C por 48 horas), e coliformes fecais (caldo *Escherichia coli* (EC/MERCK Alemanha) incubado em banho-maria à 44,5°C por 24 horas) de acordo com SILVA, JUNQUEIRA & SILVEIRA (2001);

Contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos: A quantificação foi realizada pelo método de plaqueamento em profundidade utilizando-se ágar para contagem padrão (PCA/OXOID Inglaterra). As placas foram incubadas à 35°C por 48 horas e a leitura foi realizada em aparelho contador de colônias manual marca PHOENIX, modelo CP 608 fabricado pela PHOENIX. Os resultados foram expressos em Unidades Formadoras de

Colônias por grama de amostra (UFC g⁻¹) de acordo com SILVA, JUNQUEIRA & SILVEIRA (2001);

Contagem total de bolores e leveduras: A quantificação foi realizada pelo método de plaqueamento em superfície, utilizando-se o Ágar Potato Dextrose Agar (PDA/OXOID Inglaterra) acrescentando-se o antibiótico cloranfenicol. As placas foram incubadas à 25°C por 5 dias e a leitura foi realizada em aparelho contador de colônias manual marca PHOENIX, modelo CP 608 fabricado pela PHOENIX. Os resultados foram expressos em Unidades Formadoras de Colônias por grama de amostra (UFC g⁻¹) de acordo com SILVA, JUNQUEIRA & SILVEIRA (2001);

A determinação da presença (análise qualitativa) de *Salmonella* sp e *L. monocytogenes* foram realizadas no Núcleo de Microbiologia do Instituto de Tecnologia de Alimentos –ITAL/CAMPINAS, sendo que a análise de *Salmonella* sp foi realizada somente no primeiro dia (instalação do experimento) no produto minimamente processado, conforme metodologia descrita por DOWNES & ITO (2001), e a análise de *L. monocytogenes* foi realizada no primeiro, sétimo e décimo quarto dia de armazenamento, utilizando-se metodologia descrita pela AOAC RI – AOAC RESEARCH INSTITUTE (2000).

Análise sensorial: Utilizou-se a metodologia classificada como Análise Descritiva Quantitativa Modificada (ADQ Modificado), onde uma equipe de 13 julgadores treinados avaliou os seguintes atributos de qualidade do produto: escurecimento, murchamento, e aparência geral (Figura 3), e presença de aroma “passado” (Figura 4) no repolho minimamente processado.

Para as análises de escurecimento, murchamento e aparência geral as amostras de repolho minimamente processado foram apresentadas monadicamente, de forma aleatória, em pratinhos plásticos de cor branca, codificados com três dígitos, sendo que para cada amostra foi entregue uma ficha de avaliação sensorial. As amostras para avaliação do aroma “passado” foram apresentadas simultaneamente em copos plásticos de cor branca cobertos e tampados com papel de alumínio perfurados, codificados com três dígitos, em bandejas de aço inoxidável, sendo entregue uma única ficha de avaliação sensorial para

todas as amostras. Para tanto, os julgadores dispunham de uma escala hedônica não estruturada de 9cm entre âncoras, sendo orientados a indicar cada amostra com um traço vertical na escala, na posição que melhor refletisse seu julgamento com relação aos atributos estabelecidos. As fichas utilizadas no ADQ Modificado foram idênticas às utilizadas no treinamento dos julgadores. Todas as análises, bem como o treinamento dos julgadores, foram realizadas em cabines próprias para análise sensorial, com luz branca.

Foi estabelecido durante o treinamento dos julgadores que o valor quatro (4) seria o escore mínimo de aceitabilidade do produto, ou seja, de desclassificação. Dessa forma, a vida útil do repolho minimamente processado submetido aos diferentes tratamentos, seguiu um limite mínimo de aceitabilidade para os diferentes atributos estudados. Este limite foi estabelecido de acordo com o prescrito nas normas da ABNT (1998).

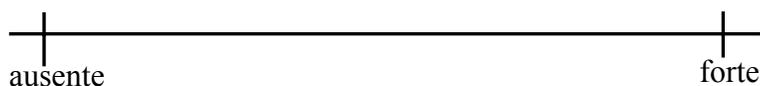
O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com três repetições para cada tratamento, onde se estudou a interação entre os fatores: condições de armazenamento (5°C e Comercialização simulada), embalagem (PVC, PEBDativa e PEBDpassiva) e tempo (0, 4, 7, 9, 11, 14 e 16 dias) Com exceção das análises microbiológicas, onde não é necessária a realização de análise estatística dos dados, para a interpretação dos resultados, a análise estatística dos dados foi realizada com o auxílio do software ESTAT – Sistema para Análise Estatística – Unesp, Campus Jaboticabal. Após análise de variância, os dados foram expressos como médias e comparados pelo teste de Tukey a um intervalo de confiança de 95% ($p \leq 0,05$).

FICHA Nº 2

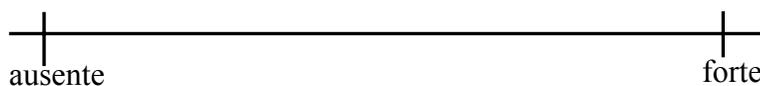
Nome: _____ Data: ____/____/____

Você está recebendo seis amostras de repolho minimamente processado. Por favor, cheire e avalie cada uma delas quanto à presença de **AROMA “PASSADO”** marcando com um traço vertical na escala correspondente.

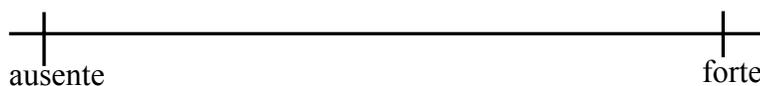
Nº da amostra: _____



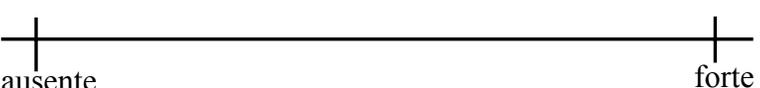
Nº da amostra: _____



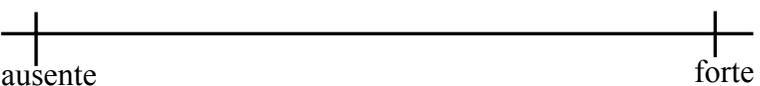
Nº da amostra: _____



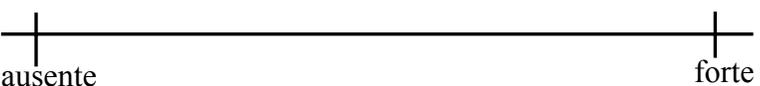
Nº da amostra: _____



Nº da amostra: _____



Nº da amostra: _____



Comentários: _____

Figura 4. Ficha de ADQ Modificado, desenvolvida pela equipe, para análise sensorial do repolho minimamente processado em diferentes embalagens e temperaturas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ETAPA 1 - Determinação da atividade respiratória e produção de etileno do repolho inteiro e minimamente processado nas temperaturas de 5°C e 10°C, em sistema fechado.

A taxa respiratória do repolho inteiro (Figura 3) foi significativamente menor que do repolho minimamente processado nas duas temperaturas estudadas (Anexo 1). Para o repolho inteiro, não houve diferença significativa entre as temperaturas, com exceção do tempo de 4 horas, onde o repolho mantido a 10°C apresentou um pico de produção de CO₂ variando de 70 a 160 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, sendo inclusive superior neste tempo de avaliação ao repolho minimamente processado mantido a 5°C.

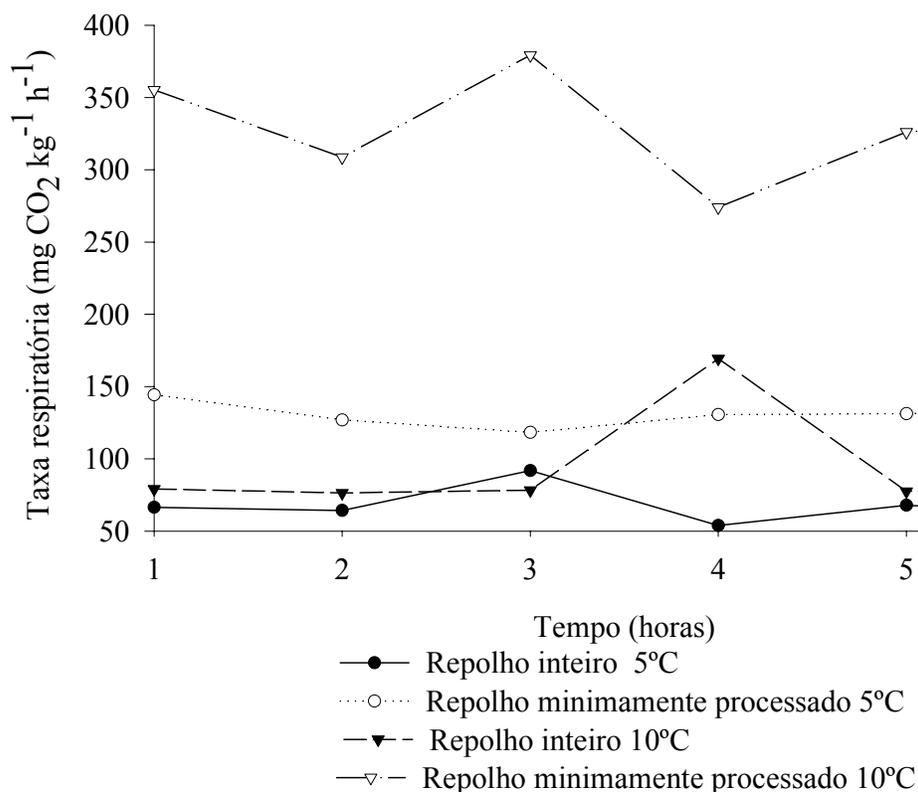


Figura 5. Atividade respiratória do repolho inteiro e minimamente processado nas temperaturas de 5°C e 10°C em sistema fechado.

A atividade respiratória do repolho minimamente processado e armazenado a 10°C foi estatisticamente superior (Anexo 1) ao armazenado a 5°C, apresentando maior atividade

a 1h e 3h após o processamento, sendo que o repolho inteiro nessa mesma temperatura apresentou maior atividade somente 4h após o processamento. Para as duas temperaturas o repolho minimamente processado apresentou maior taxa respiratória que o repolho inteiro, como já era esperado. De acordo com AHVENAINEN (1996) a atividade respiratória de produtos minimamente processados aumenta 1,2 a 7,0 vezes ou até mais, dependendo do produto, grau de corte e temperatura. Dessa forma, os resultados obtidos neste experimento são concordantes com as afirmações desse autor, onde o repolho minimamente processado apresentou uma atividade respiratória, em média, duas vezes maior, quando comparado ao repolho inteiro submetido à temperatura de 5°C situando-se na faixa citada. Na temperatura de 10°C, essa relação foi bem maior, em torno de 5 vezes.

O aumento da atividade respiratória em produtos minimamente processados também foi observado por PRIEPKE, WEI & NELSON (1976) ao estudarem hortaliças folhosas, como a alface e a chicória, após cortadas, embaladas e armazenadas a 4°C. A taxa respiratória também aumentou em relação ao tratamento controle, ou seja, folhas intactas armazenadas nas mesmas condições.

Observou-se, também, que o repolho minimamente processado e armazenado na temperatura de 10°C apresentou um aumento na atividade respiratória em torno de 2,5 vezes quando comparado ao armazenado na temperatura de 5°C. Estes dados superam os descritos por BRECHT (1995) quando afirma que, as reações metabólicas nesses alimentos são reduzidas, aproximadamente, duas ou três vezes a cada redução de 10°C na temperatura. Afirma ainda que, o controle da temperatura é a técnica mais adequada e importante disponível para minimizar as injúrias provocadas pelo processamento mínimo de frutas e hortaliças, sendo que o aumento na respiração e na produção de etileno, bem como outras reações associadas ao processamento, são minimizados quando o produto fresco é processado e mantido sob baixas temperaturas.

Segundo este mesmo autor, a fisiologia de frutas e hortaliças minimamente processadas é essencialmente a fisiologia de tecido estressado, sendo que, no repolho tem-se a retirada das folhas externas, parte central e corte do produto em tiras, diferindo dos procedimentos convencionais nos quais o tecido permanece viável (fresco) durante as etapas subsequentes de manuseio. Consequentemente, o comportamento do tecido é geralmente típico ao observado em tecidos vegetais que tenham sido expostos a condições

de stresse, correspondendo a aumentos na respiração e produção de etileno e, em alguns casos, à indução a processos de cura do fermento. Outras consequências do fermento são químicas ou físicas, tais como reações de escurecimento oxidativo e oxidação de lipídeos, ou aumento da perda de água.

Quanto ao aumento na produção de etileno, nada pode-se concluir, por não ter sido detectado a produção do mesmo pelo método de análise utilizado. Isso deve ter ocorrido, por ser o repolho, classificado como um produto que apresenta uma taxa de produção de etileno muito baixa ($<0,1 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ a 20°C), embora altas taxas de produção deste gás tenham sido encontradas em repolho Chinês.

O repolho minimamente processado armazenado na temperatura de 5°C apresentou uma taxa respiratória média de $66,80 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, sendo a mesma utilizada para o cálculo do fluxo gasoso, necessário, para o armazenamento do repolho minimamente processado em atmosfera controlada (etapa 2) na temperatura de 5°C .

4.2. ETAPA 2 - Influência da atmosfera controlada sobre o repolho minimamente processado armazenado na temperatura de 5°C .

4.2.1. Avaliação da cor do repolho minimamente processado

Os resultados da análise de cor do repolho minimamente processado sob atmosfera controlada são apresentados na Figura 6A (variável L^*) e 6B (incremento do escurecimento). Os valores de L^* , que representam a luminosidade ($L^*=0$ preto e $L^*=100$ branco) do repolho minimamente processado oscilaram entre 72,16 e 82,66 obtendo-se 10,86% de redução durante os 10 dias de armazenamento refrigerado, considerando-se o valor médio inicial (80,95) e final (72,16). Apesar de não ter sido realizado análise sensorial do repolho minimamente processado nesse experimento, a presença de escurecimento no produto foi visivelmente observada, sendo de maneira geral, mais acentuada nos tratamentos com maiores concentrações de oxigênio.

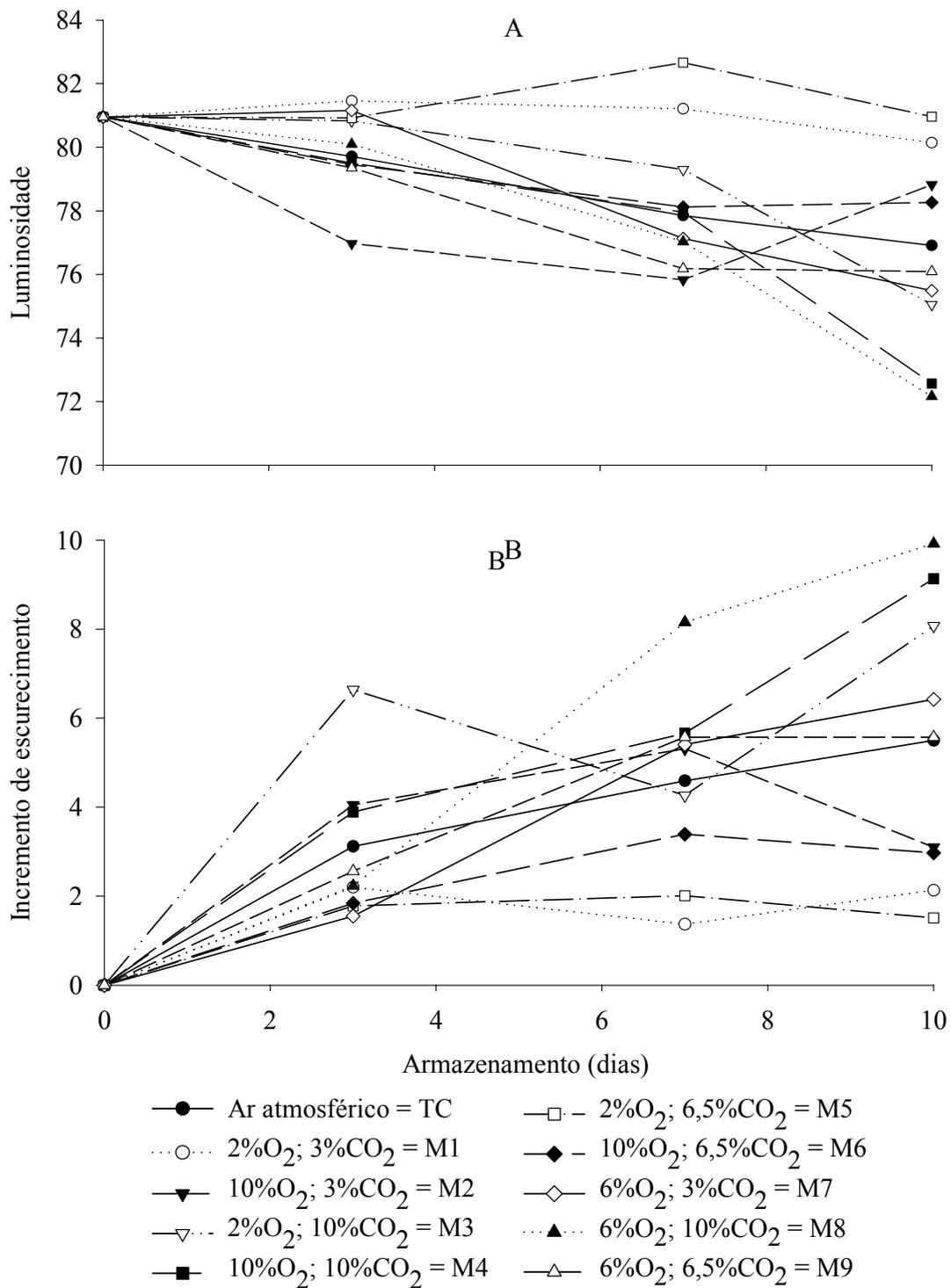


Figura 6. Valores de luminosidade (L^*) (A) e incremento de escurecimento (IE) (B) em repolho minimamente processado armazenado sob atmosfera controlada, na temperatura de 5°C.

O produto submetido ao tratamento controle (ar atmosférico) não apresentou escurecimento significativo (Anexo 2), a um intervalo de confiança de 95% ($p < 0,05$) durante todo o período, obtendo-se valores em torno de 77,0 aos 10 dias de armazenamento. O mesmo ocorreu para o produto submetido as misturas M1 (2% O₂; 3% CO₂), M5 (2% O₂; 6,5% CO₂), e M6 (10% O₂; 6,5% CO₂), sendo que as duas primeiras, proporcionaram os maiores valores de L* durante todo o armazenamento, provavelmente, devido a menor concentração de oxigênio presente nas mesmas, não diferindo dos valores obtidos no tratamento controle.

Os menores valores de L* (75,83) foram apresentados pela mistura M2 (10% O₂; 3% CO₂), até o 7º dia, sendo que no 10º, os menores valores (em torno de 72,0) foram apresentados pelas misturas M4 (10% O₂; 10% CO₂) e M8 (6% O₂; 10% CO₂).

O produto submetido às demais misturas apresentaram variação significativa (Anexo 2) durante todo o armazenamento apresentando valores de L* intermediários aos tratamentos comentados anteriormente. Maiores valores de L*, significam menor escurecimento do produto, sendo esta característica, após o processamento mínimo dos vegetais, uma das principais causas da perda de qualidade visual (LÓPEZ-GALVEZ, SALTVEIT & CANTWELL, 1996). Segundo YANO & SAIJO (1987) o repolho é um produto que apresenta este problema após o processamento mínimo, reduzindo assim, a sua vida útil. Para esta variável só ocorreu diferença significativa no produto submetido as diferentes misturas à partir do 7º dia de armazenamento não diferindo do tratamento controle.

De maneira geral ocorreu incremento no escurecimento (Figura 6B) do repolho minimamente processado em todos os tratamentos até o 4º dia de armazenamento, sendo mais acentuado no mantido na mistura M3 (2% O₂; 10% CO₂) que diferenciou-se de todas as demais, obtendo-se um valor máximo de 7,0. A partir desse período as misturas M1 (2% O₂; 3% CO₂) e M5 (2% O₂; 6,5% CO₂), não apresentaram escurecimento significativo (Anexo 2) não sendo estatisticamente diferente do tratamento controle e das demais, com exceção das misturas M3 (2% O₂; 10% CO₂) e M4 (10% O₂; 10% CO₂) no 10º dia e da M8 (6% O₂; 10% CO₂) no 7º e 10º dia de armazenamento.

4.2.2. Ácido ascórbico

Os valores de ácido ascórbico (Figura 7) oscilaram entre 335,1 e 509,4 mg de ácido ascórbico kg^{-1} MF, durante os 10 dias de armazenamento, sendo o repolho considerado uma importante fonte deste nutriente. A maior redução (31,09%) de ácido ascórbico ocorreu na mistura M8 (6% O_2 ; 10% CO_2) no 7º dia de armazenamento. No 3º dia, somente o repolho minimamente processado sob as misturas M1 (2% O_2 ; 3% CO_2), M2 (10% O_2 ; 3% CO_2) e M6 (10% O_2 ; 6,5% CO_2) diferiram dos valores obtidos no tratamento controle, apresentando menor perda de ácido ascórbico. Pode-se observar que, de maneira geral, a maior perda ocorreu no início do armazenamento, estando de acordo com KAJI, UENO & OSAJIMA (1993) onde afirmaram que após a ruptura dos tecidos causada pelo corte ocorre uma queda rápida do teor desse ácido em produtos minimamente processados devido a processos oxidativos.

