

ROBSON MAIA GERALDINE

**PARÂMETROS TECNOLÓGICOS PARA O
PROCESSAMENTO MÍNIMO DE ALHO (*Allium sativum* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos para obtenção do título de “Magister Scientiae”

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
DEZEMBRO - 2000**

À Deus.

À meus Pais e Irmãos.

À meus Familiares.

À minha Namorada e a meu Filho.

Com muito amor e carinho, dedico.

AGRADECIMENTO

À Universidade federal de Viçosa e ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, pelo curso.

À FAPEMIG, pelo suporte financeiro.

À COOPADAP, pela doação da matéria prima.

À Prof^a Nilda F de Fátima Soares, pela orientação, pelos ensinamentos e pela amizade, marcados especialmente pelo significativo exemplo de profissionalismo.

Ao Prof. Rolf Puschmann, pelo aconselhamento e incentivo, durante a execução dos experimentos, e pela oportunidade de integrar a equipe multidisciplinar de estudos sob sua coordenação.

À todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pelos cursos ministrados.

À equipe do Laboratório de Fisiologia Pós-colheita, pela ajuda e pelos relatos de experiência que asseguram a consistência de pesquisa conduzida.

Aos meus amigos por tornarem a vida mais prazerosa durante o curso.

A todos que contribuíram para o êxito deste trabalho.

BIOGRAFIA

ROBSON MAIA GERALDINE, filho de Alaerson Gomes Geraldine e Arlinda Maia Geraldine, nasceu na cidade de Goiânia –GO, no dia 26 de fevereiro de 1976.

Ingressou no Curso de Engenharia Agrônômica em 1993, concluindo o em junho 1997.

Especializou-se em Mercados Internacionais de Produtos Agropecuários pela Ecole Superieure D’Agriculture D’Angers – França, entre setembro e dezembro de 1997.

Iniciou, em 26 de outubro de 1998, o curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, defendendo tese em 22 de dezembro de 2000. No ano seguinte, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como Doutorando.

CONTEÚDO

EXTRATO.....	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO.....	9

CAPITULO 1

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS DO ALHO DURANTE O ARMAZENAMENTO E EFEITO DAS ETAPAS DE PROCESSAMENTO MÍNIMO	
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. MATERIAL E MÉTODOS	16
2.1. Caracterização da matéria prima	16
2.1.1. Armazenamento do alho intacto	16
2.1.2. Perda de massa.....	17
2.1.3. Índice visual de superação de dormência (IVD).....	17
2.2. Efeito das etapas unitárias do processamento	18
2.2.1 Tempo de centrifugação.....	18
2.2.2. Taxa respiratória	18
2.3 Análise estatística.....	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
3.1. Caracterização da matéria prima	20
3.1.1. Perda de massa.....	20
3.1.2. Superação da dormência.....	21
3.2. Efeito das operações unitárias do processamento	22
3.2.1. Tempo de centrifugação.....	22
3.2.2. Respiração dos bu	23
3.2.2.1. Resposta àtemp	23
3.2.2.2. Resposta aos dif	25
3.2.2.3. Resposta após d	26
3.2.2.4. Resposta após d	27
3.2.2.5. Resposta após d	28
4. RESUMO E CONCLUSÃO	31

**USO DE BENZOATO DE SÓDIO E DE DIFERENTES EMBALAGENS NA
CONSERVAÇÃO DE ALHO MINIMAMENTE PROCESSADO**

1. INTRODUÇÃO.....	33
2. MATERIAL E MÉTODOS	37
2.1. Material vegetal	37
2.2. Processamento mínimo.....	37
2.4. Rendimento	41
2.5. Avaliações do produto final	41
2.5.1. Taxa respiratória	41
2.5.2. Perda de massa.....	41
2.5.3. Composição gasosa.....	41
2.5.4. Cor	42
2.6. Caracterização da qualidade do produto	43
2.7. Análise estatística.....	44
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
3.1. Rendimento do alho minimamente processado.....	45
3.2. Efeito do processamento mínimo sobre a taxa respiratória dos bulbilhos	45
3.3. Alho minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens, tratado ou não com benzoato de sódio.	46
3.3.1. Massa, composição gasosa, tonalidade e saturação da cor.....	46
3.3.2. Qualidade aparente do alho minimamente processado.....	54
3.4. Alho minimamente processado acondicionados em bandejas de PS envolvidas com filme PVC ou PEBD.....	56
3.4.1. Massa, composição gasosa, tonalidade e saturação da cor	56
3.4.2. Qualidade aparente do alho minimamente processado.....	61
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	63

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DO pH NA
MICROBIOTA DO ALHO MINIMAMENTE PROCESSADO**

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DO pH NA
MICROBIOTA DO ALHO MINIMAMENTE PROCESSADO**

1. INTRODUÇÃO.....	65
2. MATERIAL E MÉTODOS	68
2.1. Material vegetal	68
2.2. Processamento mínimo.....	68
2.3. Massa, composição gasosa, cor.....	70

2.4. Análise do pH	70
2.5. Análise microbiológica.....	70
2.6. Análise estatística.....	71
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
3.1. Composição gasosa no interior das embalagens, massa e cor do alho minimamente processado	72
3.2. Alterações no pH do alho minimamente processado.....	76
3.3. Avaliação da microbiota contaminante no alho minimamente processado	77
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	83
CONCLUSÕES GERAIS	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86

EXTRATO

GERALDINE, ROBSON MAIA, M.S., UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA,
DEZEMBRO DE 2000. PARÂMETROS TECNOLÓGICOS PARA O
PROCESSAMENTO MÍNIMO DE ALHO (*ALLIUM SATIVUM* L.).
ORIENTADORA: NILDA JARES, CONSELHEIROS:
ROLF PUSCHMANN E JU PARREIRAS

O presente trabalho estabelece os parâmetros adequados de preparo para minimamente processado, visando oferecer ao consumi- apresente maior praticidade no uso, com características sensoriais semelhantes a do produto *in natura* e com prolongada vida de prateleira. Para tal, acompanhou-se as alterações físicas e fisiológicas dos bulbilhos *in natura* e após as etapas unitárias básicas de processamento, bem como as alterações microbiológicas do produto processado. Foram, ainda, avaliados métodos de conservação mais adequados, envolvendo conservantes, tipos de embalagem e temperatura de armazenamento, e seus efeitos sobre a qualidade visual e atividade microbiana

do produto final. As condições de armazenamento do alho *in natura* utilizadas no presente trabalho não foram adequadas para a prolongamento do estado de dormência dos bulbilhos. A centrifugação dos bulbilhos por um minuto apresentou-se como a mais adequada, entre os tempos testados, para o processamento mínimo do alho, visto a redução de 85% da umidade remanescente e ao menor estresse provocados aos bulbilhos. A taxa respiratória dos bulbilhos aumentou após as etapas unitárias de processamento mínimo, exceto após eliminação do prato basal que, pela remoção de grande parte do meristema apical, promoveu a redução da mesma. Nas condições experimentais do presente trabalho o benzoato de sódio não afetou a qualidade e a vida de prateleira do alho minimamente processado. Bandejas envolvidas com quatro camadas de filme PVC apresentaram-se como as mais adequadas, dentre as embalagens testadas, para o acondicionamento do alho minimamente processado. O armazenamento refrigerado reduziu tanto o crescimento de bolores e leveduras como o de mesófilos aeróbios. O uso de quatro camadas de filme PVC proporcionou efeito adicional considerável na inibição do desenvolvimento de fungos. A atmosfera formada dentro dessa embalagem aliada à redução da temperatura de armazenamento (10°C) proporcionou extensão da vida de prateleira do produto, por retardar o desenvolvimento de microrganismos, a perda de massa e as alterações na cor dos bulbilhos.

INTRODUÇÃO

A demanda por produtos naturais e de melhor qualidade, com maior frescor, pureza, sabor e elevado valor nutricional, tem demonstrado que o consumidor está mais exigente. Preocupado com sua saúde e com seu bem estar, este tende a avaliar melhor o custo/benefício do produto, procurando consumir alimentos mais saudáveis. Sendo o consumidor o principal foco de atenção do setor agro-industrial, é de fundamental importância acompanhar as mudanças de comportamento da população para atender ao mercado conforme suas necessidades. Neste contexto vem se desenvolvendo o setor de frutas e hortaliças minimamente processadas. Vegetais minimamente processados ou de “IV Gama”, tal como são conhecidos na França, são geralmente reconhecidos como produtos que contêm tecidos vivos ou pouco modificados em relação à condição de frescor e qualidade do produto *in natura* e que estejam prontos para o consumo. Assim, como todos vegetais frescos, os minimamente processados são boas fontes de vitaminas, minerais e fibras, sendo indispensáveis para a manutenção da saúde e oferecendo maior comodidade aos consumidores.

Nos países desenvolvidos, como Estados Unidos, França e Inglaterra, o mercado para esse tipo de produto é amplo, apresentando excelente demanda. No Brasil, a comercialização atualmente está ainda restrita aos grandes centros, mas segue a tendência da crescente busca dos consumidores

pelos produtos frescos, saudáveis e práticos, de preparo rápido e de imediato consumo. Nesse sentido, as perspectivas de crescimento do mercado são bastante promissoras.

Embora a tecnologia de processamento mínimo seja aparentemente simples, há uma série de etapas que devem ser realizadas na linha de produção para que os produtos minimamente processados apresentem o frescor esperado, mantenham seu valor nutricional e tenham uma vida de prateleira comercialmente viável. Algumas hortaliças, destacando-se couve, alface, repolho, brócolis, pimentão, mandioquinha salsa, entre outras, vêm sendo estudadas em relação ao processamento mínimo e as etapas necessárias à produção já estão praticamente determinadas. Contudo, vários outros produtos, que potencialmente podem ser processados, não foram ainda estudados em relação à produção e, ou, parâmetros fisiológicos ou pouco se sabe sobre seu processamento mínimo.