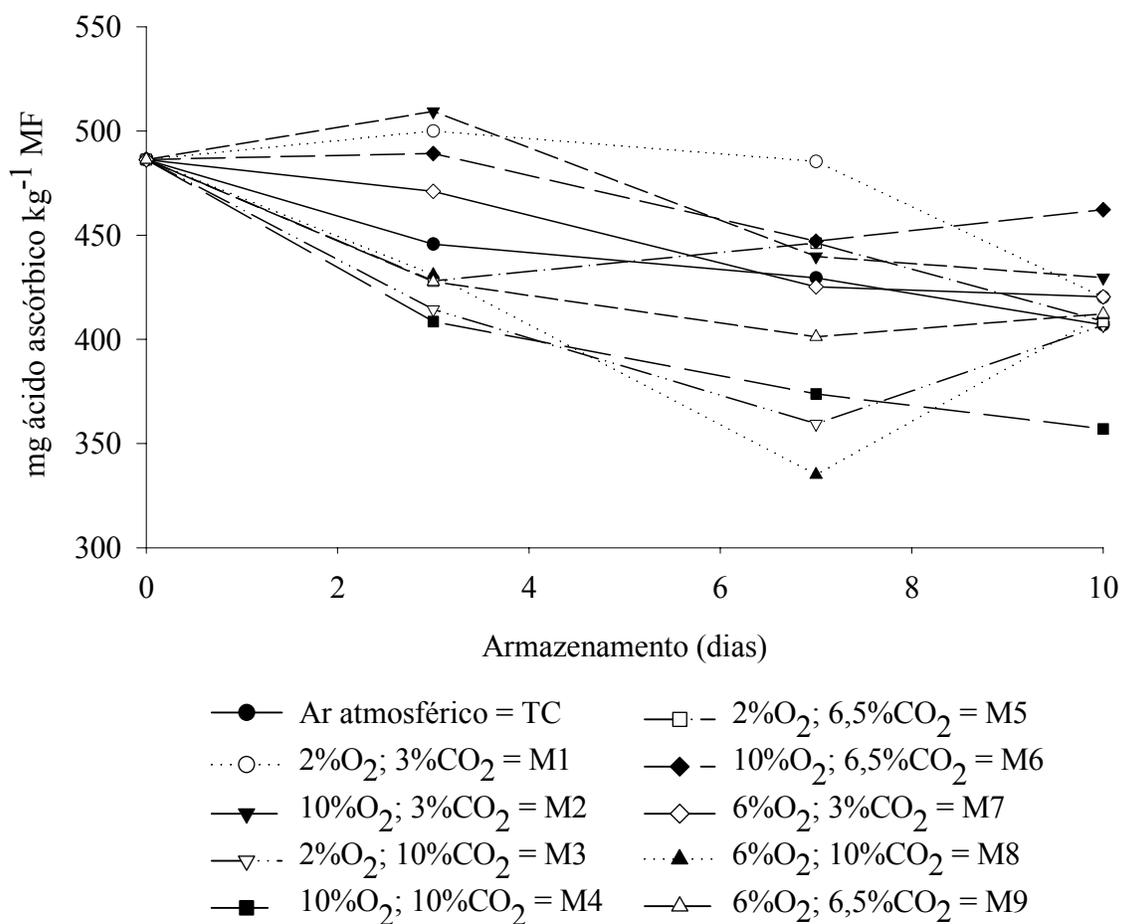


Figura 7. Valores de ácido ascórbico em repolho minimamente processado armazenado sob atmosfera controlada, na temperatura de 5°C.

Os maiores valores de ácido ascórbico foram observados no produto submetido às misturas M1 (2% O₂; 3% CO₂) e M2 (10% O₂; 3% CO₂) e o menor, no mantido na mistura M4 (10% O₂; 10% CO₂), que não diferiu estatisticamente (Anexo 2) ($p < 0,05$) do obtido no tratamento controle. No 7º dia houve maior variação nos valores obtidos nas diferentes misturas, sendo que somente os produtos nas misturas M1 (2% O₂; 3% CO₂), M3 (2% O₂; 10% CO₂), M4 (10% O₂; 10% CO₂) e M8 (6% O₂; 10% CO₂) diferiram do obtido no tratamento controle, sendo que a primeira apresentou maiores valores, o que não ocorreu com as demais. No 10º dia somente a mistura M6 (10% O₂; 6,5% CO₂), onde o produto apresentou os maiores valores, e a mistura M4 (10% O₂; 10% CO₂), que apresentou os menores valores, diferiram do tratamento controle. De acordo com KADER (1996), em frutas e hortaliças armazenadas em atmosfera controlada ocorre menor redução de ácido ascórbico, quando comparado com o armazenamento em ar ambiente. Para KLEIN (1987), a redução desse ácido está diretamente relacionado com o aumento da taxa respiratória, da evolução do etileno e com a descompartimentação celular, além dos fatores ambientais e genéticos, tais como calor, luz, O₂, pH, espécie e variedade cultivada.

4.2.3. pH e acidez titulável

Os valores de pH e acidez titulável estão apresentados na Figura 8A e 8B, respectivamente. Observa-se que os valores de pH oscilaram entre 5,5 e 6,3 durante os 10 dias de armazenamento, com aumento acentuado (0,76 unidades de pH), com correspondente redução da acidez, no repolho minimamente processado submetido às misturas M2 (10% O₂; 3% CO₂), M6 (10% O₂; 6,5% CO₂) e M7 (6% O₂; 3% CO₂), até o 3º dia de armazenamento, diferenciando-se do tratamento controle (Anexo 2), com posterior redução até o 7º dia, com concomitante aumento da acidez, igualando-se estatisticamente aos demais tratamentos. Estes resultados estão em desacordo com os obtidos por LARSON *et al.* (1997) que observaram decréscimo nos valores de pH de repolho minimamente processado, de valor inicial de 6,4 para valores iguais ou inferiores a 4,6, durante todo o armazenamento a 4°C, 12°C e 21°C. Neste experimento, no tratamento controle, o repolho minimamente processado não apresentou variação significativa nos valores de pH durante o armazenamento. Os menores valores, ou seja menor variação, foram observados no produto submetido às misturas M1 (2% O₂; 3% CO₂) e M5 (2% O₂; 6,5% CO₂) e o maior, na mistura M7 (6% O₂; 3% CO₂). No 10º dia, o repolho mantido na mistura M4 (10% O₂; 10%

CO₂) apresentou diferença significativa em relação às demais, apresentando os maiores valores de pH, sendo ainda, inferior ao apresentado no 3º dia pelas misturas 2, 3 e 7.

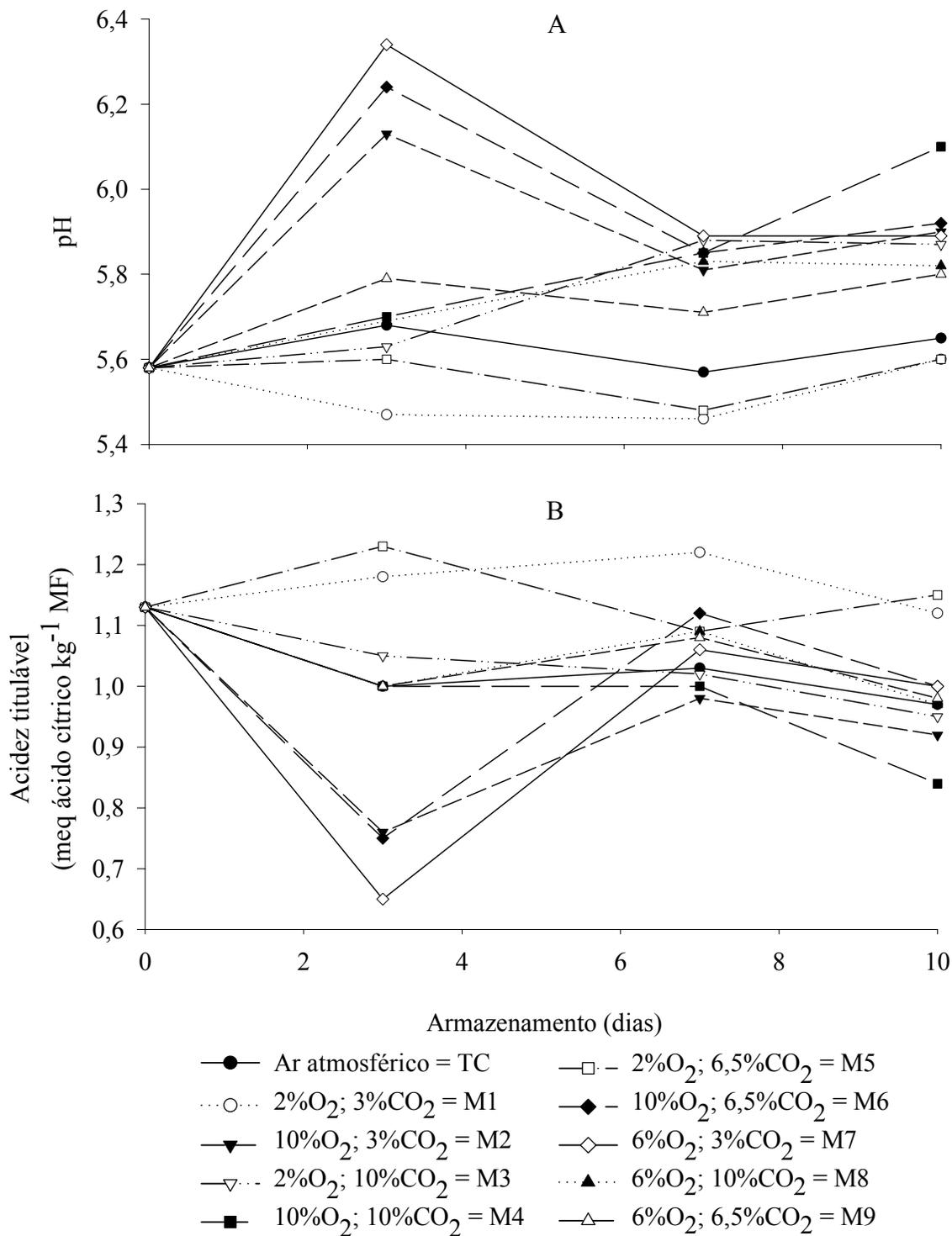


Figura 8. Valores de pH (A) e acidez titulável (B) em repolho minimamente processado armazenado sob atmosfera controlada, na temperatura de 5°C.

Para a acidez titulável (Figura 8B) o repolho minimamente processado submetido as misturas M2 (10% O₂; 3% CO₂), M6 (10% O₂; 6,5% CO₂) e M7 (6% O₂; 3% CO₂), apresentou redução acentuada (42,48%) até o 3º dia igualando-se, estatisticamente (Anexo 2), aos demais tratamentos à partir desse período. Segundo ROURA, DAVIDOVICH & DEL VALLE (2000) logo após o processamento mínimo o tecido vegetal apresenta uma respiração maior, levando a um decréscimo acentuado da acidez no início do armazenamento, devido ao consumo dos ácidos orgânicos (substâncias de reserva) no processo respiratório.

Os maiores valores, ou seja, menor perda de ácidos orgânicos, foram apresentados pelo repolho submetido as misturas M1 (2% O₂; 3% CO₂) e M5 (2% O₂; 6,5% CO₂), não diferenciando-se estatisticamente entre si, mas sim, dos valores obtidos no tratamento controle. O repolho acondicionado nas demais misturas apresentaram variação significativa para esta variável, oscilando em valores intermediários, durante todo o armazenamento.

4.2.4. Sólidos solúveis

A maior redução de sólidos solúveis (Figura 9) ocorreu até o 3º dia de armazenamento para a maioria dos tratamentos, com exceção do produto submetido à mistura M8 (6% O₂; 10% CO₂) que apresentou redução acentuada até o 7º dia, e a mistura M4 (10% O₂; 10% CO₂) onde os sólidos solúveis reduziram-se significativamente (Anexo 2) durante todo o armazenamento, chegando a um máximo de 25%, considerando-se o valor inicial (5,6) e final (4,2).

Quanto maior a taxa respiratória do produto, maior será o consumo de reservas do vegetal. Dessa forma, observa-se que a redução dos sólidos solúveis principalmente no início do armazenamento, deve-se ao maior consumo dos substratos orgânicos no processo respiratório, na tentativa do tecido de manter-se em seu estado inicial. O aumento nos sólidos solúveis em alguns períodos e tratamentos pode ter ocorrido, devido a variações nas amostras do repolho minimamente processado, ou a perda de água do produto, sendo que segundo SILVA, SOARES & GERALDINE (2003) o aumento nos valores de sólidos solúveis, que normalmente ocorrem nos produtos minimamente processados é devido à perda de água do produto. Quanto a última afirmação, nada pode-se concluir devido ao fato que não foi realizada análises de perda de massa do produto durante esse experimento.

O repolho minimamente processado submetido ao tratamento controle apresentou redução significativa apenas do início do armazenamento em relação aos demais, que não diferiram estatisticamente entre si. O mesmo ocorreu nas misturas M1 (2% O₂; 3% CO₂), M5 (2% O₂; 6,5% CO₂), M7 (6% O₂; 3% CO₂) e M9 (6% O₂; 6,5% CO₂), onde o produto também apresentou diminuição nos teores de sólidos solúveis de acordo com o armazenamento, sendo menos acentuado que no tratamento controle.

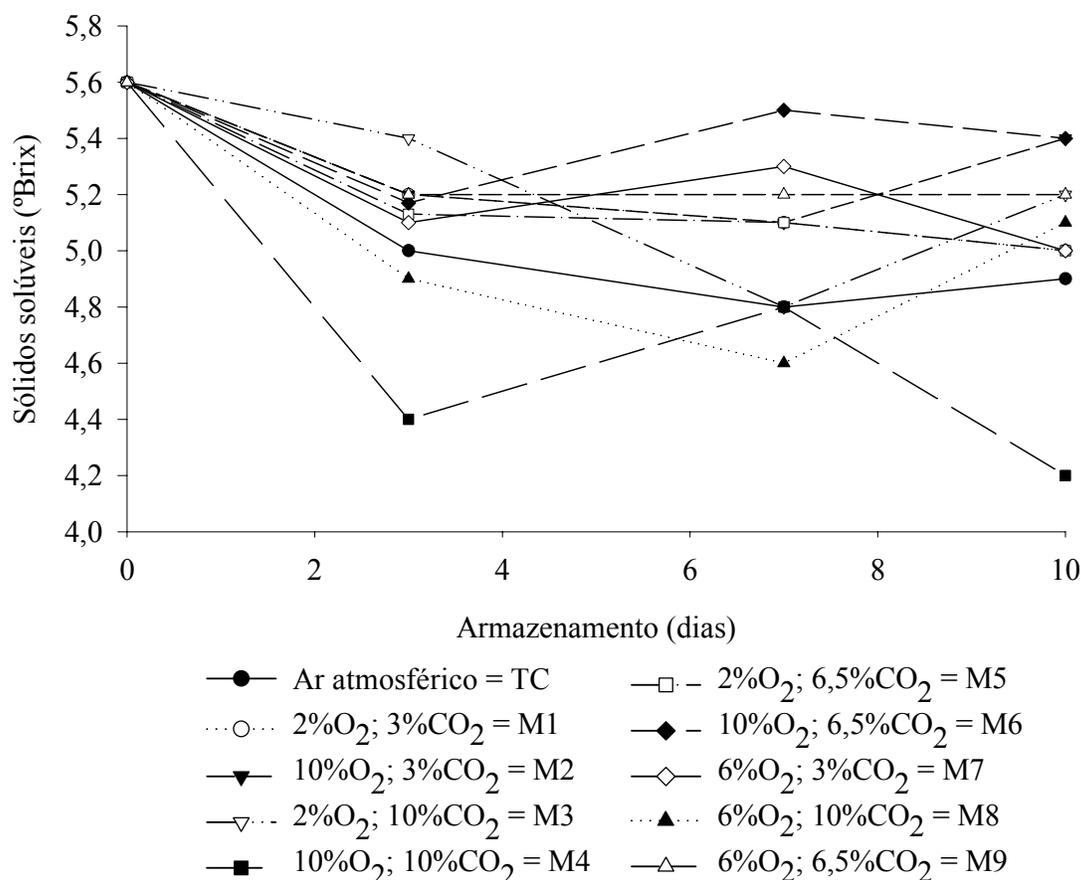


Figura 9. Valores de sólidos solúveis em repolho minimamente processado armazenado sob atmosfera controlada, na temperatura de 5°C.

De acordo com os resultados obtidos concluiu-se que não houve diferença significativa entre as misturas M1 (2% O₂; 3% CO₂) e M5 (2% O₂; 6,5% CO₂), sendo que para a maioria das variáveis analisadas as mesmas não diferiram do tratamento controle. No entanto, estas misturas apresentaram-se como as mais adequadas (dentro da concentração de gases estudados) para o armazenamento do repolho minimamente processado. Como a mistura M5 possuía uma maior porcentagem de CO₂ sendo, dessa forma, mais favorável

para a determinação da embalagem adequada, a mesma foi utilizada para o armazenamento do repolho minimamente processado em atmosfera modificada ativa na etapa 3.

4.3. ETAPA 3 - Determinação da vida útil do repolho minimamente processado acondicionado em atmosfera modificada ativa e passiva.

4.3.1. Dados da temperatura no balcão expositor refrigerado conveniência – Comercialização Simulada

Durante os 16 dias de armazenamento do repolho minimamente processado os valores de temperatura oscilaram entre $-3,7^{\circ}\text{C}$ e $+15^{\circ}\text{C}$ com um coeficiente de variação (CV) de 121,3%. O objetivo inicial era de manter o produto submetido a temperatura de 10°C , no entanto, de acordo com a Figura 10, pode-se observar que o equipamento utilizado não correspondeu ao desejado, fato este, que deve corresponder a uma situação real dos pontos de venda de produtos minimamente processados.

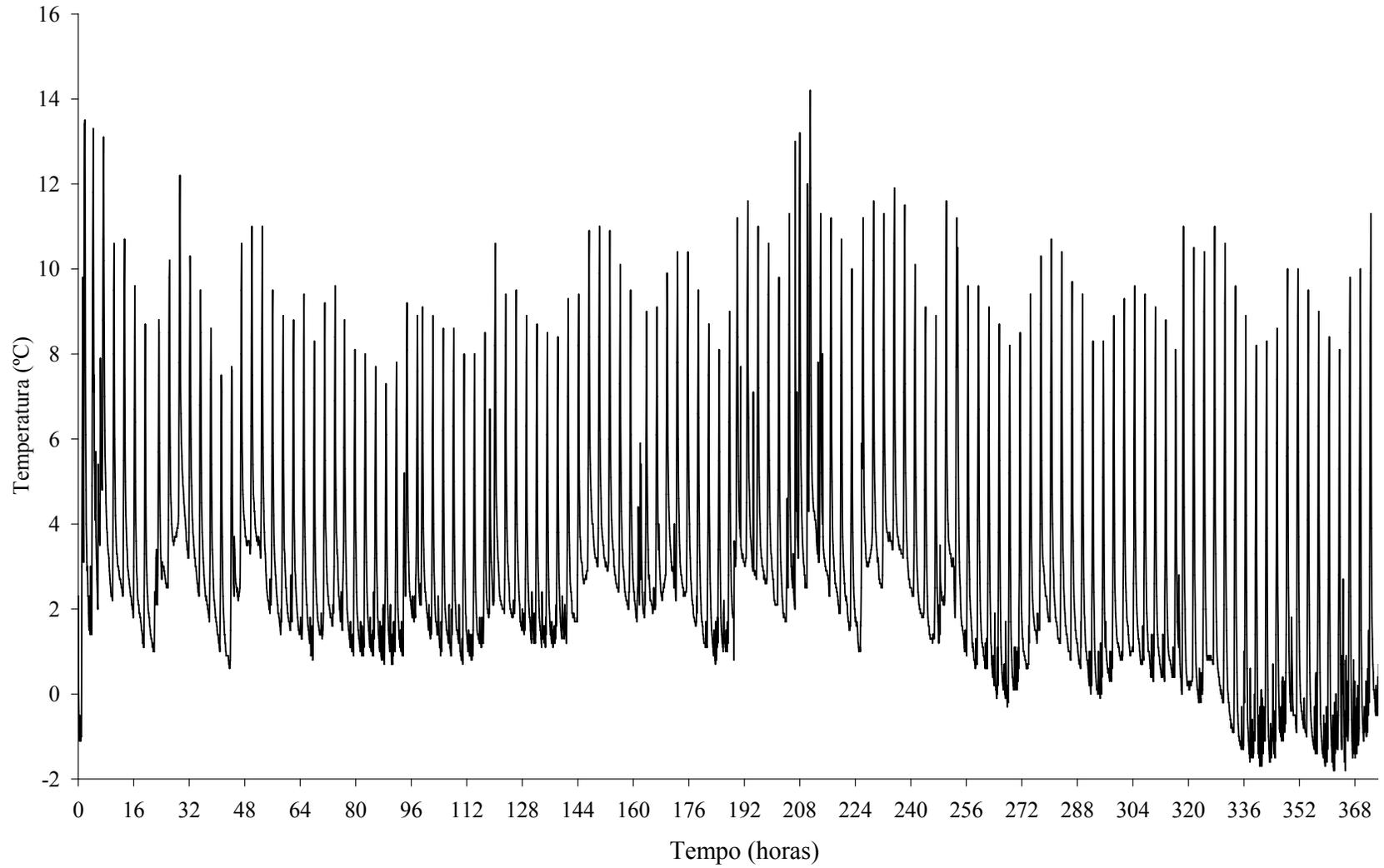


Figura 10. Valores médios de temperatura em balcão refrigerado conveniência durante 16 dias de armazenamento de repolho minimamente processado.

4.3.2. Composição gasosa no interior das embalagens

Os resultados da composição gasosa no interior das embalagens de PEBDpassiva, PEBDativa e PVC, mantidas por 16 dias na temperatura de 5°C e comercialização simulada, são apresentadas na Figura 11A (oxigênio) e 11B (dióxido de carbono).

A embalagem de PEBDativa, que teve a concentração inicial de oxigênio reduzida para 2% manteve-se praticamente inalterada até o 7º dia de armazenamento, com pequena alteração até o 11º chegando a um valor ao redor de 3% de oxigênio para as duas condições de armazenamento estudadas. Apesar dessa variação, os valores não foram estatisticamente significativos (Anexo 3). Estes valores encontram-se na faixa recomendada para o armazenamento do repolho que é de 2 a 5% de oxigênio (EXAMA *et al.*, 1993; KADER, ZAGORY & KERBEL, 1989). Este comportamento pode estar relacionado com as características de permeabilidade desta embalagem ao oxigênio e com a taxa respiratória do produto, que devido a menor concentração de oxigênio no interior da embalagem, deve ter sido inferior ao dos outros tratamentos avaliados. A partir do 11º dia de armazenamento ocorreu aumento significativo na concentração de oxigênio alcançando 12% no 14º dia. SARANTÓPOULOS *et al.* (2003), afirmou que quando o produto está numa condição em que a concentração de oxigênio da atmosfera encontra-se próxima ou inferior a 10%, provavelmente a taxa respiratória do vegetal é menor, comparativamente à taxa de permeabilidade ao oxigênio da embalagem, resultando assim em aumento na concentração desse gás no interior da embalagem utilizada.

No último dia de armazenamento na temperatura de 5°C, esta concentração praticamente não sofreu alteração com relação ao período anterior, o que não ocorreu na comercialização simulada, onde o produto, provavelmente, apresentou maior atividade respiratória, devido a maior oscilação da temperatura reduzindo a concentração de oxigênio para 7,5%, entretanto, não diferindo estatisticamente do período anterior. Nos dois últimos períodos de avaliação, essa mesma embalagem, quando submetida a atmosfera modificada passiva, apresentou concentração de oxigênio praticamente idênticas para as duas condições de armazenamento, não ocorrendo a variação observada na PEBDativa.