Dentre os produtos cujo processamento mínimo ainda não foi estabelecido encontra-se o alho (*Allium sativum* L.). Esta hortaliça, presente na maioria das culinárias em todo o mundo, além de dar um sabor especial aos pratos que dela fazem uso, possui propriedades terapêuticas comprovadas. Além de ajudar no combate a gripe renitente, atua contra problemas cardíacos, circulatórios, respiratórios e pode prevenir até alguns tipos de câncer (KATO, 1973).

Como condimento o alho é essencial na cozinha brasileira. Seu forte odor é o que mais o caracteriza e que talvez seja o seu único problema, principalmente no momento do descasque. A demanda atual mostra que o consumidor busca evitar este problema, procurando um produto pronto para ser usado, seja em conserva adicionada de sal, desidratado ou descascado e embalado. O mercado tende a uma maior demanda deste último, uma vez que ele mantém as características naturais do alho. Contudo, a escassez de tecnologia em seu processamento mínimo impossibilita a manutenção de tais características por um longo tempo.

O presente trabalho teve como objetivo estabelecer os parâmetros adequados de preparo para a obtenção do alho minimamente processado, visando oferecer ao consumidor um produto que apresente maior praticidade no uso, com características sensoriais semelhantes a do produto *in natura* e

com prolongada vida de prateleira. Para tal, acompanhou-se as alterações físicas e fisiológicas dos bulbilhos *in natura* e após as etapas unitárias básicas de processamento, bem como as alterações microbiológicas do produto processado. Foram, ainda, avaliados métodos de conservação mais adequados, envolvendo conservantes, tipos de embalagem e temperatura de armazenamento, e seus efeitos sobre a qualidade visual e atividade microbiana do produto final.

CAPITULO 1

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS DO ALHO DURANTE O ARMAZENAMENTO E EFEITO DAS ETAPAS DE PROCESSAMENTO MÍNIMO

1. INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.), pertencente à família Liliaceae, é uma hortaliça amplamente conhecida, originária de algumas regiões montanhosas da Ásia Central (OLIVEIRA, 1991), com propagação vegetativa por multiplicação dos bulbilhos (BREWSTER, 1990).

Segundo Chun e Soh (1980), citado por FERREIRA et al. (1986), o bulbilho de alho apresenta um meristema apical com três a quatro primórdios foliares envolvidos por três folhas modificadas: a folha de brotação, a folha de armazenamento e a folha protetora. Morfologicamente é uma organização bastante simples, mas com respostas fisiológicas e bioquímicas complexas. No alho, quase toda porção utilizada como alimento é representada pela folha de reserva (MANN, 1952).

Vários fatores, tais como temperatura, umidade relativa, luminosidade, ventilação, tipo de cultivar e teor de água do bulbilho, atuam na conservação e perda de massa do alho durante o armazenamento (SATURINO, 1978). Alguns desses fatores podem, também, afetar sua dormência, estado no qual o crescimento da folha de brotação do alho é temporariamente suspenso. A dormência não pode ser definida como repouso, pois, na prática, se manifesta como um processo dinâmico de mudanças lentas, graduais e permanentes (MANN, 1952). O bulbilho, considerado uma gema vegetativa dormente, ingressa neste estado após o início do desenvolvimento das folhas de armazenamento e da folha de brotação.

Para uma adequada conservação do alho destinado ao processamento mínimo é desejável que a dormência se prolongue pelo maior tempo possível. A duração da dormência varia com a cultivar e com as condições ambientais de armazenamento. A intensidade de dormência é medida pelo IVD (Índice Visual de Superação de Dormência). Para o plantio, o alho deve apresentar IVD maior que 70% (FERREIRA, CASALI e SOARES, 1986). Entretanto, não se conhece, até o momento, a implicação deste índice sobre a qualidade e vida de prateleira do produto minimamente processado.

O comportamento dos bulbilhos de alho é similar aos bulbos de cebola com relação à fisiologia de dormência (MANN e LEWIS, 1956). A taxa de alongamento e de crescimento da folha de brotação da cebola é muito maior a 15 do que a 0°C ou a 30°C. Para o alho, a temperatura ótima para alongamento do broto é, para a maioria dos cultivares, cinco graus inferiores ao da cebola (BREWSTER, 1990). Segundo BREWSTER (1997), o armazenamento do alho a 7,5°C promove, de forma mais rápida, a perda da dormência dos bulbilhos. Temperaturas entre -1 e -3°C são consideradas ótimas para o armazenamento prolongado dos bulbilhos, evitando a quebra de dormência (TAKAGE, 1990).

Segundo RESENDE et al. (1999), nos últimos tempos, o alho tem estado mais presente na mesa do brasileiro, causando um aumento substancial no consumo deste condimento. Assim, a industrialização deste produto vem crescendo no país. Grande parte do alho processado está na forma de pasta de alho (REGINA, 1986) e/ou desidratado. Tais métodos apresentam seus inconvenientes, seja pela presença de grande concentração de sal ou pela ausência de frescor característico do produto *in natura*. A demanda atual

mostra que o consumidor busca produtos prontos para serem utilizados e que mantenham suas características naturais. O processamento mínimo do alho apresenta-se como uma ótima alternativa para atender a essa demanda.

Processamento mínimo é definido como qualquer alteração física, causada em frutos ou hortaliças, que mantém o estado fresco desses produtos (International Fresh Cut Produce Association - IFPA, 1999). A preparação desses produtos envolve várias etapas, constituídas por operações unitárias específicas. Cada uma dessas operações, tais como seleção, lavagem, classificação, corte, sanitização, centrifugação, acondicionamento e refrigeração, deve ser executada devidamente para assegurar que a qualidade do produto final, sua vida de prateleira e sua segurança alimentar sejam satisfatórias (ROLLE e CHISM, 1987; HOWARD e GRIFFIN, 1993; GORNY, 1998).

Quanto maior o grau de processamento, maior será o dano causado aos tecidos. Alguns vegetais, tais como a cenoura e a maçã, precisam ser descascados. Para isso alguns métodos, como descasque mecanizado, químico ou alta pressão de vapor d'água, são utilizados em larga escala pela indústria (WILEY, 1994; LAURILA, KERVINEN e AHVENAINEN, 1998). Segundo AHVENAINEN e HURME (1994), o descasque deve ser realizado com cautela, evitando ao máximo ferir os tecidos. Quando realizado manualmente, tanto o descasque como o corte (fatiamento ou eliminação de partes danificadas), deve ser realizado com lâminas afiadas (CANTWELL, 1992). Para remoção da água remanescente após as operações de lavagem e sanitização, o método mais utilizado, pela indústria, é a centrifugação. O tempo e a velocidade dessa operação são parâmetros importantes a serem ajustados para cada produto, uma vez que centrifugação excessiva pode causar danos às células (GORNY, 1998).

O processamento mínimo, inevitavelmente, provoca injúrias aos tecidos. As injúrias causam imediatas e subseqüentes respostas físicas (perda de água e suco celular, alteração na difusão de gases, exposição a contaminantes) e fisiológicas (produção de etileno, aumento da taxa respiratória, reações oxidativas, indução de enzimas) tanto nas regiões injuriadas, como nas adjacentes (SALTVEIT, 1998, CANTWELL, 1992). Estes aceleram a deterioração da qualidade do produto, reduzindo sua vida de

prateleira (LOPEZ OSORNIO e CHAVES, 1997; PIAGENTINI et al., 1997; PARK et al., 1998).

O controle das respostas dessas injúrias é a chave para se obter um produto processado de boa qualidade (CANTWELL, 1992). A taxa respiratória é um bom indicador da intensidade dos danos causados aos tecidos durante as operações de processamento (KANG e LEE, 1997).

O presente trabalho teve por finalidade estudar algumas alterações físicas e fisiológicas do alho *in natura*, durante seu armazenamento e a resposta respiratória dos bulbilhos após as operações unitárias consideradas básicas no processamento mínimo do alho. Com esse estudo objetivou-se encontrar subsídios para a escolha da metodologia mais adequada ao processamento mínimo do alho, auxiliando na obtenção de um produto com qualidade e maior vida de prateleira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da matéria prima

O alho (*Allium sativum* L.) utilizado como matéria prima foi doada pela COOPADAP (Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba), instalada na cidade de São Gotardo-MG. O cultivo foi conduzido nessa região, utilizando-se para o plantio bulbilhos selecionados, pertencentes ao cultivar Chonan. Colhidos no final de setembro de 1999, os bulbos foram curados naturalmente, preparados (corte das raízes e folhas), classificados, acondicionados em caixas de papelão com capacidade para 10kg e armazenados em galpão arejado.

Os bulbos utilizados no presente trabalho caracterizam-se pela presença de bulbilhos grandes e em número reduzido, revestidos por uma folha protetora de coloração ligeiramente avermelhada. Algumas características morfológicas do bulbilho estão representadas no esquema da Figura 1.

2.1.1. Armazenamento do alho intacto

Dois meses após sua colheita, 300 kg de alho (Tipo 7), acondicionados em 30 caixas de papelão, foram conduzidos à Universidade Federal de Viçosa e estocados em câmara fria, à temperatura de $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $80 \pm 5\%$. Na câmara, as caixas foram dispostas aleatoriamente, espaçadas umas

das outras 5 cm, para facilitar a circulação de ar, e empilhadas (empilhamento máximo de quatro caixas) sobre um estrado plástico, a 40 cm de altura do piso.