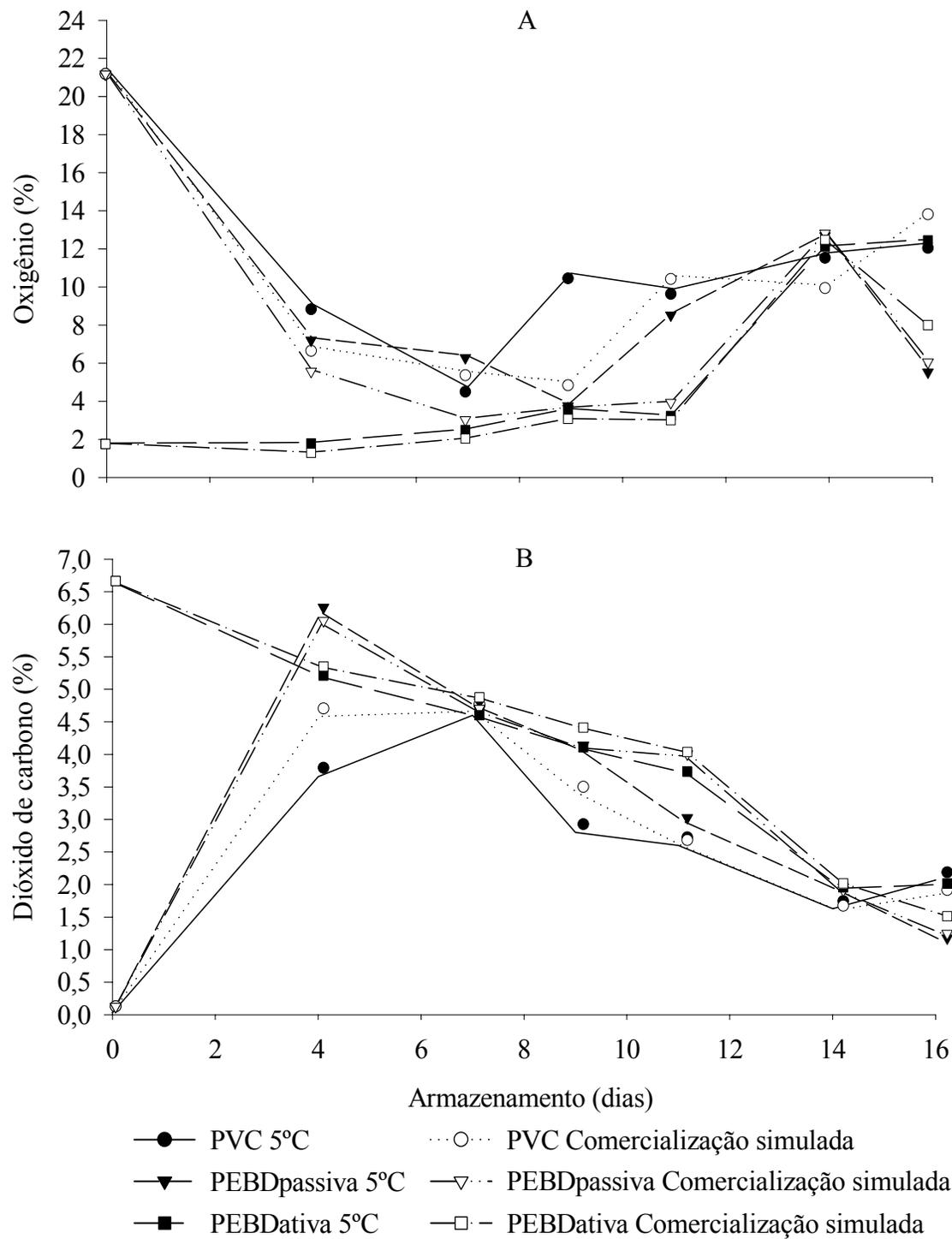


Figura 11. Concentração de oxigênio (A) e dióxido de carbono (B), na atmosfera interna de embalagens contendo repolho minimamente processado, armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.

As embalagens de PEBDpassiva e PVC apresentaram redução acentuada na concentração de oxigênio até o 4º dia, chegando a 5,82% na embalagem de PEBDpassiva em comercialização simulada, não sendo estatisticamente diferente da concentração obtida nesta mesma embalagem armazenada a 5°C, e da embalagem de PVC nos dois tipos de armazenamento. Este comportamento do produto, provavelmente, está relacionado com o contato entre enzimas e substratos, após a desestruturação dos sistemas de membranas celulares causado pelo corte do produto, acelerando o processo respiratório (ROLLE & CHISM, 1987; SAKR *et al.*, 1997).

A partir do 7º dia a embalagem de PEBDpassiva, na comercialização simulada, apresentou uma tendência de equilíbrio na concentração de oxigênio na atmosfera interna até o 11º dia de armazenamento, com posterior aumento. Na embalagem de PVC em comercialização simulada este comportamento foi observado entre o 4º e 9º dia de armazenamento. A partir do 4º dia, os valores de oxigênio oscilaram de 3% a 12% para a embalagem de PEBDpassiva e de 5% a 13% para a embalagem de PVC, encontrando-se, na maioria dos períodos de análise, com concentração superior a faixa recomendada (2% a 5%) para o armazenamento do repolho minimamente processado, no entanto, em concentrações bem inferiores a atmosférica, podendo, dessa forma, ter influenciado na taxa respiratória do produto, pois segundo ZAGORY (1999), na utilização de atmosfera modificada para vegetais, concentrações de oxigênio inferiores a 10% no interior das embalagens são benéficas para reduzir significativamente a taxa respiratória dos mesmos.

No 4º e 7º dias de armazenamento não houve diferença significativa entre as embalagens de PVC e PEBDpassiva, porém, apresentando concentração de oxigênio significativamente superiores ao da embalagem de PEBDativa, que no início do experimento teve a concentração do oxigênio em seu interior reduzida de 21% para 2%. No entanto, no 9º dia, as embalagens de PEBDpassiva e PEBDativa não apresentaram diferença significativa na concentração de oxigênio com valores em torno de 3%, sendo significativamente inferiores aos obtidos na embalagem de PVC (em torno de 11% a 5°C).

No 11º dia de armazenamento houve diferença significativa entre as três embalagens avaliadas, sendo que a de PEBDativa manteve a concentração de oxigênio em torno de 3%, e as demais, apresentaram valores superiores a esta. Porém, no 14º dia, as três embalagens estudadas apresentaram valores de oxigênio em torno de 10% não

diferenciando-se significativamente entre si, o que não ocorreu no 16º dia, onde a embalagem de PVC apresentou a maior concentração (em torno de 13%) de oxigênio e a de PEBDpassiva os menores valores (em torno de 5%).

Com exceção do 14º dia de armazenamento, a embalagem de PVC sempre apresentou a maior concentração de oxigênio, provavelmente, devido a maior taxa de permeabilidade dessa embalagem a esse gás, chegando a um mínimo de 5% no 7º dia de armazenamento, estando no limite superior da faixa recomendada para o armazenamento do repolho minimamente processado.

De maneira geral, as embalagens mantidas na condição de comercialização simulada, com algumas exceções, sempre apresentaram menor concentração de oxigênio, podendo ser devido a maior taxa respiratória do produto, causando um maior consumo desse gás devido, provavelmente, a maior oscilação da temperatura durante o período de armazenamento, provocando também uma maior permeabilidade na embalagem a esse gás quando em temperaturas mais elevadas, justificando assim a maior concentração de oxigênio no interior das embalagens em alguns períodos de armazenamento.

De acordo com a Figura 11B, pode-se observar que de maneira geral, as embalagens mantidas na comercialização simulada apresentaram maior concentração de dióxido de carbono que a 5°C. Isso pode ser justificado pela maior atividade respiratória do produto submetido a esta condição. De maneira geral, a embalagem de PEBDativa não manteve a concentração inicial de 6,5% de dióxido de carbono em seu interior, provavelmente, devido a permeabilidade da embalagem a esse gás, chegando em torno de 5%, já no 4º dia. No entanto, este tratamento apresentou a maior concentração deste gás durante todo o armazenamento. TELES (2001) observou que, ao acondicionar couve minimamente processada em filmes de poliolefina multicamada em atmosfera modificada passiva e ativa (5% O₂ + 15% CO₂), armazenadas na temperatura de 5°C, a concentração de equilíbrio foi de, aproximadamente, 3% para ambos os gases. Na atmosfera ativa, segundo esse autor, o rápido decréscimo no teor de CO₂ foi devido a permeabilidade da embalagem a esse gás.

Para a embalagem de PEBDpassiva, que apresentou variação significativa (Anexo 3) durante todo o armazenamento, a maior concentração de dióxido de carbono, em torno de 6,1%, foi apresentada no 4º dia, provavelmente, devido a maior atividade respiratória do

produto nesse período, sendo superior ao observado na PEBDativa. Na embalagem de PVC a maior concentração (4,5%) foi observada no 7º dia, igualando-se estatisticamente as demais. A partir desse período, a mesma apresentou redução significativa na concentração deste gás até o 14º dia de armazenamento. Já no 9º e 11º dias os valores obtidos nas embalagens de PEBDpassiva e PEBDativa foram estatisticamente semelhantes. No 16º dia de armazenamento não houve diferença entre as embalagens de PVC e PEBDativa sendo que a primeira apresentou a maior concentração (2%) e, a menor concentração (em torno de 1%) foi apresentada pela embalagem de PEBDpassiva.

No 4º, 9º e 11º dias, as embalagens submetidas a comercialização simulada apresentaram maior concentração de dióxido de carbono que as mantidas a 5°C, confirmando que a atividade respiratória do produto foi significativamente maior nesta condição, sendo que o dióxido de carbono é um produto da respiração dos vegetais, causando, assim, maior acúmulo desse gás nas embalagens. Na embalagem de PEBDativa, a maior atividade respiratória pode ter compensado, em parte, o dióxido de carbono perdido pela mesma. Essa afirmação pode ser justificada devido ao fato de que a taxa de permeabilidade das embalagens plásticas aumenta com o aumento da temperatura, mas, em proporções inferiores a taxa respiratória dos produtos (ZAGORY, 1995). De maneira geral, não ocorreu estabilidade na concentração de CO₂, durante todo o armazenamento, independente da embalagem, atmosfera e condição de armazenamento estudadas.

4.3.3. Avaliação da cor do repolho minimamente processado

Os valores de luminosidade (L*) e incremento do escurecimento estão apresentados na Figura 12A e 12B, respectivamente. Os valores de luminosidade oscilaram entre 81,52, logo após o processamento, e 74,89, no 16º dia, representando uma perda total de 8,13% durante os 16 dias de armazenamento, sendo que a maior perda ocorreu nos primeiros quatro dias, correspondendo ao maior incremento no escurecimento, observado também nesse período. No entanto, de acordo com os dados da análise sensorial para o atributo escurecimento (Figura 18), este incremento inicial no escurecimento não foi suficiente, para afetar consideravelmente a cor do repolho minimamente processado.

Para o repolho minimamente processado acondicionado na embalagem de PVC não observou-se diferença significativa (Anexo 3) na luminosidade logo após o

processamento, em relação ao 11º e 16º dias de armazenamento, sendo que nessa embalagem o produto apresentou redução nos valores de L^* no início do armazenamento, com posterior aumento. Já na embalagem de PEBDpassiva ocorreu diferença significativa somente no início do armazenamento. Comparando-se o repolho minimamente processado acondicionado nas diferentes embalagens, os valores de luminosidade foram estatisticamente iguais até o 9º dia de armazenamento, porém no 11º, o acondicionado na embalagem de PVC apresentou os maiores valores, sendo que no 11º e 14º, diferenciou-se apenas do mantido na embalagem de PEBDpassiva que apresentou os menores valores. Já no 16º dia de armazenamento o produto submetido a embalagem de PEBDativa em comercialização simulada apresentou menor luminosidade diferenciando-se estatisticamente da embalagem de PVC.

O produto acondicionado nas embalagens PVC e PEBDpassiva, mantidas em condições de comercialização simulada, apresentou o maior grau de escurecimento (Figura 12B) nos primeiros quatro dias de armazenamento, chegando a um valor máximo de 5,5. Os demais tratamentos apresentaram escurecimento acentuado até o 7º dia de armazenamento. A partir desse período, os valores oscilaram entre 2,5 e 6,3 para todos os tratamentos, com exceção do repolho acondicionado na embalagem de PEBDativa em comercialização simulada que apresentou estabilidade entre o 7º e 9º dias, onde a partir desse período apresentou aumento até o final do armazenamento com valores máximos de 6,5 no 16º dia. O repolho minimamente processado mantido na embalagem de PVC a 5°C apresentou redução no escurecimento até o final do armazenamento com valores mínimos em torno de 1,0.

Este incremento de escurecimento no repolho minimamente processado não foi significativo para que as amostras fossem descartadas, pois de acordo com a análise sensorial para o atributo escurecimento (Figura 18), somente no 14º dia de armazenamento o repolho mantido na embalagem de PEBDativa armazenado na temperatura de 5°C apresentou um valor de escurecimento superior ao limiar de percepção visual (4,0) previamente estabelecido.

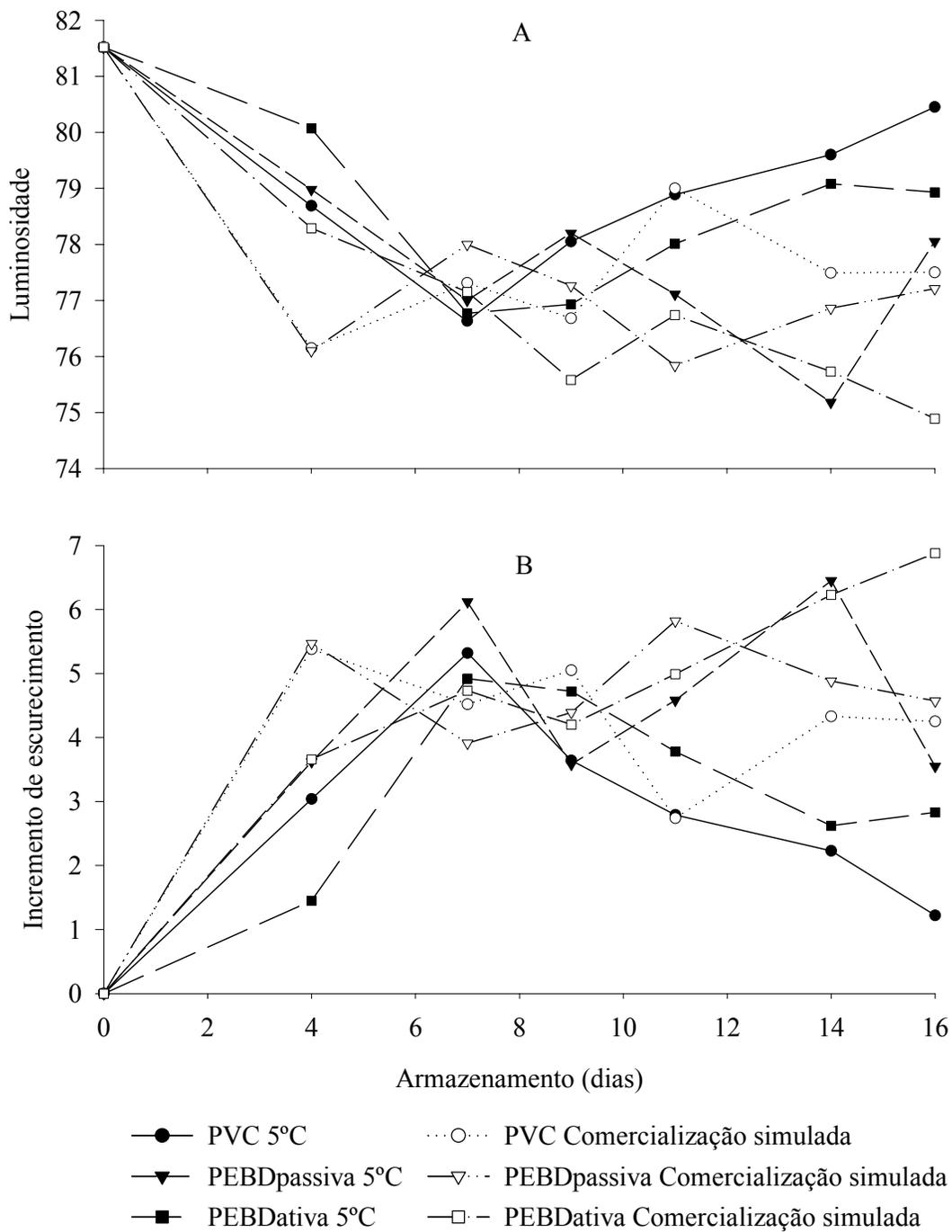


Figura 12. Valores de luminosidade (A) e incremento de escurecimento (B) em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.

4.3.4. Atividade enzimática

O valor inicial de atividade da polifenoloxidase (Figura 13A) foi de 60 UAE min⁻¹ g⁻¹ MF. Até o 4º dia de armazenamento o repolho minimamente processado submetido a todos os tratamentos apresentou aumento significativo, correspondendo a maior diminuição na luminosidade (Figura 12A) e maior incremento no escurecimento (Figura 12B), sendo menos acentuado no acondicionado na embalagem de PEBDpassiva a 5°C e PVC. Após esse período os valores oscilaram entre 31,15 UAE min⁻¹ g⁻¹ MF (PVC em comercialização simulada no 14º dia) e 314,40 UAE min⁻¹ g⁻¹ MF (PEBDativa em comercialização simulada no 7º dia).

O repolho mantido nas diferentes embalagens apresentou diferença significativa (Anexo 3) apenas no 7º e 14º dias, sendo que no 7º dia, o acondicionado na embalagem de PEBDativa mantido em comercialização simulada apresentou maior atividade da polifenoloxidase que o da embalagem de PVC a 5°C, que apresentou a menor atividade. Já no 14º dia, o produto submetido a embalagem de PEBDativa, armazenado em comercialização simulada, também apresentou a maior atividade da polifenoloxidase sendo significativamente maior que na embalagem de PVC nesta mesma condição, onde o produto apresentou os menores valores não diferenciando-se estatisticamente dos resultados obtidos no da embalagem de PEBDpassiva.

De maneira geral, o repolho minimamente processado não apresentou comportamento linear quanto a atividade da enzima polifenoloxidase. Estes resultados corresponderam aos valores de L* e incremento no escurecimento, variáveis que podem indicar a presença de escurecimento no produto, que também não apresentaram comportamento linear. Além disso, esse comportamento não linear também foi visivelmente observado no produto durante todo o armazenamento, sendo confirmado pela análise sensorial, onde os julgadores, ao analisar a presença de escurecimento (Figura 18) também apresentaram notas significativamente diferentes de acordo com as amostras e períodos analisados, refletindo-se também nas notas aplicadas quanto a aparência geral do produto (Figura 20).

O escurecimento em tecidos vegetais pode ser ocasionado por vários fatores, sendo que KLEIN (1987) afirmou que pode estar relacionado com a degradação do ácido ascórbico. Segundo VAUGN & DUKE (1984), McEVILY & IYENGAR (1992) e

SCHLIMME (1995), esta característica é ocasionada por processos enzimáticos devido a reações oxidativas catalisadas por fenolases, tais como, a polifenoloxidase.

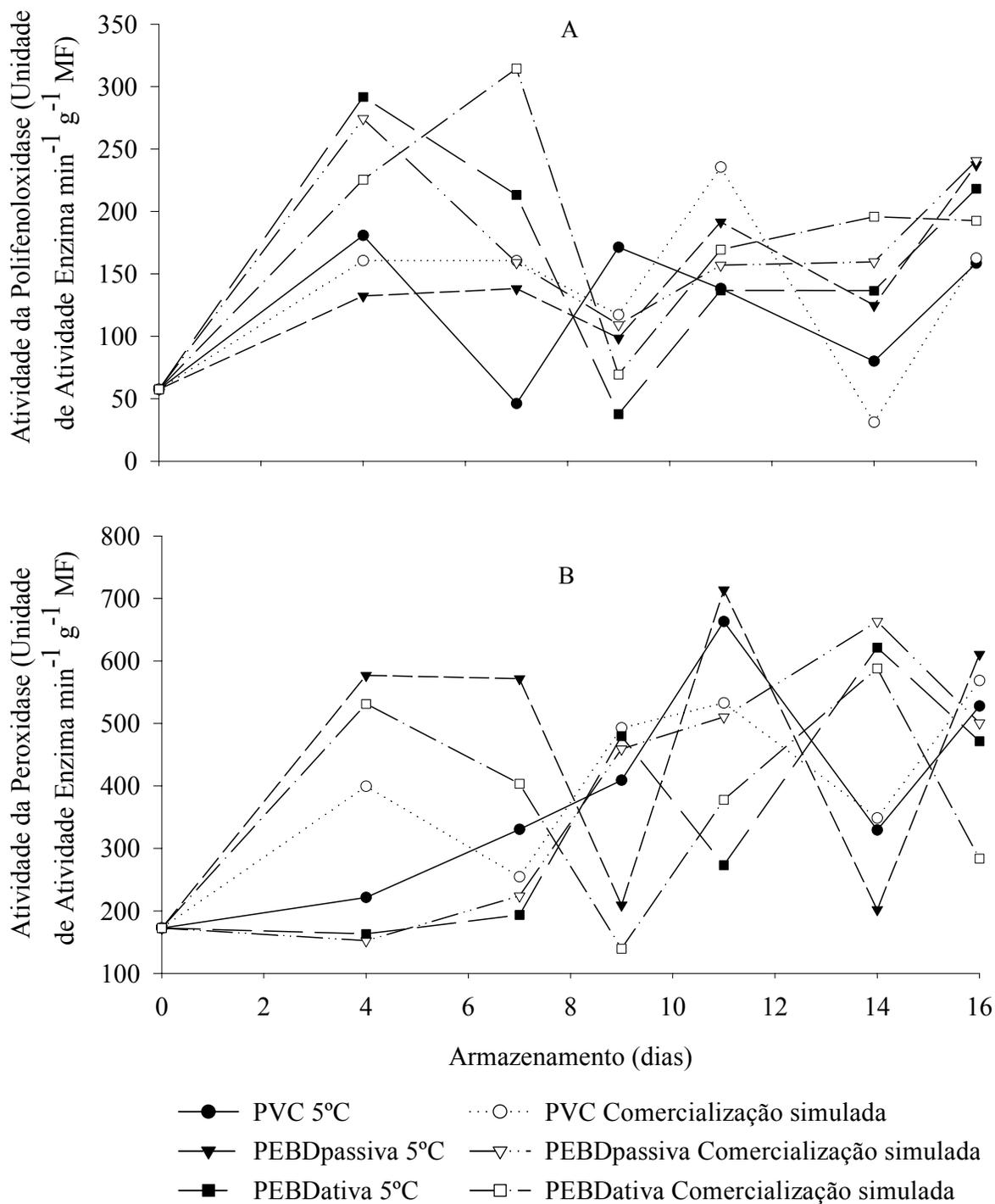


Figura 13. Valores de atividade das enzimas polifenoloxidase (A) e peroxidase (B) em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.

De acordo com WHITAKER & LEE (1995) esses processos podem estar diretamente relacionados com a concentração de oxigênio na embalagem que o produto está acondicionado. SILVA (2000), ao analisar a atividade da enzima polifenoloxidase em repolho minimamente processado acondicionado em embalagens PD961 EZ contendo 200 e 300g do produto, observou uma leve redução da atividade desta enzima, seguida de um incremento até o 3º dia, com posterior redução, coincidindo com a baixa concentração de oxigênio (em torno de 2%). Este autor observou valores de atividade da polifenoloxidase entre 350 UAE min⁻¹ g⁻¹ MF e 800 UAE min⁻¹ g⁻¹ MF, sendo significativamente superiores aos observados neste trabalho.

A diferença nos valores de atividade da polifenoloxidase, possivelmente deve-se a utilização de diferentes cultivares de repolho minimamente processado nos dois experimentos, uma vez que cultivares diferem quanto ao grau de escurecimento. YANO & SAIJO (1987) estudaram 25 cultivares de repolho cortados e encontraram oito que apresentaram leve escurecimento e duas com escurecimento mínimo após 24 horas de armazenamento a 20°C. Mencionaram ainda, que o maior nível de injúrias mecânicas impostas ao produto, assim como, a maior exposição do mesmo ao etileno, encontram-se diretamente relacionados ao acréscimo da taxa respiratória, à maior atividade da fenilalanina amônia liase e da polifenoloxidase, a acumulação e oxidação de compostos fenólicos solúveis, levando ao escurecimento do tecido vegetal, assim como, na perda do valor comercial do produto.

KE & SALTVEIT (1989b) e COUTURE *et al.* (1993) também não observaram idêntico escurecimento em diferentes cultivares de alface quando cortadas e armazenadas sob atmosfera controlada. Para GOUPY *et al.* (1995) o escurecimento pode estar relacionado com o tipo de polifenoloxidase presente no vegetal analisado.

Segundo COUTURE *et al.* (1993) o escurecimento de produtos vegetais pode estar relacionado com a atividade da fenilalanina amônia liase e com o conteúdo de fenólicos que podem estar relacionados com a concentração de dióxido de carbono que, de acordo com os dados obtidos (Figura 11B), esteve sempre superior a atmosférica durante todo o armazenamento nas três embalagens avaliadas. Para KE & SALTVEIT (1989a) o aumento do teor desse gás induz a atividade da enzima fenilalanina amônia liase que irá aumentar a produção de ácido cinâmico e seus derivados, que serão metabolizados a compostos

fenólicos solúveis e utilizados como substrato para a polifenoloxidase, causando o escurecimento do produto.

Outro fator importante para a atividade das enzimas é o pH do produto. De acordo com ARAÚJO (1999), o pH ótimo de atuação da polifenoloxidase varia com a fonte da enzima e a natureza do substrato. Na maioria dos casos, o pH ótimo de atuação encontra-se na faixa entre 6,0 e 7,0, sendo a enzima inativada em pH 4,0 ou abaixo. Dessa forma pode-se observar, de acordo com a Figura 15A, que o pH do repolho minimamente processado não foi o fator determinante para a baixa atividade e variabilidade da enzima polifenoloxidase, sendo que durante praticamente todo o armazenamento o pH do produto encontrava-se na faixa ótima citada para essa enzima.

A atividade da enzima peroxidase (Figura 13B) apresentou um valor inicial de 172,55 UAE min⁻¹ g⁻¹ MF, oscilando entre 139,45 UAE min⁻¹ g⁻¹ MF (PEBDativa em comercialização simulada no 9º dia) e 713,55 UAE min⁻¹ g⁻¹ MF (PEBDpassiva a 5°C no 11º dia), com maior variação e atividade significativamente superior (Anexo 3) ao da polifenoloxidase durante todo o armazenamento.

Esta variável também não apresentou linearidade durante o armazenamento, sendo que alguns períodos e embalagens diferenciaram-se estatisticamente. Observou-se diferença significativa entre as embalagens somente no 11º dia onde o repolho, acondicionado na embalagem de PEBDativa a 5°C, apresentou menor atividade desta enzima devido, provavelmente, a menor concentração de oxigênio no interior da embalagem quando comparado às demais, que não diferenciaram-se entre si. O repolho minimamente processado, acondicionado na embalagem de PEBDpassiva, apresentou maior atividade da enzima peroxidase nesse período. NAWA *et al.* (1987) também encontraram significativa atividade de peroxidase durante o armazenamento de repolho minimamente processado.

A peroxidase é importante do ponto de vista nutricional, coloração, aroma e sabor. A atividade da mesma pode levar à destruição de ácido ascórbico e desestruturação de carotenóides e antocianinas, além de catalisar a degradação não enzimática de ácidos graxos insaturados, com a conseqüente formação de compostos voláteis. O pH ótimo para atividade da peroxidase também varia com a fonte, oscilando de 3,0 a 7,0 (ARAÚJO, 1999). FUJITA *et al.* (1995), ao estudarem a purificação e propriedades da polifenoloxidase e peroxidase em repolho, concluíram que o valor de pH para a ótima atividade da

peroxidase é de 6,4. Analisando-se os dados obtidos de ácido ascórbico, luminosidade e incremento no escurecimento, pode-se observar que a maior atividade (primeiros 4 dias de armazenamento) desta enzima está relacionada com o maior incremento no escurecimento, e diminuição das demais variáveis. O pH obtido no repolho minimamente processado contempla a faixa ótima para a atividade da mesma.

4.3.5. Ácido ascórbico

Os valores de ácido ascórbico podem ser visualizados na Figura 14.

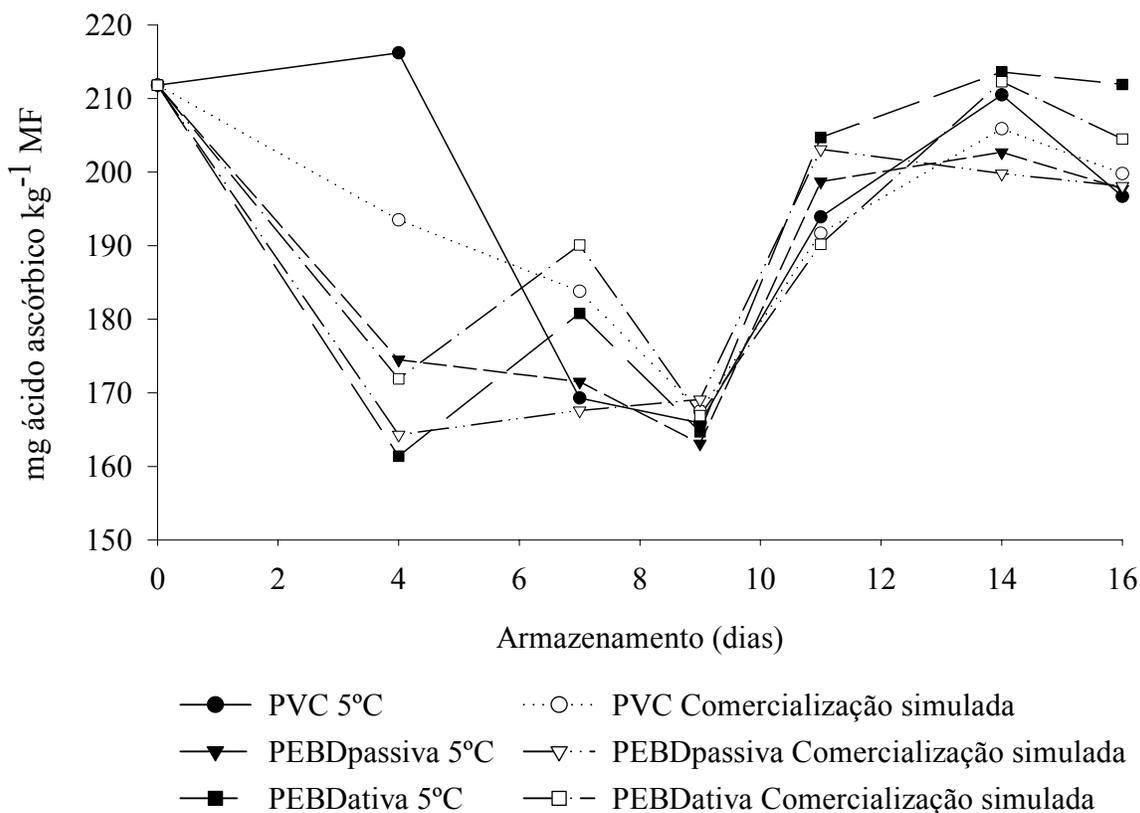


Figura 14. Valores de ácido ascórbico em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.

O produto apresentou um valor inicial de 211,8 mg de ácido ascórbico kg⁻¹ MF sendo significativamente inferior (Anexo 3) ao encontrado nessa mesma variedade utilizada na etapa 2 (Figura 8), chegando a um mínimo de 161,4 mg de ácido ascórbico kg⁻¹ MF, no 4º dia de armazenamento na embalagem de PEBDativa mantida a 5°C, representando uma

perda total de 23,79%. Esta porcentagem de perda é considerada razoável para esta variável, porém não diferenciando-se do repolho minimamente processado mantido na embalagem de PEBDpassiva em comercialização simulada nesse mesmo período. Devido a menor concentração de oxigênio no interior das embalagens PEBDativa esperava-se que o repolho acondicionado nas mesmas apresentasse uma menor redução desse ácido, o que na prática não ocorreu.

De maneira geral, com exceção de algumas diferenças entre os tratamentos, provavelmente, devido à variabilidade das amostras, ocorreu redução até o 9º dia de armazenamento, a partir do qual houve aumento nos valores sendo estatisticamente iguais aos iniciais (logo após o processamento mínimo). Na embalagem de PVC o repolho apresentou redução menos acentuada durante esse período.

O ácido ascórbico geralmente diminui durante o armazenamento de produtos minimamente processados, mas não foram encontradas referências que explicassem uma redução e posterior aumento em repolho minimamente processado que, provavelmente, pode ter ocorrido devido à perda de massa do produto no período transcorrido entre a retirada dos mesmos das condições de armazenamento (5°C e comercialização simulada) e a análise dessa variável, com conseqüente aumento na concentração do ácido ascórbico, ou a heterogeneidade das amostras analisadas.

Não observou-se diferença significativa de ácido ascórbico entre a temperatura de 5°C e a comercialização simulada, havendo interação somente entre embalagem e tempo de armazenamento. Entre as embalagens, ocorreu diferença significativa somente no 4º e 7º dias de armazenamento, sendo que o repolho acondicionado na embalagem de PVC apresentou os maiores valores, não diferindo ao da PEBDativa, que não diferiu do mantido na embalagem de PEBDpassiva. No 7º dia, o repolho na embalagem de PEBDativa apresentou diferença do mantido na de PEBDpassiva com maiores valores desse ácido.

Estes resultados diferem do obtido por SILVA (2000) que observou redução nos teores de ácido ascórbico somente no primeiro dia de armazenamento refrigerado, estabilizando-se após este período. Este autor também observou valores significativamente superiores (em torno de 700 mg kg⁻¹ MF no início do armazenamento) aos observados nesse trabalho. No entanto, essa redução está de acordo com o observado por KLEIN (1987) quando afirmou que o teor de ácido ascórbico pode ser menor nos produtos vegetais

minimamente processados quando comparado ao dos produtos intactos. Isso porque se considera que os danos decorrentes do corte podem conduzir à perda desse ácido, uma vez que é suscetível à degradação quando em presença de luz e oxigênio. O ácido ascórbico pode ser oxidado pela interação com enzimas, como ascorbato oxidase, polifenoloxidase, citocromo oxidase e peroxidase.

No entanto, a perda de ácido ascórbico pode variar de acordo com a espécie e condições de armazenamento, sendo que KLIEBER & FRANKLIN (1999), ao avaliarem o conteúdo de ácido ascórbico em repolho Chinês minimamente processado, também concluíram que durante o armazenamento (11 dias) a 4°C houve diminuição significativa.

Para outros vegetais da família do repolho pode-se observar resultados semelhantes. BARTH & ZHUANG (1996), avaliando brócolo minimamente processado acondicionado em embalagens plásticas sob atmosfera modificada, submetido ao armazenamento refrigerado (5°C), observaram que os teores de ácido ascórbico mantiveram-se praticamente estáveis na faixa de 50 mg kg⁻¹ MF, por um período de seis dias; entretanto, o armazenamento em embalagens perfuradas (1cm de diâmetro a cada 3cm), permitiu a redução deste ácido para, aproximadamente, 20 mg kg⁻¹ MF. HUSSEIN *et al.* (2001) acondicionaram essa mesma hortaliça sob vácuo total, parcial ou com injeção de gases e armazenaram na temperatura de 4°C por 10 dias, observando que houve redução de ácido ascórbico no produto durante o armazenamento. SIGRIST (2002), ao analisar esta variável em couve-flor minimamente processada acondicionada em diferentes embalagens e armazenadas a 5°C por 14 dias, observou que houve redução em todas as embalagens durante o armazenamento, sendo que a redução variou muito entre as embalagens avaliadas.

Esses resultados confirmam que a modificação da atmosfera, quando utiliza-se embalagens adequadas, pode ser um retardador da perda de ácido ascórbico em vegetais minimamente processados.

4.3.6. pH e acidez titulável

A Figura 15A apresenta os valores de pH onde obteve-se um valor inicial de 5,44 chegando a um máximo de 6,55, no 14º dia de armazenamento, na embalagem de PEBDpassiva em comercialização simulada. Segundo a classificação de CHITARRA &

CHITARRA (1990), este produto é não ácido, sendo mais propício a presença e desenvolvimento de microrganismos patogênicos. Observou-se diferenças significativas (Anexo 3) durante os 16 dias de armazenamento, com aumento até o 9º dia, e correspondente redução da acidez (Figura 15B) mantendo-se estável até o 14º, com pequena redução até o final (com correspondente aumento da acidez). De maneira geral, os tratamentos que apresentaram maior aumento de pH foram correspondidos pela maior redução de acidez.

O repolho acondicionado nas embalagens de PVC e PEBDpassiva apresentaram diferença significativa nos valores de pH no início do armazenamento e 4º dia em relação aos demais, sendo que a primeira embalagem apresentou os menores valores de pH, e a segunda os maiores. O repolho acondicionado na embalagem de PEBDpassiva apresentou, durante todo o período, valores de pH estatisticamente superiores ao das demais embalagens, que por sua vez não diferiram entre si. Na embalagem de PEBDativa, o repolho minimamente processado não apresentou diferença significativa somente do 9º dia em relação ao 11º e 16º, que não diferenciaram-se entre si.

SILVA (2000), ao analisar repolho minimamente processado embalado em filmes de polietileno de baixa densidade e polipropileno mantidos a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ por sete dias, também observou valores iniciais de pH em torno de 5,5. Porém, observou pequeno aumento durante o armazenamento, não sendo estatisticamente significativo. No entanto, FANTUZZI, PUSCHMANN & VANETTI (2004) também observaram aumento significativo nos valores de pH de repolho minimamente processado durante o armazenamento. Estes autores observaram um valor inicial de 5,6 ocorrendo aumento para um valor médio de 6,5, após 20 dias de estocagem na temperatura de 12°C , não havendo diferença significativa entre as temperaturas de 1°C e 5°C . CARNELOSSI (2000), ao estudar o armazenamento de couve minimamente processada, observou que, independente da embalagem em que a mesma estava acondicionada, ocorreu uma tendência de aumento no pH após 5 dias, na temperatura de 5°C , sendo que a couve minimamente processada, mantida na embalagem com maior concentração de dióxido de carbono, apresentou maiores valores de pH.

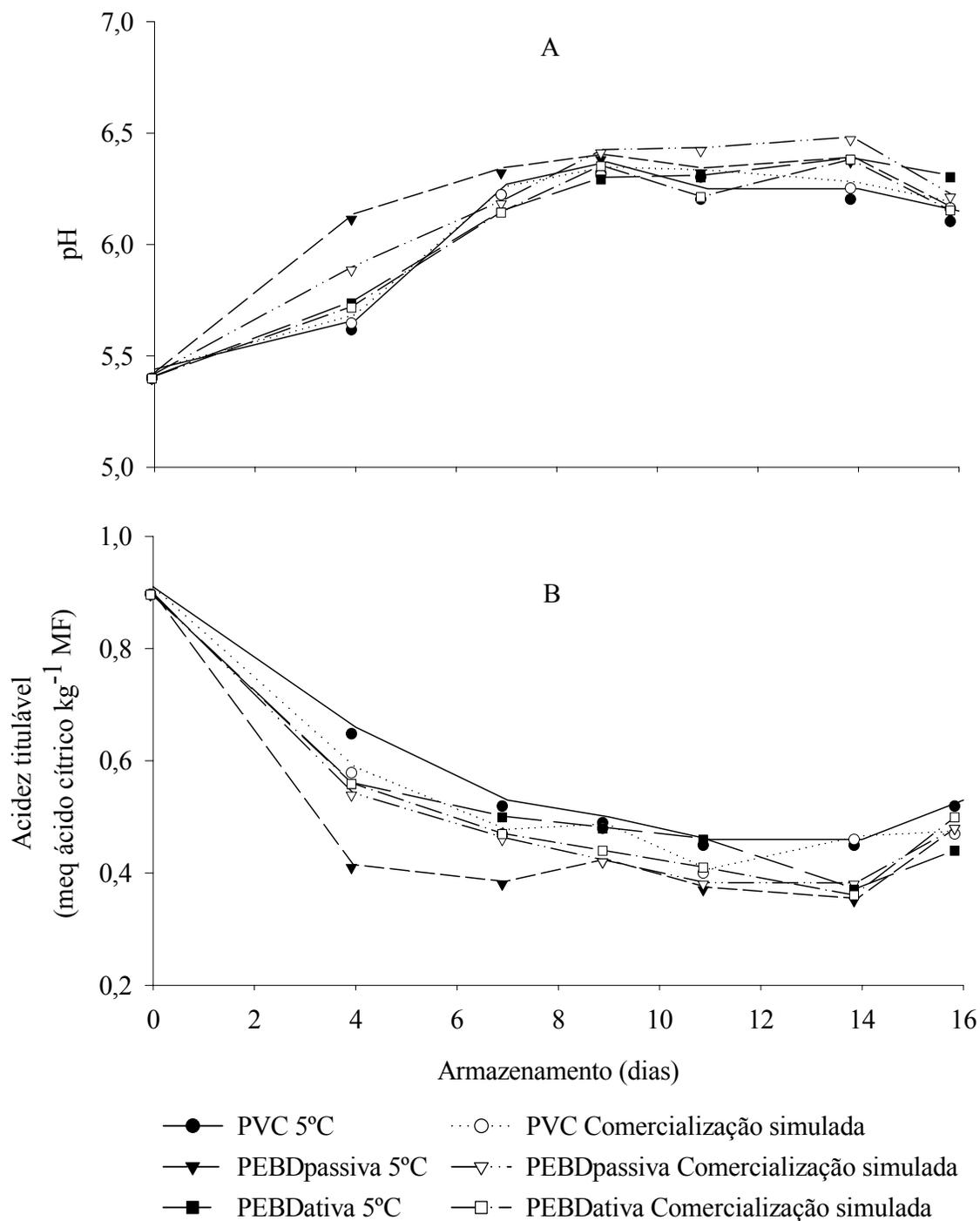


Figura 15. Valores de pH (A) e acidez titulável (B) em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.

Segundo KADER (1986), o aumento do pH em produtos minimamente processados pode estar relacionado com a resposta do tecido ao tentar neutralizar a acidez gerada pelo dióxido de carbono, sendo que nesse caso, de acordo com a Figura 11B, pode-se observar que a concentração desse gás, principalmente nos primeiros 7 dias de armazenamento, foi bem superior a atmosférica, estando acima de 5%, concentração esta considerada mínima por WILEY (1994) para que ocorra influência no pH intracelular. No entanto, MARTH (1998) e IZUMI, WATADA & DOUGLAS (1996) atribuem este comportamento do pH nesses produtos, ao aumento na população de microrganismos durante o armazenamento.

De acordo com as Tabelas 3, 4 e 5 pode-se observar que ocorreu aumento significativo na população de coliformes totais, microrganismos aeróbios mesófilos, e bolores e leveduras, respectivamente, durante o armazenamento, podendo, dessa forma, ter influenciado no comportamento do pH do produto analisado.

De acordo com a Figura 15B ocorreu redução significativa (Anexo 3) na acidez titulável do repolho minimamente processado em todos os tratamentos, sendo mais acentuada entre o início do armazenamento e o 4º dia, no produto acondicionado na embalagem de PEBDpassiva na temperatura de 5°C. A partir do 7º dia até o final do armazenamento, os valores oscilaram entre 0,40 e 0,55 meq de ácido cítrico kg⁻¹ MF.

No 4º dia de armazenamento, o repolho da embalagem de PVC apresentou maiores valores de acidez titulável que o das demais embalagens, sendo que no 9º e 11º dias, o repolho acondicionado nesta embalagem, diferiu apenas do mantido na embalagem de PEBDpassiva apresentando os maiores valores de acidez titulável. No 16º dia, na embalagem de PEBDativa, o repolho apresentou os menores valores de acidez titulável. De maneira geral, durante todo o armazenamento, o produto acondicionado na embalagem de PVC apresentou os maiores valores de acidez titulável, ou seja, menor perda de ácidos orgânicos.

A diminuição da acidez em produtos vegetais pode ser justificada pelo consumo do próprio vegetal, na tentativa de se manter em seu estado inicial, onde segundo KLUGE *et al.* (2002) os ácidos orgânicos são encontrados nos vacúolos das células na forma livre e combinados com sais, ésteres e glicosídeos, como fonte importante de energia para os vegetais, durante o processo de maturação, sendo que nessa fase, e no armazenamento os

mesmos sofrem oxidação no ciclo de Krebs. Dessa forma, os maiores valores apresentados pelo produto acondicionado na embalagem de PVC não correspondeu ao esperado, devido ao fato dessa embalagem, na maioria dos períodos de análise, ter apresentado concentrações de oxigênio superiores às demais embalagens, levando, provavelmente, a maior atividade metabólica, conseqüentemente, causando maior redução no teor de ácidos orgânicos durante o armazenamento.