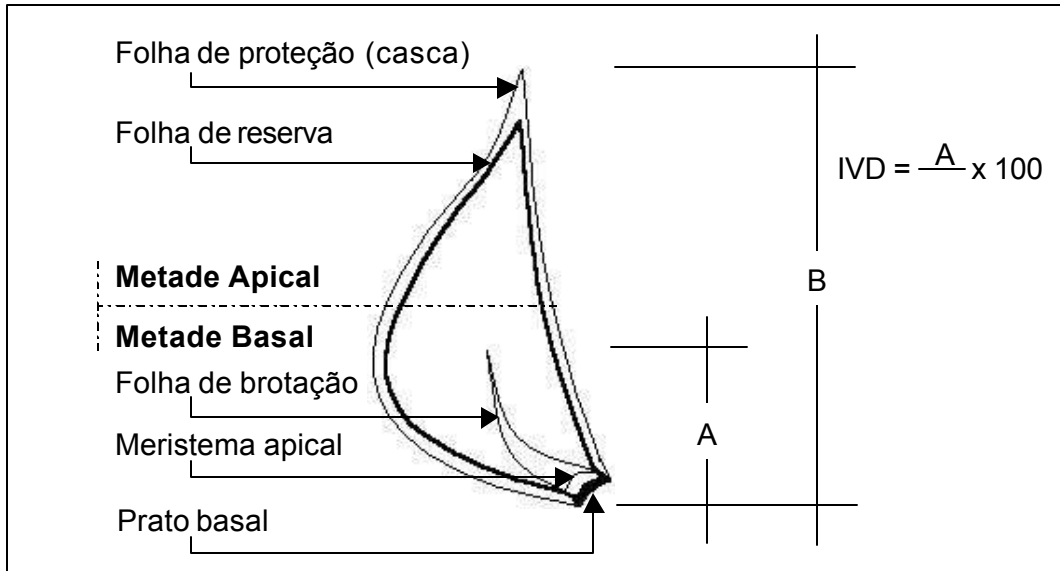


Figura 1 - Representação esquemática de um bulbilho observado em corte longitudinal para análise do índice visual de superação de dormência (IVD).

2.1.2. Perda de massa

A perda de massa do alho armazenado foi acompanhada semanalmente, de 25 de novembro de 1999 a 27 de abril de 2000. Foram enumeradas 12 caixas sobre as quais se determinou a massa durante os quatro meses. Após pesagem, as mesmas eram arranjadas na pilha de forma a ocuparem sempre posições diferentes.

2.1.3. Índice visual de superação de dormência (IVD)

O IVD dos bulbilhos foi avaliado 2, 4 e 6 meses após a colheita, conforme metodologia descrita por BURBA et al. (1982), tomando o percentual da relação entre o comprimento da folha de brotação e o comprimento do bulbilho, por meio de um paquímetro de precisão milimétrica. Para a

quantificação do IVD os bulbilhos foram cortados longitudinalmente, como ilustrado na Figura 1. Foram amostradas 18 caixas, retirando-se, ao acaso, cinco bulbos por caixa. Todos os bulbilhos de cada bulbo foram analisados.

2.2. Efeito das etapas unitárias do processamento

2.2.1 Tempo de centrifugação

Testes preliminares foram realizados com o objetivo de determinar o tempo adequado de centrifugação. Bulbilhos previamente descascados foram pesados com o auxílio de uma balança analítica (Modelo B360, IMicronal) e imersos em água à temperatura ambiente por 30 minutos. Posteriormente, procedeu-se a pesagem dos mesmos para determinação do ganho de massa. Os bulbilhos foram então centrifugados utilizando-se uma centrífuga doméstica (ARNO) de pequeno porte, com velocidade constante equivalente a $800 \times g$, durante 10 minutos, sendo a perda de massa determinada a cada minuto.

2.2.2. Taxa respiratória

A taxa respiratória dos bulbilhos foi estimada a partir da quantificação do gás carbônico, com um analisador de gás infravermelho (IRGA, modelo LCA 2), em “sistema aberto”, constituído por um tubo em acrílico (1L) acoplado a uma bomba para troca de ar. A taxa respiratória foi estimada em miligramas (mg) de CO_2 por quilograma (Kg) de material fresco por hora (h).

Os bulbilhos foram retirados da câmara fria, imediatamente debulhados e submetidos à análise de CO_2 durante três horas e meia, sendo as determinações realizadas em intervalos de 15 minutos. Simultaneamente, determinou-se a temperatura dos bulbilhos com o auxílio de um termômetro infravermelho (Infrared Thermometer, Telatemp). Foram utilizados 100g de bulbilho por análise.

A taxa respiratória dos bulbilhos, também, foi determinada após diversos tempos de centrifugação e algumas operações unitárias básicas necessárias ao seu processamento mínimo: debulha, descasque, eliminação do prato basal e centrifugação. Verificou-se, ainda, a resposta respiratória dos

bulbilhos após sua divisão em metade apical e basal e após divisões sucessivas.

Para verificar os efeitos da centrifugação, os bulbilhos foram descascados, pesados, embebidos em água por 30 minutos e, posteriormente, centrifugados durante 1, 5 e 10 minutos. Após centrifugação, a análise de CO₂ foi acompanhada por um período de cinco dias. Em cada análise foram utilizados 70g de alho.

Análises foram realizadas imediatamente após a debulha, o descasque, a eliminação do prato basal (realizados manualmente) e a centrifugação. A centrifugação foi efetuada durante 5 minutos, após imersão dos bulbilhos em água por 30 minutos, com o auxílio de uma centrífuga doméstica (ARNO) de pequeno porte, com velocidade constante equivalente a 800 x *g*. Utilizaram-se 100g de bulbilho em cada análise, exceto após centrifugação, onde se utilizaram 70g.

O efeito da divisão do bulbilho em metade apical e basal foi determinado a partir das análises de bulbilhos descascados manualmente e com o prato basal, inteiros e divididos transversalmente ao meio, como representado na Figura 1. Utilizaram-se 100g de alho na análise dos bulbilhos inteiros e 50g de alho, tanto nas análises de taxa respiratória da metade apical, quanto da metade basal.

Para avaliar o efeito das divisões sucessivas, bulbilhos descascados manualmente e sem o prato basal, inteiros e após divisão em 2, 4 e 8 partes com o auxílio de uma faca inox afiada, foram submetidos à análise de CO₂. Em cada análise utilizaram-se 100, 80, 50 e 40g de alho, respectivamente.

2.3 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições para cada tratamento. Os dados foram expressos como médias. Teste de Tukey, a 5% de probabilidade, foi aplicado para detecção de diferenças de médias entre os tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa de computação SAEG 8.0, da Central de Processamento de Dados da UFV.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização da matéria prima

3.1.1. Perda de massa

Durante os primeiros meses de armazenamento em câmara fria, a perda de massa dos bulbos foi de 0,26% por semana, com valor acumulado de aproximadamente 3,4% no final do terceiro mês (Figura 2). Estudos realizados por MÜLLER (1982) sobre a conservação do alho Chonan em galpão arejado (17°C e 80% UR), indicaram que a perda de massa nesse mesmo período foi de aproximadamente 5,1%, maior que o verificado no presente trabalho. Assim, o armazenamento refrigerado ($2\pm 1^\circ\text{C}$ e UR \cong 80%) nesses três primeiros meses reduziu a perda de massa dos bulbos.

Nos dois últimos meses de armazenamento observou-se um aumento na perda de massa dos bulbos, chegando a 0,94% na última semana (Figura 2). Nesse último período, verificou-se uma redução de massa, aproximadamente, duas vezes maior que aquela apresentada até o terceiro mês sob refrigeração, observando-se perda de massa acumulada em torno de 9,6% em relação à massa inicial. Esse comportamento, provavelmente, ocorreu devido a alguns fatores, como: perda de água por evaporação; perda da dormência dos bulbilhos, que possivelmente intensificou sua respiração, promovendo a liberação de maior quantidade de CO₂ e água (AMORIM, 1985)

e ao desenvolvimento de fungos deterioradores, observados sobre a maioria dos bulbos, acelerando sua redução de massa pela degradação do produto.

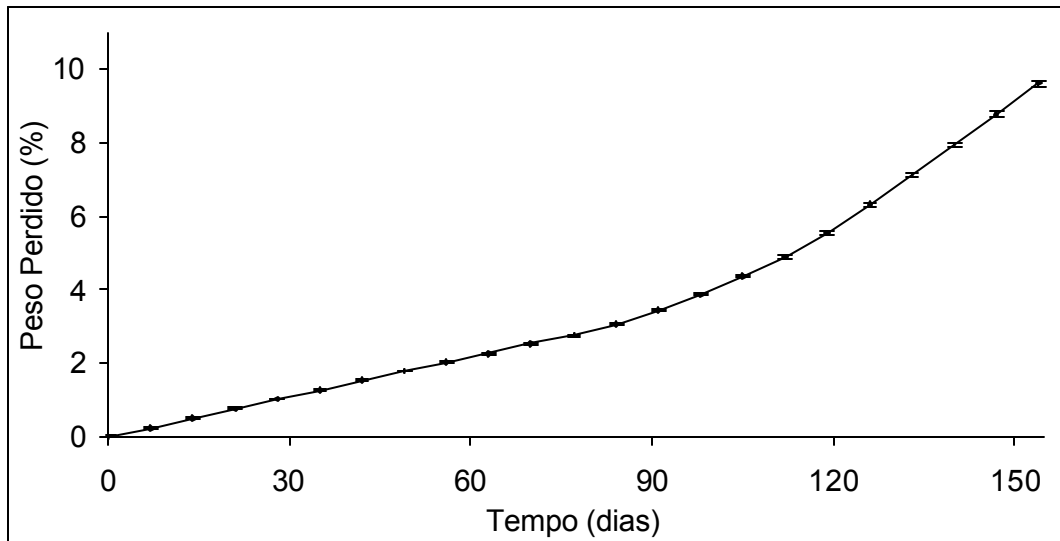


Figura 2 - Porcentagem de massa perdida dos bulbos colhidos em setembro, durante o período de armazenamento em câmara fria a $2 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR. As barras representam o erro padrão da média.

3.1.2. Superação da dormência

Observou-se um acréscimo nos valores de IVD (Índice Visual de Superação de Dormência) dos bulbos em relação ao tempo de armazenamento (Figura 3), como verificado, também, por BURBA (1983) e MÜLLER (1984) em “Chonan” e por MANN & MINGES (1958) em “Califórnia Tardio”. Antes do armazenamento, mais da metade dos bulbilhos apresentavam IVD entre 20 e 40%. No segundo mês em câmara fria, aproximadamente, 55% dos bulbilhos avaliados apresentaram IVD igual ou superior a 40%. No quarto mês de armazenamento, praticamente todos os bulbilhos apresentaram 100% de IVD. Os resultados de superação de dormência dos bulbilhos armazenados sob refrigeração são semelhantes aos obtidos por MÜLLER (1982), indicando que a temperatura de $2 \pm 1^\circ\text{C}$, durante o armazenamento, não foi suficiente para retardar o desenvolvimento da folha de emergência dos bulbilhos.

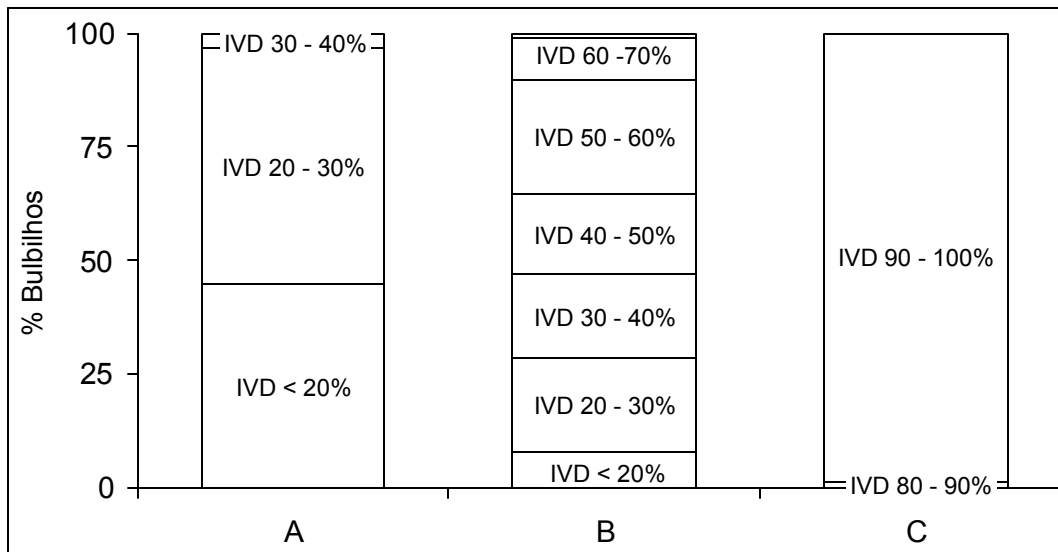


Figura 3 - Índice Visual de Superação de Dormência (IVD) dos bulbilhos após dois meses armazenados em galpão arejado (A), seguidos de armazenamento em câmara fria ($2 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\%\text{UR}$) por dois (B) e quatro (C) meses.

Segundo SILVA (1984) e BURBA (1983), em estudos conduzidos em Viçosa com cultivares Peruano e Chonan, respectivamente, pode-se manter o IVD em torno de 30% até o quinto mês após a colheita, desde que os bulbos sejam armazenados em galpão arejado.

3.2. Efeito das operações unitárias do processamento

3.2.1. Tempo de centrifugação

Verificou-se que com aproximadamente cinco minutos de centrifugação toda a umidade absorvida e, ou, aderida à superfície dos bulbilhos, durante os 30 minutos de imersão em água ambiente, foi eliminada (Figura 4).

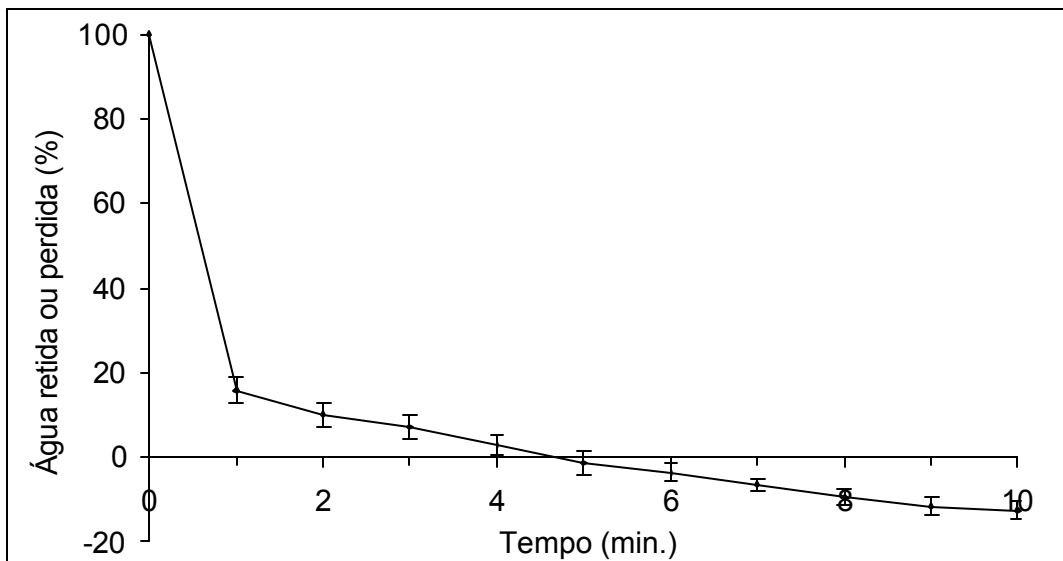


Figura 4 - Proporção de água retida ou perdida nos bulbilhos descascados manualmente, imersos em água por 30 minutos, após tempos crescentes de centrifugação. As barras representam o erro padrão da média.

Após os cinco minutos de centrifugação os bulbilhos começaram a perder água de constituição, promovendo seu ressecamento, característica indesejável aos vegetais minimamente processados. Observou-se, também, que após um minuto de centrifugação os bulbilhos haviam perdido 85% da umidade adquirida durante a imersão em água (Figura 4). Acredita-se que, nesse tempo, praticamente todo exsudado celular e umidade residual localizados na superfície do produto, que pode estimular o crescimento de fungos e bactérias (WILLEY, 1994), tenham sido eliminados, indicando que um minuto pode ser aplicado como tempo suficiente de centrifugação do alho minimamente processado.

3.2.2. Respiração dos bulbilhos

3.2.2.1. Resposta à temperatura ambiente após retirada da câmara fria

A medida em que a temperatura do bulbilho aumentou, verificou-se o acréscimo de sua taxa respiratória (Figura 5). A temperatura de armazenamento demonstrou, portanto, ter efeito sobre a taxa respiratória dos

bulbilhos *in natura*, como verificado, também, em vários frutos por AWAD (1993). Contudo, a velocidade de elevação da taxa respiratória dos bulbilhos foi, inicialmente, menor que a velocidade de ganho de temperatura do produto exposto ao ambiente. Segundo AMORIM (1985), esse comportamento deve-se a difusão O_2 e CO_2 através das membranas que não aumenta na mesma proporção que a velocidade das reações bioquímicas.

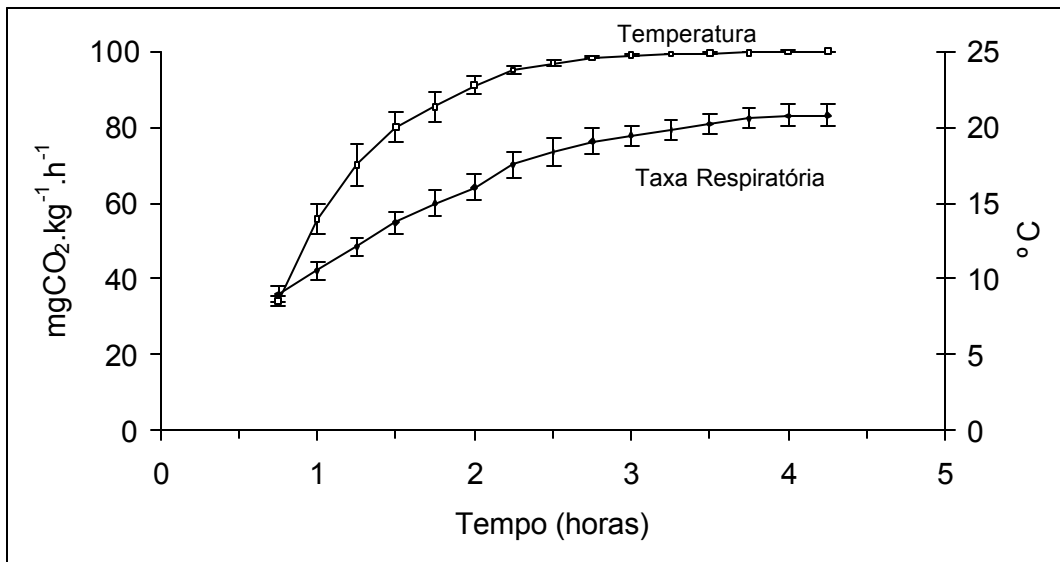


Figura 5 - Curso da temperatura e da taxa respiratória dos bulbilhos retirados da câmara fria ($2 \pm 1^{\circ}C$ e $80 \pm 5\%UR$) e transferidos para o ambiente ($25^{\circ}C$ e $50\% UR$). As barras representam o erro padrão da média.