4.3.7. Sólidos solúveis

Na Figura 16 estão apresentados os valores de sólidos solúveis.

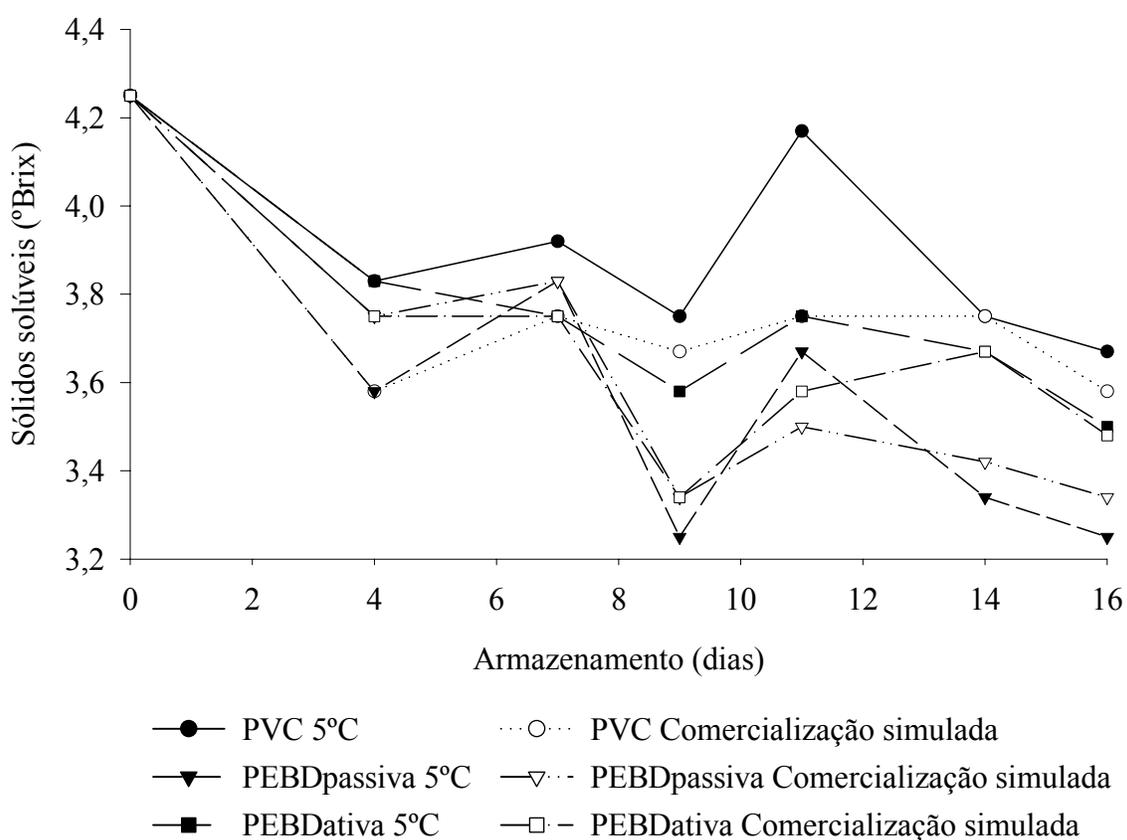


Figura 16. Valores de sólidos solúveis em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.

Ocorreu redução significativa (Anexo 3) nos sólidos solúveis (Figura 16) do repolho minimamente processado do início do armazenamento em relação aos demais dias, na temperatura de 5°C, comercialização simulada e embalagens, apresentando uma redução

máxima de 23,25% durante todo o armazenamento. A redução mais acentuada logo após o início do armazenamento pode ter sido influenciada pelo aumento da taxa respiratória do produto, utilizando as reservas existentes nas células.

A partir do 9º dia, até o final do armazenamento, o repolho acondicionado nas diferentes embalagens apresentou diferença significativa com os maiores valores de sólidos solúveis encontrados no repolho da embalagem de PVC seguido pelo mantido na de PEBDativa. O aumento ocorrido em alguns tratamentos no 7º, 11º e 14º dia de armazenamento deve-se, possivelmente, a variações nas amostras ou à perda de água do produto entre o período de retirada das amostras das embalagens, dos locais de armazenamento, e a análise das mesmas, sendo que durante os 16 dias de armazenamento refrigerado não ocorreu perda significativa de massa fresca (Figura 17). No 14º e 16º dias não houve diferença nos valores de sólidos solúveis entre os produtos nessas duas embalagens, sendo que no último período de avaliação (16º dia), também não houve diferença significativa entre o repolho minimamente processado acondicionado nas embalagens de PEBDpassiva e PEBDativa.

Este comportamento está em desacordo com SILVA (2000), que observou uma pequena diminuição, embora não significativa, nos teores de sólidos solúveis durante todo o armazenamento do repolho minimamente processado armazenado à 5°C, acondicionado em embalagens PEBD, PEAD e PP, justificando que este comportamento pode ter ocorrido, provavelmente, devido ao baixo metabolismo do produto na temperatura de 5°C, associado com as altas concentrações de CO₂ (0,8% até o 5º dia e chegando ao máximo de 3% no 7º dia) no interior das embalagens, reduzindo os processos metabólicos e, conseqüentemente, o consumo das reservas celulares.

4.3.8. Perda de massa fresca

Não ocorreu perda significativa de massa fresca no repolho minimamente processado durante todo o período de armazenamento, nas temperaturas e embalagens estudadas (Figura 17). Este resultado foi confirmado pela análise sensorial do repolho minimamente processado, onde a maior nota para o atributo murchamento (Figura 19) foi 2,0 no 14º dia de armazenamento, estando bem inferior ao valor estipulado (4,0) como

limite para a vida útil do produto, sendo dessa forma, considerado pelos mesmos como um produto adequado para a comercialização e consumo.

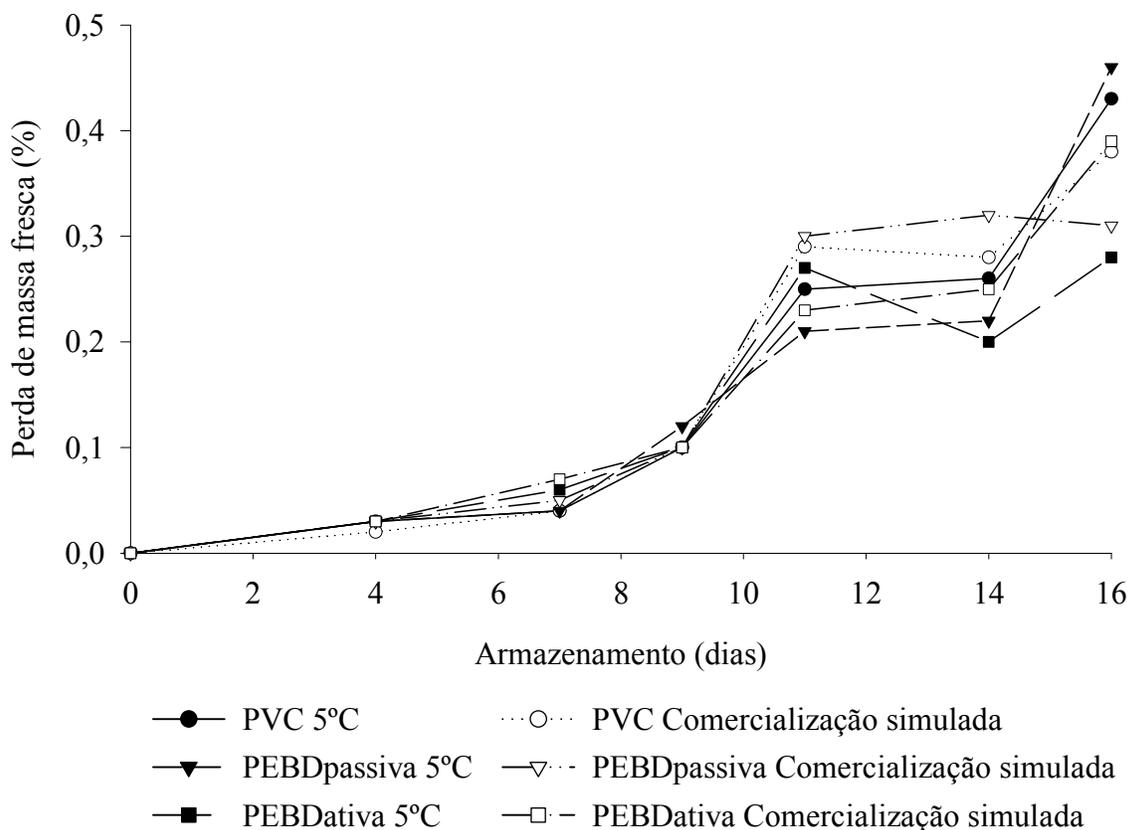


Figura 17. Perda de massa fresca em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.

4.3.9. Análises microbiológicas

Não foi detectada a presença de *Salmonella* sp na análise qualitativa, realizada logo após o processamento mínimo, e coliformes fecais nas amostras de repolho minimamente processado analisadas durante os 16 dias de armazenamento. Também não foi detectada a presença de *L. monocytogenes* nas amostras analisadas no 1º, 7º e 14º dias de armazenamento. Estes resultados garantiram que o repolho minimamente processado estava dentro dos padrões preconizados pela legislação vigente (ANVISA, 2001). Estes resultados podem ter sido obtidos, devido a sanitização realizada durante o processamento mínimo do repolho.

Na Tabela 3 estão os resultados da contagem de coliformes totais em repolho minimamente processado durante os 16 dias de armazenamento. Logo após o processamento mínimo, o repolho apresentou uma contagem inicial de 3 ciclos logarítmicos, mantendo-se inalterada até o 4º dia, somente no produto acondicionado na embalagem de PEBDativa para as duas condições de temperatura analisadas. Os demais tratamentos apresentaram 4 ciclos logarítmicos neste mesmo período.

Tabela 3. Contagem de coliformes totais em repolho minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens, armazenadas na temperatura de 5°C e comercialização simulada (CS).

Tratamentos	Contagem de coliformes totais (UFC g ⁻¹)						
	Dias						
	0	4	7	9	11	14	16
PVC 5°C	6,3 x 10 ³	2,0 x 10 ⁴	5,6 x 10 ⁵	1,0 x 10 ⁶	1,1 x 10 ⁶	1,4 x 10 ⁶	3,8 x 10 ⁷
PVC CS	6,3 x 10 ³	4,0 x 10 ⁴	5,4 x 10 ⁶	1,3 x 10 ⁶	1,0 x 10 ⁶	1,0 x 10 ⁶	9,3 x 10 ⁷
PEBDpassiva 5°C	6,3 x 10 ³	1,1 x 10 ⁴	4,1 x 10 ⁴	5,1 x 10 ⁴	1,4 x 10 ⁵	6,1 x 10 ⁵	6,7 x 10 ⁶
PEBDpassiva CS	6,3 x 10 ³	6,2 x 10 ⁴	2,6 x 10 ⁵	3,7 x 10 ⁵	1,8 x 10 ⁶	3,8 x 10 ⁶	6,4 x 10 ⁶
PEBDativa 5°C	6,3 x 10 ³	6,3 x 10 ³	2,0 x 10 ⁴	5,0 x 10 ⁴	1,1 x 10 ⁵	6,3 x 10 ⁶	9,5 x 10 ⁷
PEBDativa CS	6,3 x 10 ³	6,3 x 10 ³	6,4 x 10 ⁴	1,1 x 10 ⁵	2,0 x 10 ⁵	7,1 x 10 ⁶	1,3 x 10 ⁷

No 7º dia de armazenamento, o produto acondicionado nas embalagens de PEBDpassiva a 5°C e PEBDativa a 5°C e comercialização simulada apresentaram quatro ciclos logarítmicos, sendo uma contaminação inferior as demais onde o repolho minimamente processado acondicionado na embalagem de PVC a 5°C e PEBDpassiva em comercialização simulada apresentaram 5 ciclos logarítmicos de coliformes totais. O produto acondicionado na embalagem de PVC em comercialização simulada apresentou 6 ciclos logarítmicos.

O repolho minimamente processado submetido aos tratamentos nas embalagens de PEBDativa, e PEBDpassiva a 5°C, no 11º dia, apresentaram 5 ciclos logarítmicos. No acondicionado na embalagem de PEBDativa mantida em comercialização simulada, estes valores foram observados já no 9º dia de armazenamento. No final do experimento (16º dia)

todos os tratamentos, com exceção dos mantidos na embalagem de PEBDpassiva, com 6 ciclos, apresentaram 7 ciclos logarítmicos de coliformes totais. Estes valores são considerados altos para produtos minimamente processados. De maneira geral, contagens para coliformes totais de 5 ciclos logarítmicos é considerado um nível bastante elevado e que, segundo GUERZONI *et al.* (1996), limita o consumo desses produtos.

Ao analisar-se resultados obtidos com outros produtos minimamente processados, observa-se que em estudos fisiológicos e tecnológicos de couve-flor e rúcula acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas na temperatura de 5°C, SIGRIST (2002) observou que na couve-flor a contagem de coliformes totais alcançou 6 ciclos logarítmicos para todos os tratamentos no 14º dia de armazenamento. Entretanto, para a rúcula, em todas as embalagens estudadas, com exceção da de PVC, 20µm (com valores de $3,1 \times 10^3$ UFC g⁻¹ a partir do 7º dia), o produto apresentou contagem baixa (<10 UFC g⁻¹) durante os 14 dias de armazenamento.

A contagem de microrganismos aeróbios mesófilos no repolho minimamente processado está apresentada na Tabela 4.

Tabela 4. Contagem de microrganismos aeróbios mesófilos em repolho minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens, armazenadas nas temperaturas de 5°C e em comercialização simulada (CS).

Tratamentos	Contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos (UFC g ⁻¹)						
	Dias						
	0	4	7	9	11	14	16
PVC 5°C	$9,5 \times 10^4$	$1,8 \times 10^5$	$2,0 \times 10^5$	$6,4 \times 10^5$	$1,9 \times 10^6$	$3,0 \times 10^6$	$1,8 \times 10^7$
PVC CS	$9,5 \times 10^4$	$2,2 \times 10^4$	$1,9 \times 10^5$	$2,0 \times 10^6$	$2,1 \times 10^6$	$3,0 \times 10^7$	$5,2 \times 10^7$
PEBDpassiva 5°C	$9,5 \times 10^4$	$1,8 \times 10^4$	$6,4 \times 10^4$	$6,6 \times 10^4$	$4,8 \times 10^5$	$1,7 \times 10^6$	$4,8 \times 10^6$
PEBDpassiva CS	$9,5 \times 10^4$	$1,0 \times 10^4$	$9,0 \times 10^5$	$2,4 \times 10^6$	$4,7 \times 10^6$	$5,0 \times 10^6$	$3,2 \times 10^7$
PEBDativa 5°C	$9,5 \times 10^4$	$1,3 \times 10^4$	$1,2 \times 10^5$	$2,3 \times 10^5$	$3,8 \times 10^6$	$4,2 \times 10^6$	$5,2 \times 10^6$
PEBDativa CS	$9,5 \times 10^4$	$2,3 \times 10^4$	$6,5 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$	$4,7 \times 10^6$	$2,9 \times 10^6$	$1,9 \times 10^7$

A contagem inicial foi de 4 ciclos logarítmicos, sendo que o acondicionado na embalagem de PEBDpassiva armazenado na temperatura de 5°C não apresentou aumento

significativo até o 9º dia de armazenamento. No 11º dia este tratamento apresentou 5 ciclos logarítmicos, sendo inferior a todos os demais tratamentos que apresentaram 6 ciclos logarítmicos. Os demais tratamentos não variaram até o 4º dia, com exceção do produto mantido na embalagem de PVC na temperatura de 5°C com 5 ciclos. No final do armazenamento, o produto acondicionado nas embalagens de PEBDpassiva e PEBDativa a 5°C apresentaram 6 ciclos logarítmicos, diferenciando-se positivamente, ou seja, menor contaminação, de todos os demais que apresentaram 7 ciclos logarítmicos de microrganismos aeróbios mesófilos.

FANTUZZI, PUSCHMANN & VANETTI (2004) estudaram a microbiota contaminante em repolho minimamente processado obtendo, também, uma contagem inicial de microrganismos aeróbios mesófilos de aproximadamente 10^4 UFC g⁻¹; no entanto, os valores não variam durante 20 dias de armazenamento nas temperaturas de 1°C e 5°C, diferindo, assim, do ocorrido nesse experimento. Já a 12°C, temperatura considerada abusiva, após 5 dias de armazenamento ocorreu aumento de cerca de 3 ciclos logarítmicos. Aos 10 dias de estocagem, os autores observaram deterioração considerável, sendo que as amostras de repolho minimamente processado não foram submetidas as análises microbiológicas.

LARSON *et al.* (1997) também detectaram aumento de contaminantes em repolho minimamente processado. Após 3 dias de armazenamento à 12°C, a contagem de microrganismos aeróbios mesófilos aumentou de 10^5 para 10^8 UFC g⁻¹. PIAGENTINNI *et al.* (1997) compararam o número de aeróbios mesófilos em repolho minimamente processado mantido a 12°C e 20°C, em relação ao mantido a 4°C, observando também um aumento da ordem de 2 a 3 ciclos logarítmicos nas temperaturas mais altas.

Ao comparar-se os resultados obtidos neste experimento com trabalhos realizados com outras hortaliças minimamente processadas, constatou-se que BARRIGA *et al.* (1991) também observaram aumentos de 2 a 3 ciclos logarítmicos de microrganismos aeróbios mesófilos em alface, variando de 10^4 a 10^7 UFC g⁻¹ durante 12 dias de armazenamento a 4°C. Valores iniciais de 10^7 a 10^8 UFC g⁻¹ na população de microrganismos aeróbios mesófilos, com aumento para até 10^{10} UFC g⁻¹, durante 9 dias de armazenamento a 5°C em ar e atmosfera controlada, foram observados por BABIC & WATADA (1996) em folhas de espinafre minimamente processado, sendo consideravelmente superior aos valores obtidos

nesse experimento com repolho minimamente processado. Para BARRY-RYAN & O'BEIRNE (2000), contagens de mesófilos acima de 10^7 - 10^8 UFC g^{-1} indica término da vida útil dos produtos minimamente processados.

As populações de bolores e leveduras (Tabela 5) apresentaram uma contagem inicial de $6,3 \times 10^3$ UFC g^{-1} chegando a um máximo de 10^7 UFC g^{-1} , no final do armazenamento, no produto acondicionado nas embalagens de PVC e PEBDativa, na temperatura de 5°C e comercialização simulada. O repolho mantido na embalagem de PEBDpassiva apresentou 6 ciclos logarítmicos, neste mesmo período.

Na embalagem de PEBDativa o produto manteve os valores iniciais até o 4º dia de avaliação, sendo que a partir desse período igualou-se ao mantido na de PEBDpassiva, entretanto, no 16º dia, a primeira embalagem apresentou 1 ciclo logarítmico superior a esta. Os resultados obtidos nesse experimento estão bem superiores aos obtidos por SIGRIST (2002) onde o autor não observou contagens superiores a 10^2 UFC g^{-1} , durante todo o armazenamento, para couve-flor e rúcula minimamente processadas.

Tabela 5. Contagem de bolores e leveduras em repolho minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens, armazenadas nas temperaturas de 5°C e em comercialização simulada (CS).

Tratamentos	Contagem de bolores e leveduras (UFC g^{-1})						
	Dias						
	0	4	7	9	11	14	16
PVC 5°C	$6,3 \times 10^3$	$2,0 \times 10^5$	$5,6 \times 10^5$	$1,0 \times 10^6$	$1,1 \times 10^6$	$1,4 \times 10^6$	$3,8 \times 10^7$
PVC CS	$6,3 \times 10^3$	$4,0 \times 10^4$	$5,4 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$	$1,0 \times 10^6$	$1,0 \times 10^6$	$9,3 \times 10^7$
PEBDpassiva 5°C	$6,3 \times 10^3$	$1,1 \times 10^4$	$4,1 \times 10^4$	$5,1 \times 10^4$	$1,4 \times 10^5$	$6,1 \times 10^5$	$6,7 \times 10^6$
PEBDpassiva CS	$6,3 \times 10^3$	$6,2 \times 10^4$	$2,6 \times 10^5$	$3,7 \times 10^5$	$1,8 \times 10^6$	$3,8 \times 10^6$	$6,4 \times 10^6$
PEBDativa 5°C	$6,3 \times 10^3$	$6,3 \times 10^3$	$2,0 \times 10^4$	$5,5 \times 10^4$	$1,1 \times 10^5$	$6,3 \times 10^6$	$9,5 \times 10^7$
PEBDativa CS	$6,3 \times 10^3$	$6,3 \times 10^3$	$6,4 \times 10^4$	$1,1 \times 10^5$	$2,4 \times 10^6$	$7,1 \times 10^6$	$1,3 \times 10^7$

De maneira geral, pode-se afirmar que a atmosfera modificada ativa estudada não apresentou benefícios significativos na redução da população de microrganismos no repolho minimamente processado, ao contrário do que se esperava, pois devido a redução

na concentração de oxigênio e aumento do dióxido de carbono na atmosfera interna da embalagem, provavelmente, o desenvolvimento dos microrganismos seria reduzido. Segundo JACXSENS, DEVLIEGHERE & DEBEVERE (2002), a redução da respiração causada pela atmosfera modificada, resultando em menores taxas metabólicas, provoca inibição do crescimento de microrganismos deterioradores. As reduções apresentadas em alguns períodos e tratamentos são devidas mais às condições de temperatura a qual o produto estava submetido, do que a atmosfera no interior das embalagens.

Para bolores e leveduras não foram encontradas referências que cite a contagem limitante da vida útil dos produtos minimamente processados. No entanto, apesar de ainda não existir uma legislação definida para os produtos minimamente processados, de acordo com a Resolução RDC 12 (ANVISA, 2001), o limite tolerado para segurança de alimentos é de 10^3 UFC g^{-1} .

Apesar da considerável contaminação de coliformes totais, aeróbios mesófilos e bolores e leveduras em todos os tratamentos, de acordo com a análise sensorial do produto, o repolho minimamente processado não apresentou-se com aspecto de deterioração microbiana, tais como, odores desagradáveis, aparência limosa e exudação, sendo questionável a determinação da vida útil do mesmo de acordo com o número de microrganismos presentes. FANTUZZI, PUSCHMANN & VANETTI (2004) perceberam que mesmo não sendo verificada diferença na microbiota aeróbia e anaeróbia mesófila e de psicrotróficos no repolho minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens, o mantido em bandejas plásticas transparentes, seladas com filme de PVC termoencolhível apresentou no 20º dia, a 5°C, características sensoriais indesejáveis, o que não ocorreu nas outras embalagens estudadas. Este comportamento corresponde ao ocorrido nesse experimento, onde, de acordo com a análise sensorial do repolho minimamente processado, no 14º dia, apesar de não haver diferença na contagem dos microrganismos, com exceção do repolho mantido na embalagem de PEBDativa e PEBDpassiva, armazenadas em comercialização simulada, as demais apresentaram maior escurecimento e menor aparência geral.