A temperatura do produto entrou em equilíbrio com a temperatura ambiente ($25^{\circ}C$), aproximadamente, duas horas após retirada da câmara fria. Contudo, a taxa respiratória continuou aumentando, estabilizando somente após quatro horas à temperatura ambiente, com valores em torno de $80 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ (Figura 5). Este valor apresentou-se intermediário aos encontrados por SIDDQUI, et al. (1996) no estudo dos cultivares de alho G-41 ($133 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), G-1 ($115 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), Aru ($90 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), HG-1 ($65 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) e HG-6 ($58 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$).

3.2.2.2. Resposta aos diferentes tempos de centrifugação

A taxa respiratória dos bulbilhos, que antes da centrifugação encontrava-se entre 70 e 80 $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$, aumentou após os tempos de centrifugação avaliados (1, 5 e 10 min.), apresentando respostas diferenciadas já na primeira determinação (15 minutos após centrifugação). Com um minuto de centrifugação, a taxa respiratória média elevou-se para cerca de 110 $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ (Figura 6).

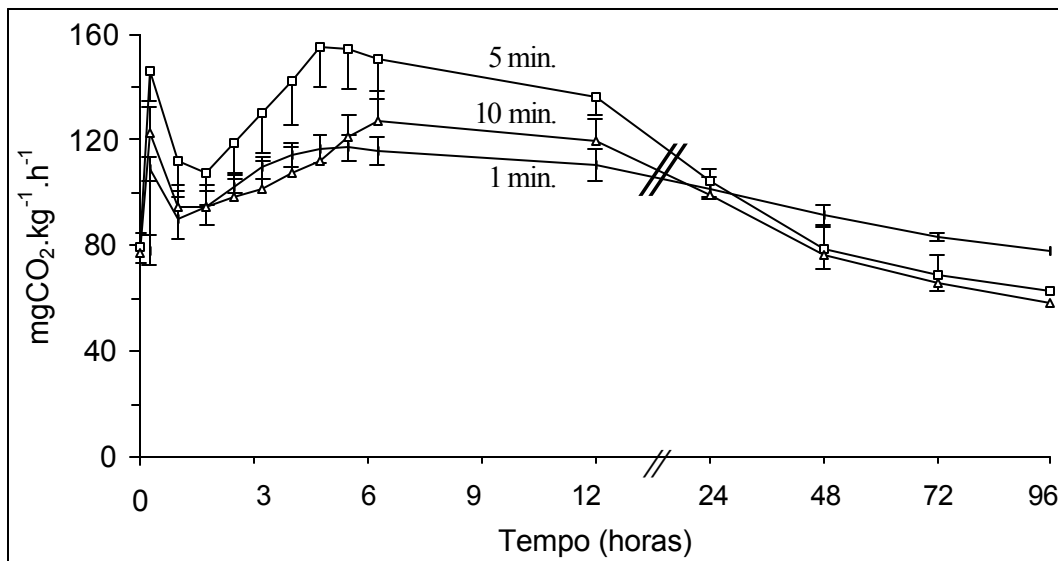


Figura 6 - Taxa respiratória dos bulbilhos descascados manualmente, cortados para eliminação do prato basal e imersos em água ambiente por 30 minutos, após 1, 5 e 10 minutos de centrifugação. As barras representam o erro padrão da média.

O tempo de cinco minutos de centrifugação promoveu um maior aumento da taxa respiratória dos bulbilhos, atingindo média em torno de 146 $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ (Figura 6). A maior taxa respiratória inicial esperada nos bulbilhos centrifugados por 10 minutos em relação aos demais tempos de centrifugação não foi observada, atingindo um valor intermediário na ordem de 123 $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$.

Ao longo do tempo, a taxa respiratória dos bulbilhos submetidos aos três tempos de centrifugação apresentou, em alguns períodos, comportamento

semelhante, porém, com diferente intensidade. Observou-se que após elevação inicial, a taxa respiratória dos bulbilhos decresceu durante os primeiros 60 minutos de análise (Figura 6). Sugere-se que esse comportamento deva-se a uma resposta homeostática ou de compensação energética ao estresse (ROMANI, 1984) provocado, principalmente, pela pressão exercida sobre os bulbilhos durante a centrifugação. Segundo ROMANI (1987), o estresse não necessariamente está na forma de injúria, podendo apresentar-se tão somente como qualquer perturbação do equilíbrio que a célula esforça-se para compensar.

Após a primeira hora de análise observou-se o aumento progressivo na respiração dos bulbilhos até, aproximadamente, a sexta hora, quando novamente decresceu. Segundo ABE e WATADA (1991), quando tecidos vegetais sofrem injúrias ou passam por estresse a produção de etileno pode ser induzida ou estimulada rapidamente. Sugere-se, portanto, que o aumento na taxa respiratória dos bulbilhos após as etapas de descasque, corte do prato basal e, principalmente, centrifugação, tenha sido induzida pela produção de etileno. O maior pico respiratório foi observado na centrifugação por 5 minutos, atingindo média em torno de $156 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$, contra cerca de 117 e 127 $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ com 1 e 10 minutos de centrifugação, respectivamente (Figura 6).

A maior taxa respiratória observada após 96 horas de análise nos bulbilhos centrifugados por um minuto se deve, provavelmente, ao fato dos tecidos terem passado por menor estresse durante a centrifugação.

3.2.2.3. Resposta após diferentes operações unitárias de processamento

As etapas unitárias envolvidas no processamento mínimo do alho afetaram diferencialmente a taxa respiratória dos bulbilhos (Figura 7). O descasque manual, retirada da casca ou da folha externa e seca que envolve os bulbilhos, provocou um ligeiro aumento na respiração ($84 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) em relação aos bulbilhos somente debulhados ($74 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$). Esses resultados indicam que a casca age como uma barreira, regulando o fluxo de oxigênio e CO_2 (MILLER & KROCHTA, 1997), reduzindo, conseqüentemente, a taxa respiratória dos bulbilhos.

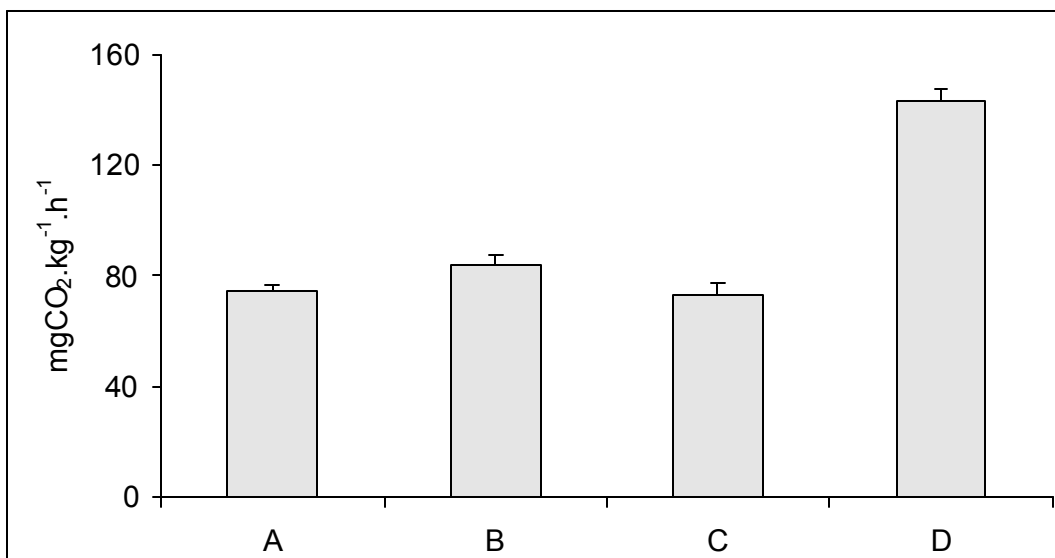


Figura 7 - Taxa respiratória dos bulbilhos após etapas seqüenciais de debulha (A), descasque manual (B), eliminação do prato basal (C) e centrifugação por 5 minutos, depois de imersão em água por 30 minutos (D). As barras representam o erro padrão da média.

O corte para eliminação do prato basal reduziu a taxa respiratória dos bulbilhos em relação aos descascados (Figura 7). Tendo em vista a injúria provocada ao bulbilho, esperava-se que o corte aumentasse sua respiração em relação ao produto intacto, como observado por WATADA (1996) em várias frutas e hortaliças. Contudo, a redução da respiração possivelmente tenha sido provocada pela eliminação de grande parte do meristema apical, porção fisiológica e bioquimicamente mais ativa do bulbilho, com a remoção do prato basal.

A centrifugação, como apresentada anteriormente, provocou aumento na respiração dos bulbilhos, que apresentaram taxa respiratória em torno de 143 mgCO₂kg⁻¹h⁻¹, aproximadamente o dobro do valor médio observado nos bulbilhos somente debulhados.

3.2.2.4. Resposta após divisão do bulbilho em metade apical e basal

Analisadas separadamente, as metades basal e apical, obtidas pela divisão transversal do bulbilho, responderam de forma diferenciada à injúria causada pelo corte (Figura 8).

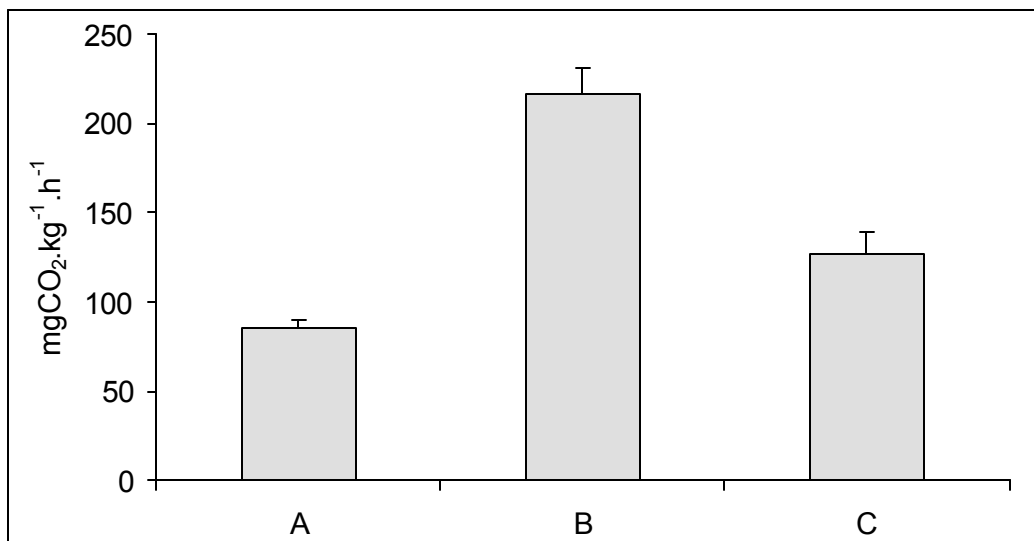


Figura 8 - Taxa respiratória dos bulbilhos inteiros (A), após descasque manual, e divididos em parte basal (B) e apical (C). As barras representam o erro padrão da média.

A taxa respiratória média observada nos bulbilhos descascados e inteiros ($85 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) aumentou tanto na metade basal como na apical (Figura 8). Contudo, na metade basal a taxa respiratória média foi maior ($217 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) que a verificada na apical ($128 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$). Essa resposta diferenciada na respiração pode ser explicada considerando a anatomia do bulbilho, que apresenta em sua base, junto ao prato basal, o meristema apical (Chun e Soh, 1980; citado por FERREIRA et al., 1986) região mais ativa do bulbilho. Portanto, o corte tem efeito adicional na taxa respiratória da parte basal, que normalmente respira mais que a parte apical. Provavelmente, o estresse e a injúria provocados pelo corte intensificaram as atividades fisiológicas e bioquímicas da região meristemática presente no ápice caulinar, provocando um aumento na respiração.

3.2.2.5. Resposta após divisões sucessivas

Observou-se que quanto mais intenso o fatiamento maior foi a resposta respiratória dos bulbilhos (Figura 9). A taxa respiratória dos bulbilhos divididos ao meio foi, aproximadamente, duas vezes maior ($164 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) àquela

observada nos bulbilhos inteiros ($76 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$). Efeito semelhante foi verificado nos bulbilhos divididos em quatro partes, com uma taxa média de $276 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$, isto é, aproximadamente, quatro vezes superior à inicial. A resposta ao aumento da taxa respiratória nos bulbilhos divididos em oito partes não obedeceu às proporções observadas anteriormente, atingindo um valor médio de $354 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$.

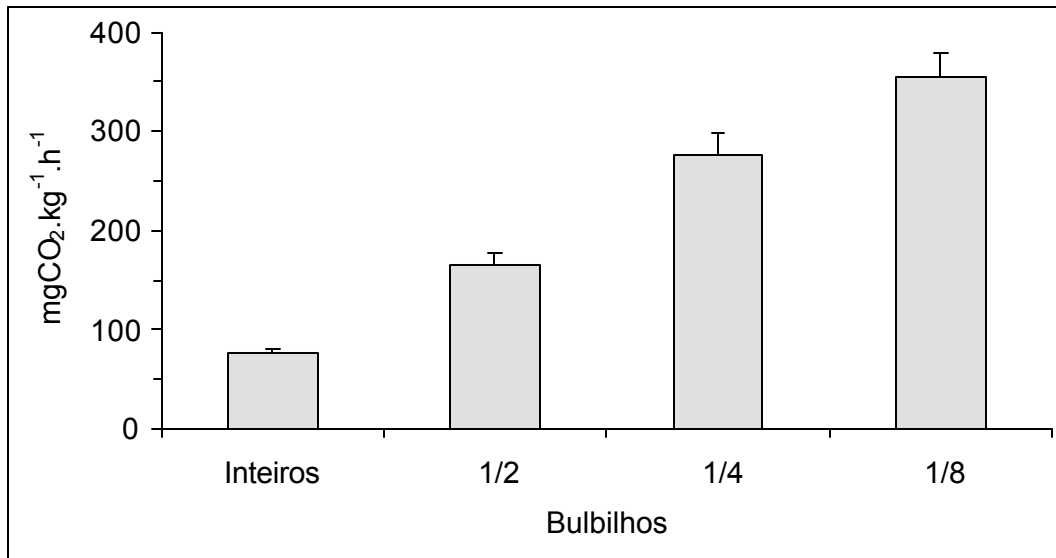


Figura 9 - Taxa respiratória dos bulbilhos inteiros, após descasque manual e eliminação do prato basal, e divididos transversalmente em 2, 4 e 8 partes. As barras representam o erro padrão da média.

Segundo ROLLE e CHISM (1987), as respostas hormonais e bioquímicas provocadas pelo corte promovem o aumento da taxa respiratória. Em repolho fatiado, armazenado a 10°C , a respiração foi três vezes maior que no produto intacto (CANTWELL, 1992). O efeito do corte na elevação da taxa respiratória de vegetais como alface, cebola, rabanete, aipo e chicória, também foi observado por PRIEPKE et al. (1976). ARTÉS et al. (1999) verificaram que em tomates fatiados e armazenados a 10°C o aumento na respiração em relação ao fruto intacto ocorreu somente após o segundo dia de armazenamento.

Assim, fatiar o bulbilho aumenta muito sua atividade fisiológica e bioquímica em relação ao apenas descascado, exigindo, portanto, cuidados especiais, tal como redução da temperatura, para retardar sua senescência.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por finalidade estudar algumas alterações físicas e fisiológicas do alho *in natura*, durante seu armazenamento e a resposta respiratória dos bulbilhos após as operações unitárias consideradas básicas no processamento mínimo do alho. Os resultados apresentados nesse estudo forneceram subsídios na escolha da metodologia mais adequada ao processamento mínimo do alho.

O acompanhamento da perda de massa do alho durante o tempo de armazenamento em câmara fria mostrou que durante os três primeiros meses houve perda de massa dos bulbos. Contudo, nos últimos dois meses de análises observou-se o acréscimo na perda de massa dos bulbos, provocada pela superação da dormência e pelo crescimento de fungos.

O índice visual de superação de dormência dos bulbilhos aumentou durante o período de armazenamento, atingindo 100% já no sexto mês após a colheita. Os resultados indicam que as condições de armazenamento utilizadas no presente trabalho não são adequadas para o prolongamento do estado de dormência dos bulbilhos.

Na análise da taxa respiratória do alho, logo após sua retirada da câmara fria, verificou-se que o aumento na respiração dos bulbilhos ocorreu na medida em que a temperatura se elevou. Esse resultado mostra que a temperatura é um importante fator a ser controlado para se manter, por maior tempo, as características do produto *in natura*.

Verificou-se que nas condições experimentais em aproximadamente cinco minutos de centrifugação toda umidade absorvida e, ou, aderida à superfície dos bulbilhos, durante a imersão em água, foi eliminada. Já na centrifugação por um minuto a quantidade de umidade superficial e absorvida pelos bulbilhos foi reduzida em aproximadamente 85%.

A variação da resposta respiratória foi menor nos bulbilhos submetidos a um minuto de centrifugação, sugerindo que estes sofreram menor estresse em relação àqueles centrifugados por 5 e 10 minutos. Assim, entre os tempos de centrifugação testados, um minuto apresenta-se como o mais adequado para o processamento mínimo do alho.

As etapas unitárias de processamento mínimo aumentaram a taxa respiratória dos bulbilhos, exceto pela eliminação do prato basal, promovendo a redução da mesma.

Pela análise das metades basal e apical, separadamente, concluiu-se que o meristema apical foi responsável pela maior taxa respiratória observada na análise da metade basal dos bulbilhos.

Verificou-se, ainda, que quanto maior o número de cortes, ou seja, quanto maior a injúria causada ao bulbilho, maior foi sua resposta respiratória.

CAPÍTULO 2

USO DE BENZOATO DE SÓDIO E DE DIFERENTES EMBALAGENS NA CONSERVAÇÃO DE ALHO MINIMAMENTE PROCESSADO

1. INTRODUÇÃO

Os vegetais minimamente processados podem ser produzidos para consumo imediato ou após algum tempo de armazenamento. A demanda natural desses produtos requer que eles sejam visualmente aceitáveis e atrativos. Basicamente, devem apresentar frescor característico do produto *in natura*, mostrar qualidade consistente através da embalagem e estar razoavelmente livre de defeitos (CANTWELL, 1992).

Quando se deseja estender a vida de prateleira dos produtos minimamente processados por alguns dias ou semanas, métodos mais avançados de processamento e conservação são necessários. A conservação desses produtos pode ser realizada combinando-se metodologias de processamento adequadas com tratamentos preventivos (AHVENAINEN, 1996), como o uso de conservantes e de embalagens apropriadas.

Os conservantes são substâncias que impedem ou retardam as alterações dos alimentos provocadas por microrganismos ou enzimas. Nas concentrações empregadas na prática, a maioria dos conservantes utilizados não são letais para os microrganismos, tendo somente uma ação inibitória. O benzoato de sódio é largamente empregado como antimicrobiano em alimentos processados, sendo considerado como um dos mais ativos conservantes na inibição do crescimento de leveduras e bactérias (SIMÃO, 1989). Na conservação de alimentos como peixes, sucos, compotas e outros produtos similares, o benzoato de sódio e seus derivados são utilizados em doses de 0,1% (MULTON, 1984).