Estes resultados correspondem o descrito por ZAGORY (1999) onde o autor afirma que pelo menos para alguns produtos, de acordo com dados disponíveis na literatura, a extensão da vida útil de frutas e hortaliças frescas, parece não depender dos efeitos dos microrganismos.

4.3.10. Análise sensorial

Nas Figuras 18, 19, 20 e 21 estão apresentados os resultados da análise sensorial no repolho minimamente processado, para os atributos de escurecimento, murchamento, aparência geral e aroma “passado”, respectivamente.

Não observou-se escurecimento (Figura 18) significativo (Anexo 4) em todos os tratamentos até o 11º dia de armazenamento, com exceção do repolho acondicionado na embalagem de PVC armazenado sob comercialização simulada, no 9º dia, que apresentou nota média de 3,5, situando-se, ainda, abaixo da nota mínima estabelecida (4,0) como o limite de aceitabilidade do produto. Este tratamento apresentou-se como um ponto fora da tendência nesse período, sendo que no 11º dia o mesmo apresentou notas inferiores de escurecimento, sendo semelhante aos demais tratamentos. Não foi detectada nenhuma anormalidade que pudesse explicar este valor.

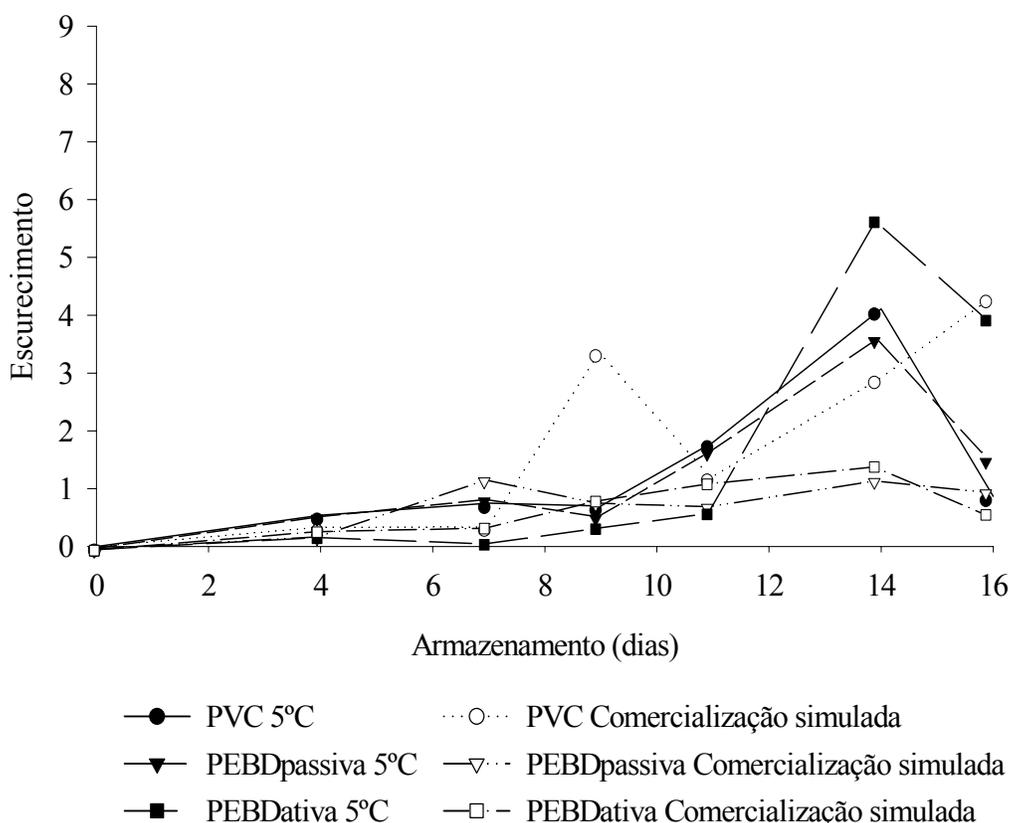


Figura 18. Notas atribuídas ao escurecimento em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.

No 14º dia, o produto estava visivelmente mais escurecido, principalmente nas embalagens submetidas a 5°C, e na embalagem de PVC em comercialização simulada, diferenciando-se estatisticamente do repolho da embalagem de PEBDativa e PEBDpassiva em comercialização simulada, que apresentavam-se menos escurecidos. O maior escurecimento (nota máxima de 5,5) foi apresentado pelo produto acondicionado na embalagem de PEBDativa armazenado na temperatura de 5°C, sendo o mesmo considerado inadequado para a comercialização e consumo. Apesar da considerável variação da temperatura em que o produto foi submetido na comercialização simulada, a mesma manteve-se durante esse período com valores abaixo de 5°C, o que pode ter contribuído para o menor escurecimento do produto. Este escurecimento pode estar relacionado com a maior concentração de oxigênio no interior das embalagens (Figura 11A) neste período, sendo que a presença deste gás é necessária para a atividade das enzimas causadoras do escurecimento em produtos vegetais, por ser o substrato para as mesmas. No 16º dia de armazenamento, o maior escurecimento foi apresentado pelo produto acondicionado nas embalagens de PVC (4,3) submetida à comercialização simulada e PEBDativa a 5°C (4,0), estando sem condições de comercialização e consumo.

Na Figura 19 estão apresentadas as notas atribuídas ao atributo murchamento do repolho minimamente processado.

Observou-se que o produto não apresentou diferença significativa (Anexo 4) para o murchamento, quando submetido as diferentes temperaturas e embalagens. No decorrer do armazenamento houve variação do início do armazenamento, dia 0, e 4º dia, porém não apresentando diferença estatística entre si, em relação ao 14º dia, onde o repolho minimamente processado acondicionado nas embalagens de PEBDativa armazenado na temperatura de 5°C recebeu as maiores notas (2,5), não sendo considerado como um valor limitante para a comercialização do produto.

Esses resultados demonstram que as condições de umidade relativa do ambiente de armazenamento estavam adequadas e que o material de embalagem utilizado evitou a perda de umidade, por meio da evaporação, retardando o murchamento e a perda de água do produto.

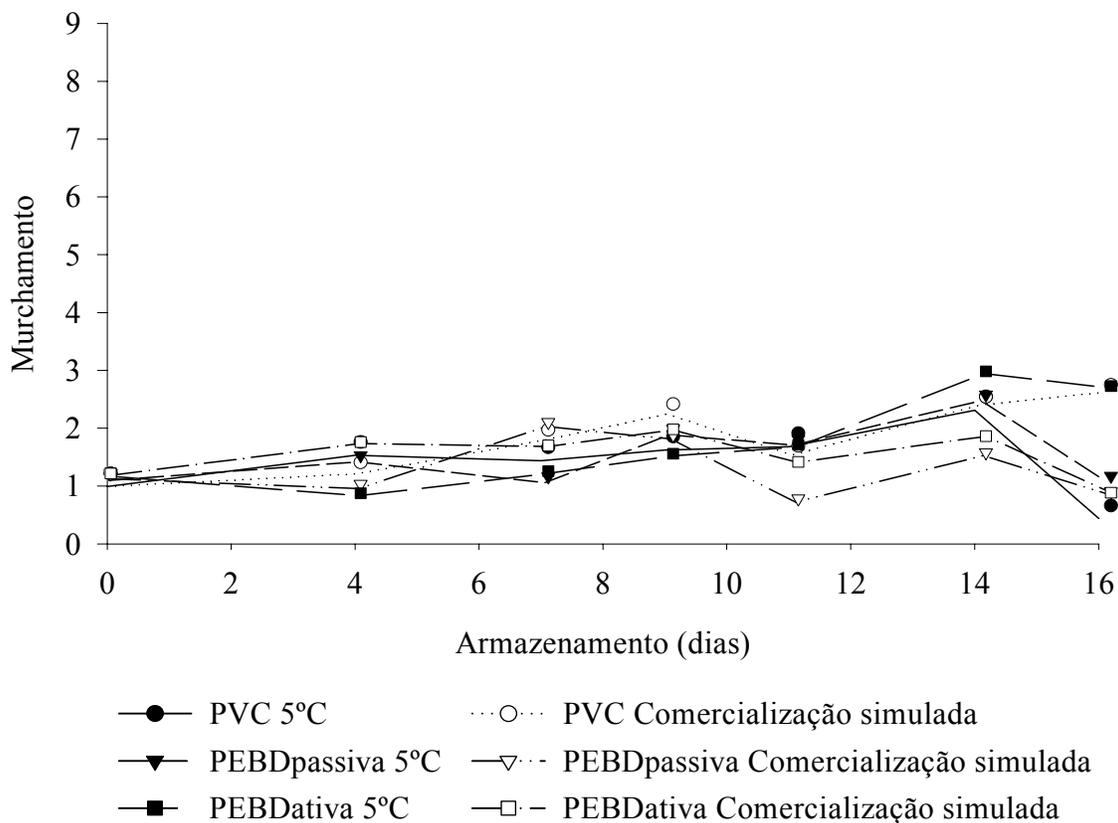


Figura 19. Notas atribuídas ao murchamento em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.

As notas de aparência geral estão apresentadas na Figura 20. No início do armazenamento o produto apresentou um valor de 8,4 para a aparência geral, nota considerada alta, considerando o valor máximo de 9,0, permanecendo, de maneira geral, com valores considerados adequados até o 11º dia, com exceção do produto na embalagem de PVC em comercialização simulada, no 9º dia, que apresentou nota para aparência geral significativamente inferior (Anexo 4) aos demais tratamentos, correspondendo, também, ao recebimento de maiores notas para o atributo escurecimento nesse período (Figura 18). Os tratamentos PEBDpassiva e PEBDativa em comercialização simulada apresentaram notas aceitáveis de aparência geral durante todo o armazenamento. No 14º dia as menores notas foram atribuídas para o repolho acondicionado na embalagem de PEBDativa (2,9) e PEBDpassiva (4,9) à temperatura de 5°C e PVC a 5°C (4,3) e em comercialização simulada (5,0), sendo considerado como o fim da vida útil desses produtos.

No 16º dia de armazenamento, as menores notas foram aplicadas ao repolho acondicionado na embalagem de PVC submetida à comercialização simulada, seguido pelo na embalagem de PEBDativa a 5°C, encontrando-se, nos dois casos, fora do limite aceitável para a comercialização. Pode-se observar, de acordo com as notas aplicadas e os comentários realizados pelos provadores nas fichas de avaliação, que a variável crítica de qualidade verificada em todos os tratamentos foi a qualidade visual, influenciada principalmente pelo escurecimento do repolho minimamente processado, uma vez que as notas de aparência geral foram relacionadas, principalmente, com o grau de escurecimento do produto (Figura 18). Outro fator considerado pelos julgadores na aparência geral do produto, embora de menor importância, foi a desuniformidade de corte apresentada pelo produto, ou seja, o equipamento utilizado para esta finalidade, não garantiu a uniformidade de corte desejada para o repolho minimamente processado.

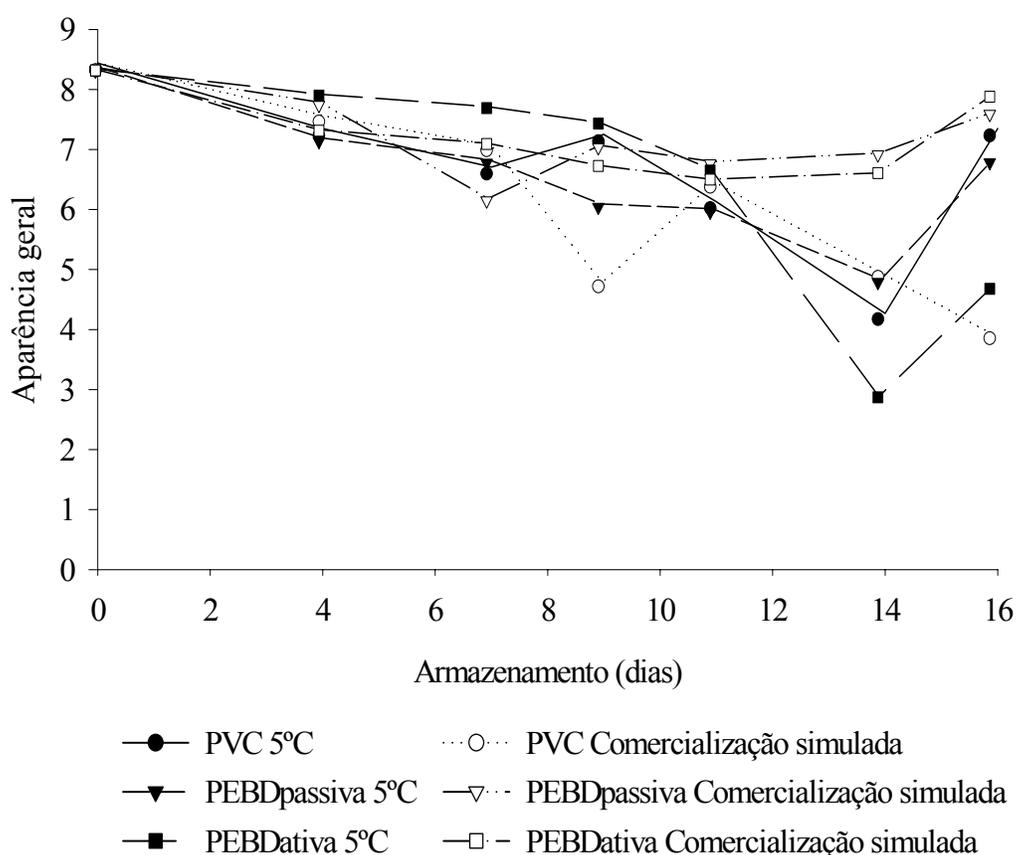


Figura 20. Notas atribuídas à aparência geral em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.

As notas atribuídas ao atributo aroma “passado” estão apresentadas na (Figura 21). Foi observado leve presença de aroma “passado” durante o armazenamento do repolho minimamente processado, sendo que as maiores notas (em torno de 1,5) ocorreram no 11° e 16° dia de armazenamento, mantendo-se abaixo do limite mínimo de aceitabilidade durante todo o armazenamento, sendo este atributo indesejável ao produto, considerado em concentração não influenciável na venda e consumo do mesmo. Segundo EXAMA *et al.* (1993), o repolho quando submetido à atmosfera com menos de 2% de oxigênio em sua composição, pode apresentar respiração anaeróbia, produzindo aroma desagradável ao produto. Dessa forma, pode-se concluir que as embalagens utilizadas garantiram a mínima concentração de oxigênio, necessária, a respiração aeróbia do repolho minimamente processado durante os 16 dias, nas duas condições de armazenamento.

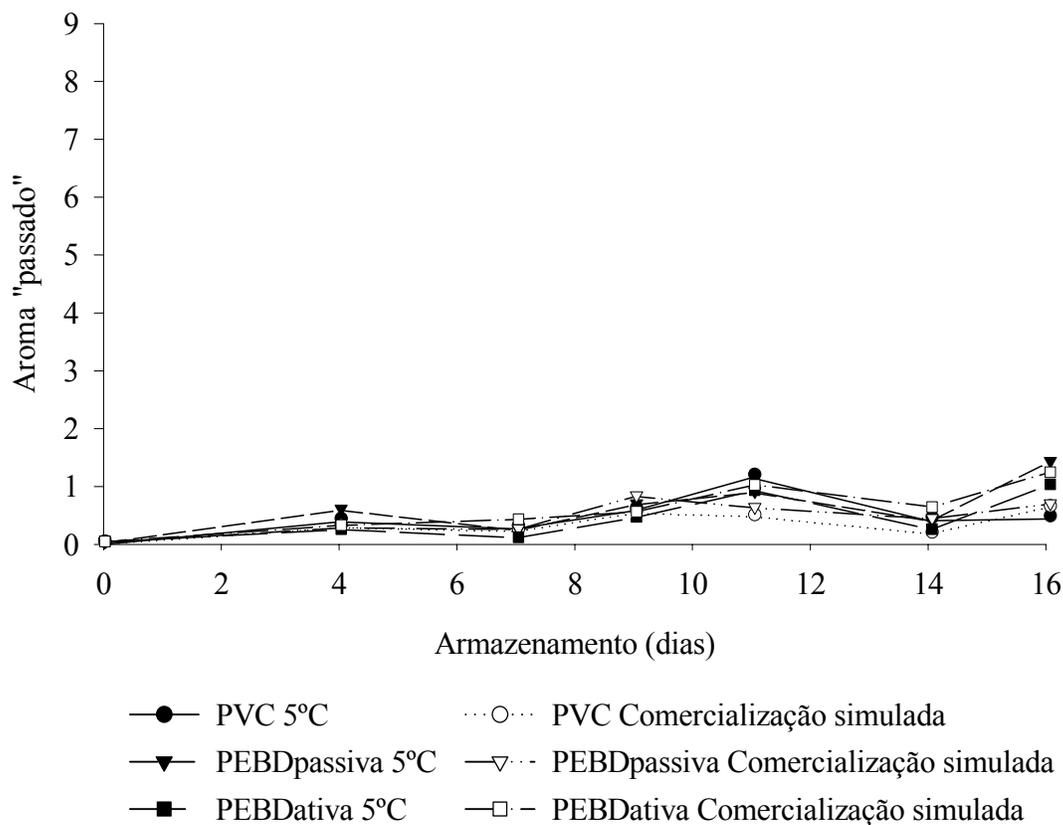


Figura 21. Notas atribuídas ao aroma “passado” em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens armazenadas por 16 dias na temperatura de 5°C e em comercialização simulada.

5. CONCLUSÕES

A atividade respiratória do repolho inteiro e minimamente processado, armazenados na temperatura de 5°C foi significativamente menor que a 10°C, sendo que em ambas as temperaturas o repolho minimamente processado apresentou atividade respiratória significativamente maior que o repolho inteiro.

A atmosfera controlada não prolongou a vida útil do repolho minimamente processado nas concentrações de 2% a 10% de oxigênio e 3% a 10% de dióxido de carbono, porém, quando submetido a misturas contendo baixas concentrações de oxigênio apresentou-se mais favorável à conservação.

O armazenamento do repolho minimamente processado mostrou-se mais favorável na temperatura de 5°C. Embora tenha ocorrido uma grande variação na temperatura do balcão refrigerado conveniência em comercialização simulada, porém, não influenciou significativamente na vida útil do repolho, uma vez que na maioria do período de armazenamento os valores de temperatura foram próximos a 0°C.

A atmosfera modificada ativa não foi efetiva no aumento da vida útil do repolho minimamente processado. A embalagem de PEBD foi mais adequada para o acondicionamento do repolho minimamente processado, quando comparada a embalagem PVC. No entanto, essa última também apresentou resultados satisfatórios no acondicionamento do repolho minimamente processado.

Considerando a análise sensorial do repolho minimamente processado, a vida útil foi de 11 dias na embalagem de PVC a 5°C e comercialização simulada e na PEBDativa e passiva a 5°C. Na PEBDativa e passiva em comercialização simulada a vida útil foi de 16 dias de armazenamento. No entanto, em todos os tratamentos ocorreu contagem de coliformes totais, aeróbios mesófilos, bolores e leveduras maiores que o considerado aceitável pela literatura, limitando a vida útil do repolho minimamente processado em 7 dias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Alimentos e Bebidas – Análise Sensorial – Testes de análise descritiva quantitativa**, 1998.

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetable. **Trends in Food Science & Technology**, v.7, p.179-187, 1996.

ALMEIDA, M.E.M.; NOGUEIRA, J.N. The control of polyphenol oxidase activity in fruits and vegetables. A study of the interactions between the chemical compounds used and heat treatment. **Plant Foods Hum. Nut.**, v.47, p.245-256, 1995.

ANDRADE, N.J.; ANTUNES, M.A.; BASTOS, M.S.R. Higiene nas indústrias de alimentos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2004. p.40-47.

AOAC RI (AOAC RESEARCH INSTITUTE), 2000. Certification Report – Bax for Screenig/*Listeria monocytogenes*: Performance Tested Method 000702. Disponível no site <<http://aoac.org/RI/000702.htm>>. Acesso em 20/08/03.

APELAND, J. Storage of Chinese Cabbage – *Brassica Campestris L. Pekinensis* (Lour) Olsson – in Controlled Atmospheres. **Acta Horticulturae**, n.157, p.185-191, 1984.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1999.

BABIC, I.; WATADA, A.E. Microbial populations of fresh-cut spinach leaves affected by controlled atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p.187-193, 1996.

BAI, J.; SAFTNER, R.A.; WATADA, A.E. Characteristics of fresh-cut honeydew (*Cucumis melo* L.) available to processors in winter and summer and its quality maintenance by modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, v.28, p.349-359, 2003.

BALLANTYNE, A.; STARK, R.; SELMAN, J. D. Modified atmosphere packaging of shredded lettuce. **International Journal of Food Science and Technology**, v.23, p.267-274, 1988.

BARBOSA, R.L.; SILVA, D.F.P.; VIDAL JÚNIOR, P.P.; DUTRA, L.S.; DANTAS, M.I.S.; PUSCHMANN, R.; SAKURAOKA, D.M.; RIBEIRO, D.R.M.; LOPES, A.L.; PINHEIRO, F.A. Determinação do tempo de centrifugação mais adequado no processamento mínimo de repolho (*Brassica oleracea cv capitata*) em centrífuga doméstica. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2004. p.182.

BARRIGA, M.I.; TRACHY, G.; WILLEMOT, C.; SIMARD, R.E. Microbial changes in shredded iceberg lettuce stored under controlled atmospheres. **Journal of Food Science**, v.56, n.6, p.1586-1588, 1991.

BARRY-RYAN, C.; O'BEIRNE, D. Effects of peeling methods on the quality of ready-to-use carrot slices. **International Journal of Food Science and Technology**, v.35, n.2, p.243-254, 2000.

BARTH, M.M.; KERBEL, E.L.; BROUSSARD, S.; SCHIMIDT, S.J. Modified atmosphere packaging protects market quality in broccoli spears under ambient temperature storage. **Journal of Food Science**, v.58, p.1070-1072, 1993.

BARTH, M.M.; ZHUANG, H. Packaging design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p.141-150, 1996.

BENNIK, M.H.J.; PEPPELENBOS, H.W.; NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F.; SMID, E.J.; GORRIS, L.G.M. Microbiology of minimally processed, modified-atmosphere packaged chicory endive. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p.209-221, 1996.