Alguns órgãos vegetais estão envoltos por uma embalagem natural (casca) que age como uma barreira, regulando o transporte de oxigênio, dióxido de carbono, umidade e, também, reduzindo a perda de sabor e odor do produto (MILLER e KROCHTA, 1997). Durante o processamento mínimo essa embalagem natural é removida e sua reposição ou substituição por embalagens produzidas industrialmente se torna essencial para que o produto não pereça imediatamente.

Filmes poliméricos vêm sendo utilizados, há anos, com o objetivo de minimizar a perda de água e reduzir a taxa de respiratória dos produtos. Recentemente, esses filmes estão sendo utilizados no acondicionamento de vegetais minimamente processados, na tentativa de manter a qualidade do produto e, ao mesmo tempo, aumentar sua vida de prateleira (MYERS, 1989; SCHLIMME e ROONEY, 1994).

O tipo de embalagem a ser utilizada para armazenamento de produtos minimamente processados depende de vários fatores, como por exemplo, a permeabilidade dessa aos gases, o tipo de produto e sua taxa respiratória, a temperatura de armazenamento, dentre outras (SCHLIMME e ROONEY, 1994). Poli(cloreto de vinila) (PVC), utilizado como filme envoltório e polietileno (PE), utilizado como saco, são os filmes mais usados no acondicionamento de produtos minimamente processados (CANTWELL, 1992).

As embalagens devem se apresentar como uma barreira que impeça ou dificulte o contato entre o ambiente externo e o produto em seu interior (GARCIA, 1989), agindo como um veículo protetor, que minimiza a perda de água do produto, reduz sua taxa respiratória durante o armazenamento e

facilita o seu transporte e distribuição (SCHLIMME e ROONEY, 1994). Atualmente, estão disponíveis no mercado inúmeras opções de embalagens plásticas flexíveis, semi-rígidas e rígidas, com diferentes características de barreira para atender as novas exigências do mercado. Além de custo reduzido, essas embalagens são adequadas às atuais condições de distribuição e comercialização, apresentando, ainda, características que permitem a implantação de novas técnicas de preservação dos alimentos (GARCIA, 1989), como a atmosfera modificada.

A modificação da atmosfera pode ser realizada de forma passiva ou ativa. O propósito de ambos os métodos é criar um adequado balanço de gases dentro da embalagem, reduzindo a taxa respiratória do produto (AHVENAINEN, 1996). Na modificação ativa procede-se a injeção de mistura de gases em proporção desejada ou realiza-se vácuo parcial a fim de trazer a concentração de gases no interior da embalagem a condições adequadas para o produto acondicionado, durante o período de armazenamento. Na forma passiva, a própria respiração dos vegetais minimamente processados modifica a atmosfera dentro da embalagem (SCHLIMME e ROONEY, 1994) e o uso de filmes poliméricos, com permeabilidade apropriada aos gases, mantém um adequado equilíbrio dessa atmosfera, ajudando na conservação do produto (MOLEYAR e NARASIMHAM, 1994).

A permeabilidade do filme polimérico, bem como a taxa respiratória dos vegetais minimamente processados, é dependente da temperatura. Portanto, a temperatura em que as embalagens e os vegetais estarão expostos durante o armazenamento é fator extremamente importante para manutenção de uma atmosfera adequada ao redor do produto.

O controle da umidade dentro das embalagens também tem uma grande importância na extensão da vida útil do produto minimamente processado, sendo necessário, portanto, a seleção de filmes que exibam alta ou moderada permeabilidade ao vapor d'água. Segundo SCHLIMME e ROONEY (1994), a umidade elevada dentro das embalagens pode anular os efeitos benéficos das baixas concentrações de O_2 e altas de CO_2 .

No presente trabalho foram conduzidos experimentos no intuito de investigar o efeito do benzoato de sódio, de diferentes tipos de embalagens e

do número de camadas de filme polietileno de baixa densidade (PEBD) e PVC envolvendo as bandejas de poliestireno, na qualidade do produto final.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material vegetal

O alho foi armazenado em caixas por 3 a 4 meses sob refrigeração em câmara fria ($2 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $80 \pm 5\%$). Os bulbilhos foram retirados da câmara fria 12 horas antes do processamento e conduzidos ao Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia Vegetal, sendo mantidos em baldes à temperatura ambiente ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$) até o seu processamento. A cada processamento foram utilizados cinco quilos de alho, sendo retirados 500 g em cada uma das dez caixas selecionadas ao acaso.

2.2. Processamento mínimo

Os dois experimentos foram conduzidos utilizando-se a mesma metodologia de processamento, com exceção do tratamento com benzoato de sódio após a etapa de sanitização, realizado somente no primeiro experimento (Figura 10). Em ambos, o processamento mínimo do alho envolveu as etapas de debulha, umedecimento e centrifugação, descasque mecanizado, lavagem e seleção, corte, sanitização, centrifugação, acondicionamento e armazenamento, descritas a seguir. Todas essas etapas foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Vegetal, com exceção do descasque mecanizado, realizado na Unidade de Crescimento de Plantas.

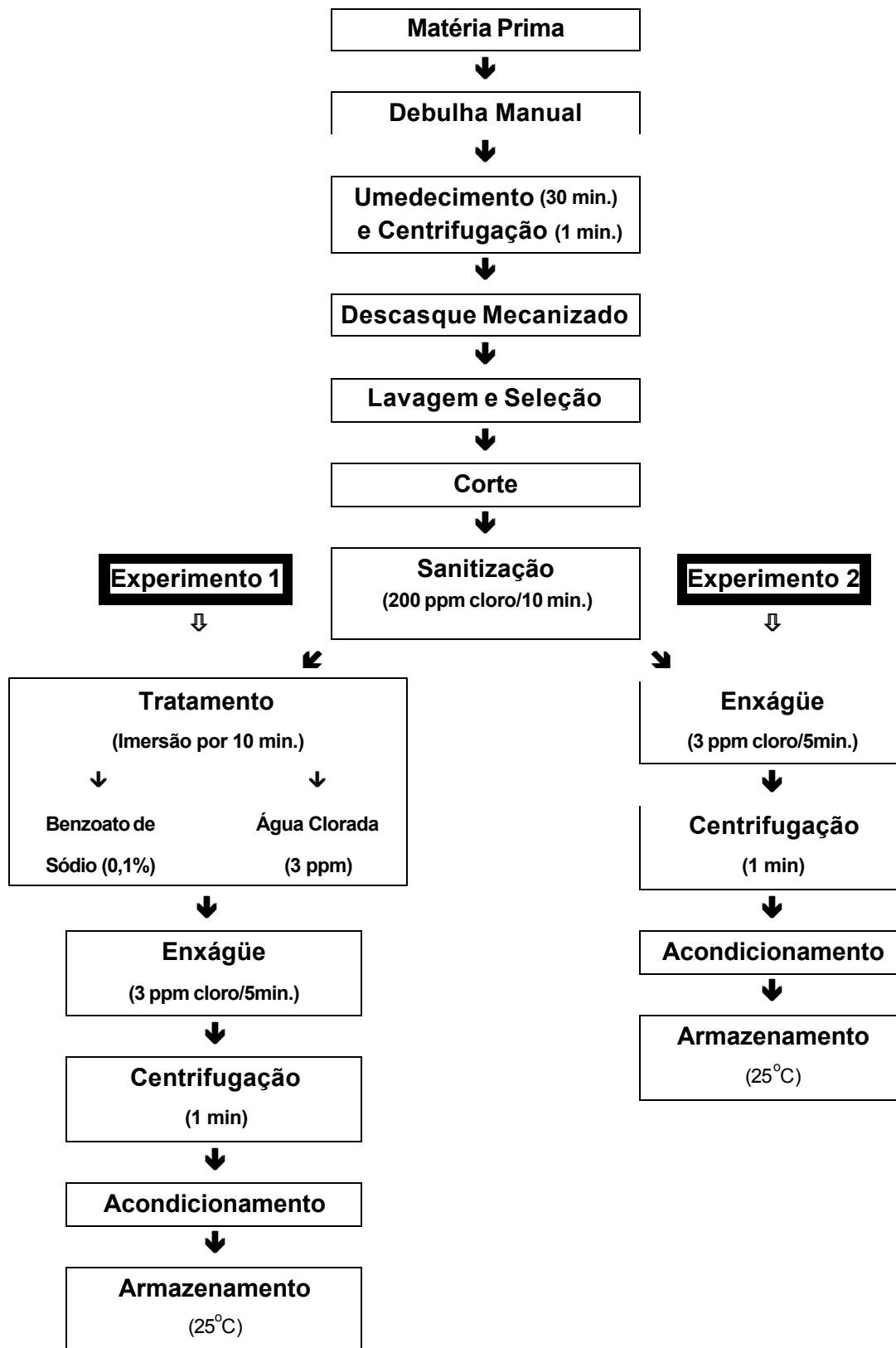


Figura 10 - Fluxograma do processamento mínimo do alho.

Debulha – os bulbos foram debulhados manualmente, retirando as folhas mais externas que envolvem os bulbilhos e separando-os uns dos outros.

Umedecimento e Centrifugação – após debulha, os bulbilhos foram imersos em água à temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) por 30 minutos e, em seguida, centrifugados por um minuto.

Descasque mecanizado – o descasque foi realizado com o auxílio de uma máquina pneumática, que retira a folha de proteção do bulbilho por meio de fluxo de ar.

Lavagem e Seleção – logo após o descasque, os bulbilhos foram lavados em água corrente, descartando-se aqueles bastante danificados e, ou, deteriorados.