BEUCHAT, L.R. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. **Microbes and Infection**, v.4, p.413-423, 2002.

BOLIN, H.R.; HUXSOLL, C.C. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. **Journal of Food Science**, v.56, n.1, p.60-67, 1991.

BRACKETT, R.E. Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v.10, p.195-206, 1987.

BRASIL. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12-01rda.htm>
Acesso em 17 de junho de 2002.

BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v.30, p.18-22, 1995.

BRECHT, J.K.; CHAU, K.V.; FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; SILVA, F.M.; NUNES, M.C.N.; BENDER, R.J. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. **Postharvest Biology and Technology**, v.27, p.87-101, 2003.

CAMARGO FILHO, W.P.; MAZZEI, A.R. A produção e os preços de hortaliças no Mercosul. **Informações Econômicas**, v.26, n.12, 1996.

CALBO, A.G. Adaptação de um fluxcentro para estudos de trocas gasosas e um método de aferição de capilares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.6, p.733-739, 1989.

CAMARGO, W.P., MAZZEI, A.R. A produção e os preços de hortaliças no Mercosul. **Informações Econômicas**, v.26, n.12, 1996.

CAMERON, A.C.; TALASILA, P.C.; JOLLES, D.W. Predicting film permeability needs for modified – atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v.30, p.25-34, 1995.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: Minimally processed fruits and vegetables. Ed. A.A. Kader In: **Postharvest technology of horticultural crops**, 2ed. Davis: Univ. California, Division of horticultural and natural resources, p.277-281, 1992.

CANTWELL, M. Fresh-cut product biology requirements. *Perishables Handling Newsletter*, **University of California**, v.81, p.4-6, 1995.

CANTWELL, M.; SUSLOW, T. Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Aspects of Physiology, Preparation and Handling that Affect Quality. **Fresh-Cut Workshop**, UC Davis, sept p.14-16, 1999.

CANTWELL, M. The dynamic fresh-cut sector of the horticultural industry. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2. 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2000b. p.147-155.

CARNELOSSI, M.A.G. **Fisiologia pós-colheita de folhas de couve (*Brassica oleracea* cv. *Acephala*) minimamente processadas**. 81p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2000.

CARNELOSSI, M.A.G.; SILVA, E.O. Processamento mínimo de couve e repolho. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Resumos...** Viçosa:UFV, 2000. p.125-131.

CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990, 121p. (ITAL. Manual Técnico).

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.

CLAYPOOL, L.L.; KEEFER, R.M. A colorimetric method for CO₂ determination. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.40, p.177-186, 1942.

CLEMENTE, E.; PASTORE, G.M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. **Boletim SBCTA**, Campinas, v.32, n.2, p.167-171, 1998.

COELHO, A.H.R. **Efeito da idade de colheita sobre o grau de deterioração fisiológica e composição química das raízes de três cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 107p. Tese. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1992.

COUTURE, R.; CANTWELL, M.I.; KE, D.; SALTVEIT, M.E. Physiological attributes related to quality attributes and storage of minimally processed lettuce. **HortScience**, v.28, p.723-725, 1993.

DOWNES, F.P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: American Public Health Association – APHA, 2001. 676p.

DURIGAN, J.F.; SARZI, B. Processamento mínimo de frutas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 5., 2002, Fraiburgo. **Anais...** Fraiburgo: Epagri, 2002. p.11-18.

EXAMA, A.; ARUL, J.; LENCKI, R.W.; LEE, L.Z.; TOUPIN, C. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, v.58, p.1365-1370, 1993.

FANTUZZI, E.; PUSCHMANN, R.; VANETTI, M.C.D. Microbiota contaminante em repolho minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.2, p.207-211, 2004.

FARBER, J.M. Microbiological aspects of modified atmosphere packaging technology – A review. **Journal of Food Protection**, v.54, n.1, p. 58-70, 1991.

FARBER, J.M.; HARRIS, L.J.; PARISH, M.E.; BEUCHAT, L.E.; SUSLOW, T.V.; GORNY, J.R.; GARRET, E.H.; BUSTA, F.F. Microbial safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety** p. 142-160. Suppl.2, 2003.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, 2000. 402p.

FOLCHI, A.; MACCAFERRI, M.; MENNITI, A.M. Physio-pathological responses of cabbage stored under controlled atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v.10, p.207-212, 1997.

FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; BRECHT, J.K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, v.52, p.99-119, 2002.

FREIRE JÚNIOR, M.; DELIZA, R.; CHITARRA, A.B. Alterações sensoriais em alface hidropônica cv. Regina minimamente processada e armazenada sob refrigeração. **Horticultura brasileira**, v.20, n.1, p.63-66, 2002.

FUJITA, S.; SAARI, N.B.; MAEGAWA, M.; TETSUKA, T.; HAYASHI, N.; TONO, T. Purification and properties of polyphenol oxidase cabbage (*Brassica oleracea* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43, p.1138-1142, 1995.

GARCÍA-GIMENO, R.M.; ZURERA-COSANO, G.; AMARO-LÓPEZ, M. Conservacion de los alimentos mediante atmosfera modificada. Vegetables de IV gama. **Alimentaria**, n.267, p.89-104, 1995.

GERALDINE, R.M. **Parâmetros tecnológicos para o processamento mínimo de alho (*Allium sativum* L.)**. 84p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A.; WANG, C.Y.; BUTA, J.G. Maintaining quality of fresh-cut mangoes using antibrowning agents and modified atmosphere packaging. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.4204-4208, 2000.

GORNY, J.R. A Summary of CA and MA Recommendations for Selected Fresh-cut Fruits. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 8., 2001, Amsterdam, **Proceedings...** Amsterdam: 2001.

GORNY, J.R.; HESS-PIERCE, B.; CIFUENTES, R.A.; KADER, A.A. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. **Postharvest Biology and Technology**, v.24, p.271-278, 2002.

GOUPY, P.; AMIOT, M.J.; RICHARD-FORGET, F.; DUPRAT, F.; AUBERT, S.; NICOLAS, J. Enzymatic browning of model solutions and apple phenolic extracts by apple polyphenoloxidase. **Journal of Food Society**, v.60, p.479-501, 1995.

GUERZONI, M.E.; GIANOTTI, A.; CORBO, M.R.; SINIGAGLIA, M. Shelf-life modelling for fresh-cut vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, n.2, p.195-207, 1996.

GUNES, G.; WATKINS, C.B.; HOTCHKISS, J.H. Physiological responses of fresh-cut apple slices under high CO₂ na low O₂ partial pressures. **Postharvest Biology and Technology**, v.22, p.197-204, 2001.

HAO, Y.Y.; BRACKET, R.E.; BEUCHAT, L.R.; DOYLE, M.P. Microbiological quality and the inability of proteolytic *Clostridium botulinum* to produce toxin in film-packaged fresh-cut cabbage and lettuce. **Journal of Food Protection**, v.61, n.09, p.1148-1153, 1998.

HARDENBURG, R.E. Effect of in package environment on keeping quality of fruits and vegetables. **HortScience**, v.8, n.3, p.198-201, 1971.

HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANG, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**. U. S. Dept. Agric. Handbook 66. 1986. 130p.

HERTOG, M.L.A.T.M.; NICHOLSON, S.E.; WHITMORE, K. The effect of modified atmospheres on the rate of quality change in “Hass” avocado. **Postharvest Biology and Technology**, v.29, p.41-53, 2003.

HUSSEIN, A.; ODUMERU, J.A.; AYANBADEJO, T.; FAULKNER, H.; MCNAB, W.B.; **IFPA-International Fresh-cut Produce Association**. 4ed. Food Safety Guidelines for the Fresh-cut Produce Industry. 2001. 213p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 2ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v.1, 1985. 371p.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1998. Section 7g, p.1-12.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Offering global expertise in fresh-cut produce.** Disponível em: <http://www.fresh-cuts.org/about.php>. Acesso em: 11 out. 2004.

ISENBERG, F.M.R. Controlled atmosphere storage of vegetables: Review. **Horticulturae**, v.1, p.337-395, 1979.

IZUMI, H.; WATADA, A.E.; DOUGLAS, W. Low oxygen atmospheres affect storage quality of zucchini squash slices treated with calcium. **Journal of Food Science**, v.61, n.2, p.317-321, 1996.

JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Predictive modelling for packaging design: equilibrium modified atmosphere packages of fresh-cut vegetables subjected to a simulated distribution chain. **International Journal of Food Microbiology**, v.73, p.331-341, 2002.

KADER, A.A. Potential applications of ionizing radiation in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. **Food Technology**, v.40, n.6, p.117-121, 1985.

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, v.40, n.5, p.99-104, 1986.

KADER, A.A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E.L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.28, n.1, p.1-30, 1989.

KADER, A.A. Ethylene May Accelerate Deterioration of Horticultural Perishables. **Perishables Handling Issue**, n.80, 1994.

KADER, A.A.; SINGH, R.P.; MANNAPPERUMA, J.D. Technologies to extend the refrigerated shelf life of fresh fruits and vegetables. In: I. A.TAUB and R. P. SINGH (eds.). **Food Storage Stability**, Boca Raton CRC Press, FL, p.419-434, 1998.

KAJI, H.; UENO, M.; OSAJIMA, J. Storage of shredded cabbage under a dynamically controlled atmosphere of high oxygen and high carbon dioxide. **Biosci. Biotechnol. and Biochem.** v.57, n.7, p.1049-1052, 1993.

KAWANO, S.; ONODERA, T.; HAYAKAWA, A.; KAWASHINA, K.; IWAMOTO, M. Cold storage of shredded cabbage. **Report of the National Food Research Institute**, n.45, p.86-91, 1984.

KE, D.; SALTVEIT, M.E. Regulation of russet spotting, phenolic metabolism and IAA oxidase by low oxygen in iceberg lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.114, p.638-642, 1989a.

KE, D.; SALTVEIT, Jr., M.E. Wound-induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. **Plant Physiology**, v.76, p.412-418, 1989b.

KHAN, A.A.; ROBINSON, D.S. Hydrogen donor specificity of mango isoperoxidases. **Food Chemistry**, v.49, p.407-410, 1994.

KLEIN, B.P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v.10, p.179-193, 1987.

KLIEBER, A.; FRANKLIN, B. Ascorbic acid content of minimally processed chinese cabbage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.81, p.201-205, 1999.

KLUGE, A.R.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e Manejo Pós-Colheita de Frutas de Clima Temperado**. 2ed. Editora Rural: Campinas, 2002. 214p.

LAMIKANRA, O. Fresh-cut Fruits and Vegetables. **Science, Technology and Market**. CRC Press, Washington, D.C. 2002.

LARSON, A.E.; JOHNSON, E.A.; BARMORE, C.R.; HUGHES, M.D. Evaluation of the botulism hazard from vegetables in modified atmosphere packaging. **Journal of Food Protection**, v.60, n.10, p.1208-1214, 1997.

LÓPEZ-GALVEZ; SALTVEIT, M.; CANTWELL, M. The visual quality of minimally processed lettuces stored in ar or controlled atmosphere with emphasis on romaine and iceberg types. **Postharvest and Biology and Technology**, v.9, p.223-233, 1996.

LOPEZ OSORNIO, M.M.; CHAVES, A.R. Quality changes in stored raw grated beetroots as affected by temperature and packaging film. **Journal of Food Science**, v.63, n.2, p.327-330, 1998.

MAGUIRE, K.M.; BANKS, N.H.; OPARA, L.U. Factors affecting weight loss of apples. **Hort. Ver.** v.25, p.197-234, 2001.

MARTH, E.H. Extended shelf life refrigerated foods: microbiological quality and safety. **Food Technology**, v.52, p.57-62, 1998.

McDONALD, R.E.; RISSE, L.A.; BARMORE, C.R. Bagging chopped lettuce in selected permeability films. **HortScience**, v.25, n.6, p.671-673, 1990.

McEVILY, A.J.; IYENGAR, R. Inhibition of enzymatic browning foods and beverages. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.32, p.253-273, 1992.

MELLO, J.C.; DIETRICH, R.; MEINERT, E.M.; TEIXEIRA, E. AMANTE, E.R. Efeito do cultivo orgânico e convencional sobre a vida-de-prateleira de alface americana (*Lactuca sativa L.*) minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.3, p.418-426, 2003.

MENDONÇA, S.C.; GUERRA, N.B. Métodos físicos e químicos empregados no controle do escurecimento enzimático de vegetais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.37, n.2, p.113-118, 2003.

MOHD-SOM. F.; KERBEL, E.; MARTIN, S.E.; SCHMIDT, S.J. Microflora changes in modified-atmosphere-packaged broccoli florets stores at refrigerated temperature. **Journal of Food Quality**, v.17, p.347-360, 1994.

MOLEYAR, V.; NARASIMHAM, P. Modified atmosphere packaging of vegetables: an appraisal. **Journal of Food Science Technology**, v.31, p.267-278, 1994.

MORALES, CASTRO, J., M.A. RAO, J. H. HOTCHKISS, AND D. L. DOWNING. Modified atmosphere packaging of sweet corn on cob. **J. Food Proc. Preserv**, v.18, p.279-293, 1994.

MORETTI, C.L.; ARAÚJO, A.L.; MATTOS, L.M. Evaluation of different oxygen, carbon dioxide and nitrogen combinations employed to extend the shelf life of fresh-cut collard greens. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.4, p.676-680, 2003.

MORETTI, C.L. Panorama do processamento mínimo de hortaliças. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2004. p.01-08.

NAWA, R.; HOSODA, H.; SHIINA, T.; ITO, H.; KUROGI, M. Quality evaluation and preservation of shredded vegetables. 2. Changes in total phenol content and polyphenol oxidase activity in different cultivars of cabbage during storage after shredding. **Rep. Natl. Food Res. Inst.** v.50, p.65-69, 1987.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v.34, n.4, p.371-340, 1994.

NUNES, M.C.N.; EMOND, J.P.; BRECHT, J.K. Temperature abuse during ground and in-flight handling operations affects quality of snap beans. **HortScience**, v.36, p.510 (abstract), 2001.

OLIVEIRA, L.M.; ALVES, R.M.V.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; PADULA, M.; GARCIA, E.E.C.; COLTRO, L. **Ensaio para Avaliação de Embalagens Plásticas Flexíveis**. Campinas: Ed. Centro de Tecnologia de Embalagem – ITAL, 1996. 219p.

OMARY, M.B.; TESTIN, R.F.; BAREFOOT, S.F.; RUSHING, J.W. Packaging effects on growth of *Listeria innocua* in shredded cabbage. **Journal of Food Science**. v.58, n.3, p.623-626, 1993.

PENDERGRASS, A.; ISENBERG, F.M.R. The Effect of Relative Humidity on the Quality of Stored Cabbage. **HortScience**, v.9, n.3, p.226-227, 1974.

PIAGENTINNI, A.M.; PIROVANI, M.E.; GUEMES, D.R.; DI PENTIMA, J.H.; TESSI, M.A. Survival and growth of *Salmonella hadar* on minimally processed cabbage as influenced by storage abuse conditions. **Journal of Food Science**, v.62, n.3, p.616-618, 1997.

PIROVANI, M.E., GUEMES, D.R., PIAGENTINI, A.M., DI PENTIMA, H.J. Storage Quality of Minimally Processed Cabbage Packaged in Plastic Films. **Journal of Food Quality**, v.20, n.5, p.381-389, 1997.

PIROVANI, M.E.; PIAGENTINI, A.M.; GUEMES, D.R.; DI PENTIMA, H.J. Quality of minimally processed lettuce as influenced by packaging and chemical treatment. **Journal of Food Quality**, v.21, n.6, p.475-484, 1998.

PRIEPKE, P.E.; WEI, L.S.; NELSON, A.I. Refrigerated storage of prepackaged salad vegetables. **Journal of Food Science**, v.41, p.379-382, 1976.

RINALDI, M.M.; BENEDETTI, B.C.; CALORE, L. Repolho minimamente processado: efeito da embalagem e temperatura de armazenamento. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 31, 2002, Salvador, 29 jul. a 2 de ago. de 2002. CD-Rom.

ROBBS, P.G. Importância da análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) no processamento mínimo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2000. p.33-43.

ROJO, F.; SAABOR, A. Praticidade impulsiona a venda de pré-processado. **FruitFatos**, v.2, n.2, p.42-44, 2002.

ROLLE, R.S.; CHISM, G.W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v.10, n.3, p.157-167, 1987.

ROURA, S.I.; DAVIDOVICH, L.A.; DEL VALLE, C.E. Quality loss in minimally processed swiss chard related to amount of damaged area. **Lebensm-Wiss und Technology**, v.23, n.1, p.53-59, 2000.

SAKR, S.; NOUBAHNI, M.; BOURBOULOUX, A.; RIESMEIER, J.; FROMMER, W.B.; SAUER, N.; DELROT, S. Cutting, ageing and expression of plant membrane transporters. **Bioch. Bioph. Acta**, v.1330, p.207-213, 1997.

SALTVEIT, M.E. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. **Postharvest Biology and Technology**, v.21, n.1, p.61-69, 2000.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas (SP): CETEA/ITAL, 2001.215p.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; OLIVEIRA, L.M.; TELES, C.S.; COPPELMANS, S.A. Efeitos da embalagem e da temperatura de estocagem na qualidade de couve minimamente processada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.2, p.185-190, 2003.

SCHMIDT, R.H. Basic elements of equipment cleaning and sanitizing in food processing and handling operations. In: **HACCP–Hazard Analysis Critical Control Point – Implementation**, 1998, Florida, 1998.

SCHLIMME, D.V. Marketing lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v.30, p.15-17, 1995.

SIGRIST, J.M.M. Manuseio pós-colheita de frutas e hortaliças. In: **Curso de Atualização em tecnologia de resfriamento de frutas e hortaliças**, 2, p.11-18. 1988.

SIGRIST, J.M.M. **Estudos fisiológicos e tecnológicos de couve-flor e rúcula minimamente processadas**. 112p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 2002.

SILVA, E.O. **Fisiologia pós-colheita de repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) minimamente processado**. 79p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

SILVA, E.O.; CARNELOSSI, M.A.G.; CAMPOS, R.S.; CARDOSO, R.A.L.; PUSCHMANN, R. Centrifugação de repolho minimamente processado. In: ENCONTRO

NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2000. p.47.

SILVA, V.V.; SOARES e GERALDINE. Efeito da embalagem e temperatura de estocagem na conservação de mandioca minimamente processada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.2, p.197-202, 2003.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 317p.

SINGH, B., WANG, D.J., SALUNKHE, D.K. Controlled atmosphere storage of lettuce. 1. Effects on quality and respiration rate lettuce heads. **Journal of Food Science**, v.37, p.48-51. 1972a.

SINGH, B.; WANG, D.J.; SALUNKHE, D.K. Controlled atmosphere storage of lettuce. 2. Effects on biochemical composition of leaves. **Journal of Food Science**, v.37, p.52-55, 1972b.

SOLOMOS, T.; KANELLIS, A.K. Hypoxia and fruit ripening. In: Kanellis, A.K. *et al.* (Eds.), **Biology and Biotechnology of the Plant Hormone Ethylene**. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, the Netherlands, p. 239-252.

TATISUMI, Y.; WATADA, A.E.; WERGIN, W.P. Scanning electron microscopy of carrot stick surface to determine cause of white translucent appearance. **Journal of Food Science**, v.56, n.5, p.1357-1364, 1991.

TELES, C.S. **Avaliação física, química e sensorial de couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) minimamente processada, armazenada sob atmosfera modificada**. 104p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

TIOVONEN, P.; WALSH, J.; LOUGHEED, E.C.; MURR, D.P. Ethylene relationship in storage of some vegetables. In: **Controlled atmosphere for storage and transport of perishable agricultural commodities**. Ed. D.G. Richardson and M. Meheriuk. Oregon State Univ., Symposium Series nº1 Timber Press, Oregon: p.199-207, 1982.

VANETTI, M.C.D. Segurança microbiológica em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2004. p.30-32.

VAUGHN, K.C.; DUKE, S.O. Function of Polyphenol oxidase in higher plants. **Physiologia Plantarum**, v.60, p.106-112, 1984.

VILAS BOAS, E.V.B. Frutas minimamente processadas: banana. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2004. p.115-121.

WATADA, A.E.; KO, N.P.; MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, n.2, p.115-125, 1996.

WELLER, A.; SIMS, C.A.; MATTHEWS, R.F.; BATES, R.P.; BRECHT, J.K. Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. **Journal of Food Science**, v.62, n.2, p.256-260, 1997.

WHITAKER, J.R.; LEE, C.Y. Recent advances in chemistry of enzymatic browning – An overview. In: LEE, C.Y.; WHITAKER, J.R. (Ed.) **Enzymatic browning and its prevention**. Washington, DC, American Chemical Society, 1995. p.2-7.

WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. London: Chapman & Hall, 1994. 357p.

YANO, M.; SAIJO, R. New preservation method for shredded cabbage with special reference to nonbrowning cultivar. **Journal Japanese Society Cold Preservation Food**, v.13, p.11-15, 1987.

YILDIZ, F. Initial preparation, manipulation and distribution of fruits and vegetables minimally processed and refrigerated. In: WILEY, R.C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. Chapman & Hall, New York. 1ed., p.25-60, 1996.

ZAGORY, D. Principles and Practice of Modified Atmosphere Packaging of Horticultural Commodities. In: FARBER, J.M.; DODDS, S.K.L. (Eds.), **Principles of Modified-**

Atmosphere and Sous-Vide Product Packaging. Lancaster, PA: Technomic Publishing Co Inc. p.175-204, 1995.

ZAGORY, D.; KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, v.42. p.70-77, 1998.

ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.313-321, 1999.

7. ANEXOS

ANEXO 1 - Dados experimentais e análise de variância da atividade respiratória do repolho minimamente processado - Etapa I

Tabela 6. Análise de variância da atividade respiratória

Causas da variação	GL	QM e F
Temperatura	1	227913,76
Repolho	1	402789,03
Tempo	5	773,17
Temperatura x repolho	5	133313,82
Temperatura x tempo	1	458,61
Repolho x tempo	5	2779,55
Temperatura x repolho x tempo	5	4821,86
F Temperatura		-
F Repolho		-
F Tempo		6872664,98**
F Temperatura x repolho		-
F Temperatura x tempo		4076490,40**
F Repolho x tempo		14707089,07**
F Temperatura x repolho x tempo		42860964,27**
Tratamento	23	35138,37
Resíduo	48	0,0001
Média Geral (mg CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)		175,52
Desvio padrão		0,0106
Coefficiente de variação (%)		0,0068

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 7. Médias da atividade respiratória

Temperatura (°C)	Tempo (horas)					
	1	2	3	4	5	6
5	105,42A,b	95,60E,b	105,05B,b	92,25F,b	99,53C,b	98,95D,b
10	217,25C,a	192,49F,a	228,80A,a	221,68B,a	201,79E,a	209,92D,a
Repolho						
Inteiro	72,87D,b	70,32F,b	85,08B,b	111,61A,b	72,69E,b	73,03C,b
Minim. processado	249,79A,a	217,77E,a	248,77B,a	202,32F,a	228,63D,a	235,84C,a

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Temperatura (°C)	Repolho	
	Inteiro	Minim. processado
5	67,70B,b	131,23A,b
10	94,16B,a	329,81A,a

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

ANEXO 2 - Dados experimentais e análise de variância das análises físico-químicas e nutricional no repolho minimamente processado – Etapa II

Tabela 8. Análise de variância da Luminosidade, Incremento no Escurecimento (IE), Ácido ascórbico, pH, Acidez titulável e Sólidos solúveis (SS).

Causas da variação	GL	QM e F					
		Luminosidade	I.E.	Ácido ascórbico (mg ácido ascórbico kg ⁻¹ MF)	pH	Acidez titulável (meq ácido cítrico kg ⁻¹ MF)	SS (°Brix)
Concentração	9	19,57	21,49	68,93	0,241	0,0626	0,4146
Tempo	3	106,96	171,37	364,08	0,300	0,19	2,243
Concentração x tempo	27	8,68	7,91	18,82	0,083	0,0274	0,1146
F concentração		4,87**	-	30,03**	84,93**	30,32**	19,36**
F tempo		26,58**	-	158,61**	105,84**	92,07**	104,73**
F concentração x tempo		2,16**	-	8,20**	29,19**	13,28**	5,35**
Tratamento	39	18,75	23,62	56,94	0,136	0,048	0,348
Resíduo	80	4,02	0,00	2,30	0,0028	0,0021	0,021
Média Geral		78,97	3,25	44,16	5,73	1,041	5,19
Desvio padrão		2,01	0	1,52	0,053	0,045	0,146
Coeficiente de variação (%)		2,54	0	3,43	0,929	4,363	2,82

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 9. Médias dos valores de Luminosidade

Tempo (Dias)	Concentrações (%)									
	TC	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
0	80,9 A,a	80,95A,a	80,95A,a	80,95A,a	80,95A,a	80,95A,a	80,95A,a	80,95A,a	80,95A,a	80,95A,a
4	79,71A,a	81,47A,a	76,97AB,a	80,84A,a	79,50A,a	80,92A,a	79,45A,a	81,17A,a	80,10A,a	79,35AB,a
7	77,85A,abc	81,21A,ab	75,83B,c	79,30AB,abc	77,95A,abc	82,66A,a	78,12A,abc	77,13AB,bc	77,03A,bc	76,18B,c
10	76,91A,abc	80,14A,ab	78,82AB,a	75,05B,bc	72,57B,c	80,96A,a	78,25A,ab	75,49B,bc	72,16B,c	76,09B,abc

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

TC – Tratamento controle

M - Mistura

Tabela 10. Médias dos valores de Incremento no escurecimento

Tempo (Dias)	Concentrações (%)									
	TC	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
0	0,00 D,a	0,00 D,a	0,00 D,a	0,00 D,a	0,00 D,a	0,00 D,a	0,00 D,a	0,00 D,a	0,00 D,a	0,00 C,a
4	3,12 C,d	2,20 A,g	4,05 B,b	6,64 B,a	3,89 C,c	1,78 B,i	1,84 C,h	1,55 C,j	2,23 C,f	2,56 B,e
7	4,59 B,f	1,37 C,j	5,31 A,e	4,26 C,g	5,66 B,b	2,01 A,i	3,39 A,h	5,41 B,d	8,15 B,a	5,57 A,c
10	5,50 A,f	2,13 B,i	3,10 C,g	8,07 A,c	9,13 A,b	1,50 C,j	2,97 B,h	6,42 A,d	9,92 A,a	5,57 A,e

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

TC – Tratamento controle

M - Mistura

Tabela 11. Médias dos valores de Ácido ascórbico

Tempo (Dias)	Concentrações (%)									
	TC	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
0	48,62 A,a	48,62 A,a	48,62 C,a	48,62 B,a	48,62 A,a	48,62 A,a				
4	44,57 B,bc	50,05 A,a	50,94 A,a	41,43 B,c	40,85 B,c	42,80 BC,c	48,92 A,a	47,11 A,ab	43,09 B,bc	42,77 B,c
7	42,95 CD,a	48,54 A,ab	43,97 B,ab	35,95 A,bc	37,38 C,bc	44,62 B,bc	44,71 B,cd	42,52 B,de	33,51 B,e	40,12 B,e
10	40,69 C,a	42,02 B,ab	42,96 B,b	40,66 C,b	35,70 C,b	40,87 C,b	46,23 AB,b	42,04 B,b	41,17 C,b	41,23 B,c

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

TC – Tratamento controle

M - Mistura

Tabela 12. Médias dos valores de pH

Tempo (Dias)	Concentrações (%)									
	TC	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
0	5,59 A,a	4,59 A,a	5,59 A,a	5,59 B,a	5,59 C,a	5,59 AB,a	5,59 C,a	5,59 C,a	5,59 B,a	5,59 B,a
4	5,68 A,c	5,47 B,de	6,13 B,b	5,63 B,c	5,70 C,c	5,60 A,cd	6,24 A,ab	6,34 A,a	5,69 B,c	5,37 C,e
7	5,57 A,cd	5,46 B,d	5,81 B,ab	5,88 A,a	5,85 B,a	5,48 AB,d	5,85 B,ab	5,89 B,a	5,83 A,ab	5,71 A,bc
10	5,66 A,cd	5,60 A,d	5,90 C,b	5,87 A,b	6,10 A,a	5,60 A,d	5,92 B,b	5,89 B,b	5,82 A,b	5,80 A,bc

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

TC – Tratamento controle

M - Mistura

Tabela 13. Médias dos valores de Acidez titulável

Tempo (Dias)	Concentrações (%)									
	TC	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
0	1,14A,a	1,14AB,a	1,14A,a	1,14A,a	1,14A,a	1,14AB,a	1,14A,a	1,14A,a	1,14A,a	1,14A,a
4	1,01B,b	1,18AB,a	0,76C,c	1,05AB,b	1,00B,b	1,23A,a	0,75C,c	0,65C,c	1,00BC,b	1,01BC,b
7	1,03B,bc	1,22A,a	0,98B,c	1,02BC,bc	1,00B,bc	1,10B,bc	1,11A,ab	1,06AB,bc	1,09AB,bc	1,08AB,bc
10	0,97B,c	1,12B,ab	0,92C,cd	0,95C,cd	0,84C,d	1,15AB,a	1,01B,bc	1,00B,bc	0,97C,c	0,98C,c

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

TC – Tratamento controle

M – Mistura

Tabela 14. Médias dos valores de Sólidos Solúveis

Tempo (Dias)	Concentrações (%)									
	TC	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
0	5,60A,a	5,60A,a	5,60A,a	5,60A,a	5,60A,a	5,60A,a	5,60A,a	5,60A,a	5,60A,a	5,60A,a
4	4,90B,b	5,20B,ab	5,20B,ab	5,40AB,a	4,40C,c	5,13B,ab	5,17B,ab	5,10B,ab	4,93BC,b	5,20B,ab
7	4,90B,bcd	5,13B,abc	5,17B,abc	4,80C,cd	4,80B,cd	5,07B,bc	5,47AB,a	5,27B,ab	4,67C,d	5,20B,ab
10	4,90 B,b	5,07 B,ab	5,40 AB,a	5,20B,ab	4,20C,c	5,00B,b	5,40AB,a	5,00B,b	5,13B,ab	5,20B,ab

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

TC – Tratamento controle

M - Mistura

ANEXO 3 - Dados experimentais e análise de variância das análises da composição gasosa no interior da embalagens, físico-químicas e enzimáticas no repollo minimamente processado – Etapa III

Tabela 15. Análise de variância do Oxigênio (O₂), Dióxido de carbono (CO₂), Luminosidade, Incremento no escurecimento, Polifenoloxidase e Peroxidase.

Causas da variação	GL	QM e F					
		O ₂ (%)	CO ₂ (%)	Luminosidade	IE	Polifenoloxidase (UAE min ⁻¹ g ⁻¹ MF)	Peroxidase (UAE min ⁻¹ g ⁻¹ MF)
Temperatura	1	30,46	0,39	61,89	26,28	2200,17	5687,42
Embalagem	2	357,41	20,90	12,25	8,28	7927,08	15565,49
Tempo	6	286,50	34,69	83,77	48,28	36401,00	166180,22
Temperatura x Embalagem	2	0,64	0,02	4,55	4,65	1946,43	8677,33
Temperatua x tempo	6	2,22	0,23	13,09	7,71	694,35	39608,80
Embalagem x tempo	12	105,84	12,22	8,71	3,96	6463,06	49964,39
Tempe. x embala. x tempo	12	8,60	0,19	5,09	2,19	4354,06	56024,58
F Temperatura		10,41**	5,03*	13,58**	2628**	0,80ns	0,23ns
F Embalagem		122,12**	270,43**	2,69ns	828,0**	2,87ns	0,63ns
F Tempo		97,89**	448,81**	18,38**	48,28**	13,17**	6,76**
F Temperatura x Embalagem		0,22ns	0,27ns	1,00ns	465,0**	0,70ns	0,35ns
F Temperatua x tempo		0,76ns	3,04**	2,87*	771,0**	0,25ns	1,61ns
F Embalagem x tempo		36,16**	158,07**	1,91*	396,0**	2,34*	2,03*
F Tempe. x embala. x tempo		2,94**	2,41**	1,12ns	219,0**	1,58ns	2,28*
Tratamento	41	93,95	9,77	20,54	11,26	9129,87	62457,92
Resíduo	210	2,93	0,08	4,56	0,00	2764,17	24572,61
Média Geral		8,34	3,17	78,13	3,62	144,85	386,66
Desvio padrão		1,71	0,28	2,13	0,00	52,58	156,76
Coefficiente de variação (%)		20,52	8,77	2,73	0,00	36,30	40,54

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns - não significativo

Tabela 16. Médias dos valores de Oxigênio

Embalagem	Tempo (dias)						
	0	4	7	9	11	14	16
PVC	21,00A,a	8,01CD,a	5,19D,a	7,91CD,a	10,30BC,a	11,00B,a	13,22B,a
PEBDpassiva	21,00A,a	6,72C,a	4,91C,a	3,94C,b	6,48C,b	13,03C,c	6,05B,c
PEBDativa	2,00A,b	1,79A,b	2,51A,b	3,57A,b	3,36A,c	12,58B,b	10,50B,b

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Tabela 17. Médias dos valores de Dióxido de carbono

Temperatura (°C)	Tempo (dias)						
	0	4	7	9	11	14	16
5	2,19D,a	4,94A,b	4,58A,a	3,59B,b	3,03C,b	1,77E,a	1,70E,a
CS	2,19E,a	5,22A,a	4,64B,a	3,88C,a	3,44D,a	1,76F,a	1,44F,a
Embalagem							
PVC	0,03F,b	4,12B,c	4,62A,a	3,08C,b	2,58D,b	1,60E,a	1,93E,a
PEBDpassiva	0,03G,b	6,00A,a	4,62B,a	4,00C,a	3,38D,a	1,82E,a	1,13F,b
PEBDativa	6,50A,a	5,13B,b	4,60C,a	4,12CD,a	3,75D,a	1,87E,a	1,65E,a

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

CS - comercialização simulada

Temperatura (°C)	Embalagem		
	PVC	PEBDpassiva	PEBDativa
5	17,40	20,66	27,33
CS	18,53	21,30	27,90

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

CS - comercialização simulada

Tabela 18. Médias dos valores de Luminosidade

Temperatura (°C)	Tempo (dias)						
	0	4	7	9	11	14	16
5	81,52A,a	79,25B,a	76,80C,a	77,73BC,a	78,00BC,a	77,95BC,a	79,15B,a
CS	81,52A,a	76,85B,b	77,49B,a	77,18B,a	77,19B,a	76,70B,a	76,53B,b
Embalagem							
PVC	81,52A,a	77,42B,a	76,97B,a	77,37B,a	78,94AB,a	78,55B,a	78,98AB,a
PEBDpassiva	81,52A,a	77,54B,a	77,50B,a	77,73B,a	76,48B,b	76,02B,b	77,63B,ab
PEBDativa	81,52A,a	79,18AB,a	76,96B,a	77,26B,a	77,37B,ab	77,40B,ab	76,91B,b

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

CS - comercialização simulada

Tabela 19. Médias dos valores de Incremento no escurecimento

Temperatura (°C)	Tempo (dias)						
	0	4	7	9	11	14	16
5	0,00G,a	2,70E,b	5,45A,a	3,98B,b	3,72D,b	3,77C,b	2,53F,b
CS	0,00G,a	4,84C,a	4,27F,b	4,55D,a	4,52E,a	5,15B,a	5,23A,a
Embalagem							
PVC	0,00G,a	4,21C,b	4,92A,b	4,35B,b	2,77E,c	3,28D,c	2,74F,c
PEBDpassiva	0,00G,a	4,55D,a	5,02C,a	3,99F,c	5,20B,a	5,67A,a	4,06E,b
PEBDativa	0,00G,a	2,56F,c	4,65B,c	4,46C,a	4,39E,b	4,43D,b	4,86A,a

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

CS - comercialização simulada

Temperatura (°C)	Embalagem		
	PVC	PEBDpassiva	PEBDativa
5	2,61C,b	3,99A,b	2,90A,b
CS	3,75C,a	4,15B,a	4,33A,a

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

CS - comercialização simulada

Tabela 20. Médias dos valores de Polifenoloxidade

Embalagem	Tempo (dias)						
	0	4	7	9	11	14	16
PVC	57,60B,a	170,73AB,a	103,35AB,a	144,15AB,a	186,78A,a	55,63B,b	160,53AB,a
PEBDpassiva	57,60C,a	203,23AB,a	148,50ABC,a	103,93BC,ab	174,25Ab,a	142,20ABC,ab	239,00A,a
PEBDativa	57,60B,a	258,53A,a	185,20A,a	53,53B,b	153,13B,a	181,08AB,a	205,33A,a

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

Tabela 21. Médias dos valores de Peroxidase

Embalagem	Tempo (dias)						
	0	4	7	9	11	14	16
PVC	172,55B,a	310,55AB,a	292,55AB,a	450,93AB,a	597,70A,a	339,13AB,a	548,18B,a
PEBDpassiva	172,55B,a	364,53AB,a	397,73AB,a	334,10AB,a	611,95A,a	432,63AB,a	555,68A,a
PEBDativa	172,55B,a	347,18AB,a	493,94AB,a	217,74B,a	325,50ABb,	604,65A,a	377,63AB,a

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

Tabela 22. Análise de variância do Ácido ascórbico, pH, Acidez titulável e Sólidos solúveis.

Causas da variação	GL	QM e F			
		Ácido ascórbico (mg ácido ascórbico kg ⁻¹ MF)	pH	Acidez titulável (meq ácido cítrico kg ⁻¹ MF)	Sólidos solúveis °Brix
Temperatura	1	0,22	0,00	0,0002	
Embalagem	2	4,11	0,16	0,040	0,51
Tempo	6	53,01	2,31	0,545	1,26
Temperatura x Embalagem	2	0,04	0,01	0,013	0,09
Temperatura x tempo	6	1,00	0,01	0,001	0,04
Embalagem x tempo	12	5,34	0,03	0,005	0,07
Tempe. x embala. x tempo	12	1,25	0,01	0,003	0,01
F Temperatura		0,21ns	0,03ns	0,19ns	4,09*
F Embalagem		3,78*	23,58**	37,90**	18,19**
F Tempo		48,77**	336,55**	510,99**	45,11**
F Temperatura x Embalagem		0,04ns	1,48ns	12,16**	3,04ns
F Temperatura x tempo		0,92ns	1,36n	1,21ns	1,37ns
F Embalagem x tempo		4,91**	4,87**	4,42**	2,54**
F Tempe. x embala. x tempo		1,15ns	1,76ns	2,76**	0,49ns
Tratamento	41	10,04	0,36	0,08	0,25
Resíduo	210	1,09	0,01	0,0011	0,03
Média Geral		19,16	6,13	0,53	3,72
Desvio padrão		1,04	0,08	0,03	0,17
Coefficiente de variação (%)		5,44	1,35	6,13	4,49

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns - não significativo

Tabela 23. Médias dos valores de Ácido ascórbico

Embalagem	Tempo (dias)						
	0	4	7	9	11	14	16
PVC	21,18A,a	20,49AB,a	17,65CD,ab	16,67D,a	19,28BC,a	20,82AB,a	19,82AB,a
PEBDpassiva	21,18A,a	16,94B,b	16,96B,b	16,61B,a	20,09A,a	20,13A,a	19,79A,a
PEBDativa	21,18A,a	16,67C,b	18,55B,a	16,58C,a	19,75A,a	21,29A,a	20,82A,a

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Tabela 24. Médias dos valores de pH

Embalagem	Tempo (dias)						
	0	4	7	9	11	14	16
PVC	5,44D,a	5,68C,b	6,27AB,a	6,36A,a	6,30AB,b	6,27AB,b	6,18B,a
PEBDpassiva	5,44E,a	6,05D,a	6,30BC,a	6,45A,a	6,42AB,a	6,47A,a	6,23C,a
PEBDativa	5,44E,a	5,78D,b	6,19C,a	6,37AB,a	6,30ABC,b	6,43A,a	6,28BC,a

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Tabela 25. Médias dos valores de Acidez titulável

Temperatura (°C)	Tempo (dias)						
	0	4	7	9	11	14	16
5	0,91A,a	0,55B,a	0,47CD,a	0,47,CDa	0,44DE,a	0,40E,b	0,49C,a
CS	0,80A,b	0,54B,a	0,47C,a	0,44C,a	0,39D,b	0,45C,a	0,32E,b
Embalagem							
PVC	0,91A,a	0,63B,a	0,51C,a	0,50C,a	0,44D,a	0,46CD,a	0,50C,a
PEBDpassiva	0,91A,a	0,49BC,b	0,43B,b	0,43D,a	0,39CD,b	0,37D,b	0,49D,a
PEBDativa	0,74A,b	0,53B,b	0,48BC,a	0,45C,ab	0,42C,ab	0,44C,a	0,23D,b

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

CS - comercialização simulada

Temperatura (°C)	Embalagem		
	PVC	PEBDpassiva	PEBDativa
5	0,58A,a	0,48C,b	0,54B,a
CS	0,55A,b	0,52B,a	0,40C,b

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

CS - comercialização simulada

Tabela 26. Médias dos valores de Sólidos solúveis

Embalagem	Tempo (dias)						
	0	4	7	9	11	14	16
PVC	4,25 ^A ,a	3,71BC,a	3,83BC,a	3,71BC,a	3,96AB,a	3,75BC,a	3,63C,a
PEBDpassiva	4,25 ^A ,a	3,67BC,a	3,83B,a	3,29D,b	3,58BCD,b	3,38CD,b	3,29D,b
PEBDativa	4,25 ^A ,a	3,79B,a	3,75BC,a	3,46C,b	3,67BC,b	3,67BC,a	3,49C,ab

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de T

ANEXO 4 - Dados experimentais e análise de variância da Análise Sensorial em repolho minimamente processado – Etapa III

Tabela 27. Análise de variância dos atributos: Escurecimento, Murchamento, Aparência geral e Aroma “passado”.

Causas da variação	GL	QM e F			
		Escurecimento	Murchamento	Aparência geral	Aroma passado
Temperatura	1	0,037	0,63	9,44	0,30
Embalagem	2	0,037	5,07	14,68	0,58
Tempo	6	0,037	10,16	81,66	10,33
Temperatura x Embalagem	2	0,037	5,51	25,10	1,51
Temperatura x Tempo	6	0,037	4,19	16,65	0,36
Embalagem x Tempo	12	0,037	0,80	5,41	0,47
Temp. x Embal. x Tempo	12	0,037	4,93	14,79	0,42
F Temperatura		3,98*	0,20ns	2,20ns	0,18ns
F Embalagem		3,98*	1,59n	3,42*	0,35ns
F Tempo		3,98**	3,18**	19,00**	6,12**
F Temperatura x Embalagem		3,98*	1,73ns	5,84**	0,90ns
F Temperatura x Tempo		3,98**	1,31ns	3,87**	0,21ns
F Embalagem x Tempo		3,98**	0,25ns	1,26ns	0,28ns
F Temp. x Embal. x Tempo		3,98**	1,55ns	3,44**	0,25ns
Tratamento	41	0,0371	4,31	22,47	1,94
Resíduo	504	0,0093	3,19	4,30	1,69
Média Geral		0,008	1,42	6,82	0,63
Desvio padrão		0,097	1,79	2,07	1,30
Coeficiente de variação (%)		1170,73	125,85	30,41	205,25

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns - não significativo

Tabela 28. Médias das notas para o Escurecimento

Temperatura (°C)	Tempo (dias)						
	0	4	7	9	11	14	16
5	0,1154A,a	0,0B,a	0,0B,a	0,0B,a	0,0B,a	0,0B,a	0,0B,a
CS	0,0A,b	0,0A,a	0,0A,a	0,0A,a	0,0A,a	0,0A,a	0,0A,a
Embalagem							
PVC	0,1731A,a	0,0B,a	0,0B,a	0,0B,a	0,0B,a	0,0B,a	0,0B,a
PEBDpassiva	0,0A,b	0,0A,a	0,0A,a	0,0A,a	0,0A,a	0,0A,a	0,0A,a
PEBDativa	0,0A,b	0,0A,a	0,0A,a	0,0A,a	0,0A,a	0,0A,a	0,0A,a

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

CS - comercialização simulada

Temperatura (°C)	Embalagem		
	PVC	PEBDpassiva	PEBDativa
5	0,050A,a	0,000B,a	0,000B,a
CS	0,050A,b	0,000A,a	0,000A,a

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 5% pelo teste de Tukey

CS - comercialização simulada

Tabela 29. Médias das notas para a Aparência geral

Temperatura (°C)	Tempo (dias)						
	0	4	7	9	11	14	16
5	8,42A,a	7,54AB,a	7,14AB,a	6,98B,a	6,32B,a	4,04C,b	6,34B,a
CS	8,42A,a	7,62AB,a	6,86B,a	6,27B,a	6,66B,a	6,24B,a	6,55B,a

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

CS - comercialização simulada

Temperatura (°C)	Embalagem		
	PVC	PEBDpassiva	PEBDativa
5	6,79A,a	6,65A,b	6,62A,b
CS	6,19B,a	7,33A,a	7,32A,a

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si no nível de 1% pelo teste de Tukey

CS - comercialização simulada