Corte – essa etapa consistiu na retirada do prato basal pelo corte de, aproximadamente, 2 mm da base dos bulbilhos e eliminação das partes danificadas e, ou, deterioradas. Os bulbilhos cortados permaneceram imersos em água até o final da operação.

Sanitização – os bulbilhos foram imersos por 10 minutos em água, à temperatura ambiente, contendo 200 ppm de cloro ativo. Em seguida, foi realizado o enxágüe, por cinco minutos, em água contendo 3 ppm de cloro ativo, para retirada do excesso de sanitizante. O sanitizante utilizado tinha como princípio ativo o dicloro s. triazinatriona sódica dihidratada (produto comercial "Sumaveg", fabricado pela Gessy Lever).

Tratamento com benzoato de sódio – no primeiro experimento, imediatamente após a sanitização, os bulbilhos foram divididos em dois lotes, seguindo um para imersão em solução contendo 0,1% de Benzoato de Sódio e outro para imersão em água com 3 ppm de cloro ativo, ambos por 10 minutos.

Centrifugação – O alho processado foi centrifugado por 1 minuto, utilizando-se uma centrífuga doméstica (ARNO) de pequeno porte, com velocidade constante equivalente a $800 \times g$.

Acondicionamento

- **Primeiro Experimento:** no acondicionamento do alho minimamente processado foram utilizados quatro tipos de embalagens: poliolefina multicamada (PD900, Cryovac[®]); polietileno de baixa densidade (PEBD); bandejas de poliestireno expandido (PS) envolvidas com filme poli(cloreto de

vinila) (PVC) e poliestireno expandido (PS) sem filme envoltório, que serviu de controle.

- **Segundo Experimento:** o acondicionamento foi realizado em bandejas de PS envolvidas com filme PEBD, em camadas simples e dupla e com filme PVC, em camadas simples, dupla, tripla e quádrupla.

As características dos filmes utilizados em ambos experimentos estão apresentadas na Tabela 1.

Em cada embalagem foram colocados 200 g de alho minimamente processado. As embalagens PD900 e PEBD foram seladas a quente, com o auxílio de uma seladora comercial (modelo AP450, Tec Mac). Para envolver o filme PVC na bandeja de PS utilizou-se uma seladora comercial (modelo Embalamack 500). O filme PEBD foi aderido à bandeja com o auxílio de fita adesiva.

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas das embalagens e filmes utilizados no acondicionamento do alho minimamente processado

Tipo	Espessura (µm)	Número de Camadas	Dimensões (cm)	Permeabilidade aproximada		
				(cm ³ m ⁻² dia ⁻¹)	g.m ⁻² .dia ⁻¹	
				^a O ₂	^b CO ₂	^c H ₂ O
PD900	30	1	18 x 13	2.100	12.000	0,65
PEBD	24	1	18 x 13	4.130	17.570	25
PS	500	-	15 x 10 x 3	-	-	-
PEBD	15	1	-	8.270	37.580	30
PEBD	15	2	-	5.400	23.560	-
PVC	15	1	-	15.680	80.520	300
PVC	15	2	-	11.300	56.850	-
PVC	15	3	-	8.130	40.540	-
PVC	15	4	-	5.850	29.280	-

^a Realizada a 23°C, 1% UR e 1 atm.

^b Realizada a 23°C, a seco e 1 atm.

^c Realizada a 25°C e 75% UR.

PD900 - poliolifina multicamada.

PEBD - polietileno de baixa densidade.

PS - bandeja de poliestireno expandido.

PVC - poli(cloreto de vinila).

Armazenamento – após o acondicionamento dos bulbilhos, as embalagens foram mantidas sobre o balcão, à temperaturas ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), sendo observadas durante 10 dias, no primeiro experimento e 14 dias, no segundo experimento. Em ambos, as análises de massa, gás carbônico, oxigênio, cor e qualidade visual não tiveram caráter destrutivo, portanto, foram determinadas sobre as mesmas amostras.

2.4. Rendimento

O rendimento médio do alho minimamente processado foi calculado a partir dos dois processamentos realizados. Foram determinadas as proporções do produto final e do resíduo, estando o último representado pelas folhas de proteção, caule, prato basal e partes danificadas.

2.5. Avaliações do produto final

2.5.1. Taxa respiratória

A taxa respiratória dos bulbilhos, após processamento mínimo, foi acompanhada por seis horas, sendo determinada a cada 15 minutos, nas primeiras duas horas e, posteriormente, a cada 30 minutos. Sua determinação foi realizada em sistema aberto, como descrito no capítulo 1, utilizando-se 80g de alho por análise.

2.5.2. Perda de massa

A variação de massa do alho minimamente processado foi pesando-se as embalagens, a cada dois dias, em balança comercial (modelo MF-1, Filizola) com sensibilidade de 1g.

2.5.3. Composição gasosa

No primeiro experimento, a concentração de gases no interior das embalagens foi determinada no primeiro e no segundo dia após o

processamento e, posteriormente, a cada dois dias. No segundo experimento, as determinações foram realizadas de dois em dois dias, até um dia após o desenvolvimento de colônias visíveis de fungos. Septos de borracha foram aderidos às embalagens PD900 e PEBD, possibilitando a coleta, com auxílio de seringas, das alíquotas de gás para as análises. A coleta de gás nas bandejas foi realizada através do próprio PS e o orifício, provocado pela agulha, imediatamente vedado com silicone. Foram coletadas alíquotas de 2 e 5 mL, respectivamente, para análise de O₂ e CO₂.

A concentração de CO₂ dentro das embalagens foi determinada no IRGA (Modelo LCA-2, ADC), com o auxílio de um sistema para diluição das alíquotas antes da análise. Esse sistema constituiu-se de uma embalagem altamente impermeável a gases que, adaptada, serve como recipiente de diluição. O gás nitrogênio, utilizado para diluir a amostra, foi injetado nessa embalagem por dois minutos a 300 mL.min⁻¹, juntamente com a alíquota do gás a ser analisado. Posteriormente, essa mistura de gás foi injetada no IRGA para análise. Considerando a diluição e convertendo os resultados, dados em ppm, obteve-se a concentração de CO₂ (%) dentro das embalagens.

A concentração de oxigênio (%) foi determinada pelo analisador de oxigênio, modelo HS 750 (Mocon).

2.5.4. Cor

As alterações na coloração superficial do produto foram acompanhadas utilizando-se um colorímetro (Colortec-PCM) calibrado com a cor branca. Para cada repetição foram realizadas 10 leituras. Os parâmetros obtidos *a*, que indica a cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+) e *b*, que indica a cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+), foram utilizados para cálculo do ângulo Theta (Ø) e do vetor Cromo, de acordo com FRANCIS (1998):

$$\text{Ø} = \text{tg}^{-1} b/a$$

$$\text{Croma} = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

Foram realizados cortes transversais a fresco da região mediana dos bulbilhos com o objetivo de localizar possíveis pigmentos. As observações foram feitas em microscópio DOCUVAL (Carl Zeiss Jena), sendo a documentação fotográfica realizada em microscópio OLIMPUS (modelo AX-70) com sistema U-Photo.

2.6. Caracterização da qualidade do produto

A qualidade do alho minimamente processado foi avaliada durante a condução de ambos os experimentos. Parâmetros de qualidade foram estabelecidos, mediante resultados preliminares, pela observação das principais alterações do produto ao longo de sua vida de prateleira. Uma vez estabelecidos, os parâmetros foram submetidos à avaliação, a nível laboratorial, por 30 julgadores que foram perguntados quanto à importância das alterações na aceitação do alho minimamente processado. Posteriormente, cada parâmetro recebeu um escore (Tabela 2). O somatório desses valores representou a qualidade aparente do produto, possibilitando sua caracterização em comercializável (valores inferiores a 2,5) e não comercializável (valores iguais ou superiores a 2,5).

Tabela 2 – Parâmetros utilizados na caracterização da qualidade aparente do alho minimamente processado

Parâmetros de Qualidade Aparente	Escore
Desenvolvimento de colônias de fungos e, ou, odor desagradável	2,5
Escurecimento	1
Ressecamento	0,5
Condensação de água sob o filme	0,5
Desenvolvimento dos brotos esverdeados	0,5

2.7. Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições para cada tratamento. Os dados foram expressos como médias. Teste de Tukey, a 5% de probabilidade, foi aplicado para detecção de diferenças de médias entre os tratamentos. Para a análise sensorial, os resultados foram avaliados por meio de análise de variância. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa de computação SAEG 8.0, da Central de Processamento de Dados da UFV.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Rendimento do alho minimamente processado

O rendimento médio do processamento mínimo do alho foi de 87%. As folhas de proteção e caule representaram 4,7% do resíduo total e 8,4% corresponderam ao prato basal e partes danificadas.

O alho minimamente processado apresentou rendimento médio elevado quando comparado a algumas hortaliças minimamente processadas, como alface (76%), cenoura (70%) e milho verde (55%) (WILLEY, 1994). Este rendimento foi alcançado pela utilização de bulbos de excelente qualidade, caracterizados pela presença de bulbilhos grandes e pouco danificados.

3.2. Efeito do processamento mínimo sobre a taxa respiratória dos bulbilhos

O processamento mínimo do alho aumentou sua taxa respiratória em relação ao produto intacto, atingindo valores na ordem de $105 \text{ mg CO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ (Figura 11), uma vez e meio superior ao observado nos bulbilhos somente debulhados ($74,2 \text{ mg CO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$). O aumento na taxa respiratória do produto após o processamento mínimo também foi observado por WATADA et al. (1996) em alface, por ARTÉS et al. (1999) em tomates e por CARNELOSSI (2000) em couve.

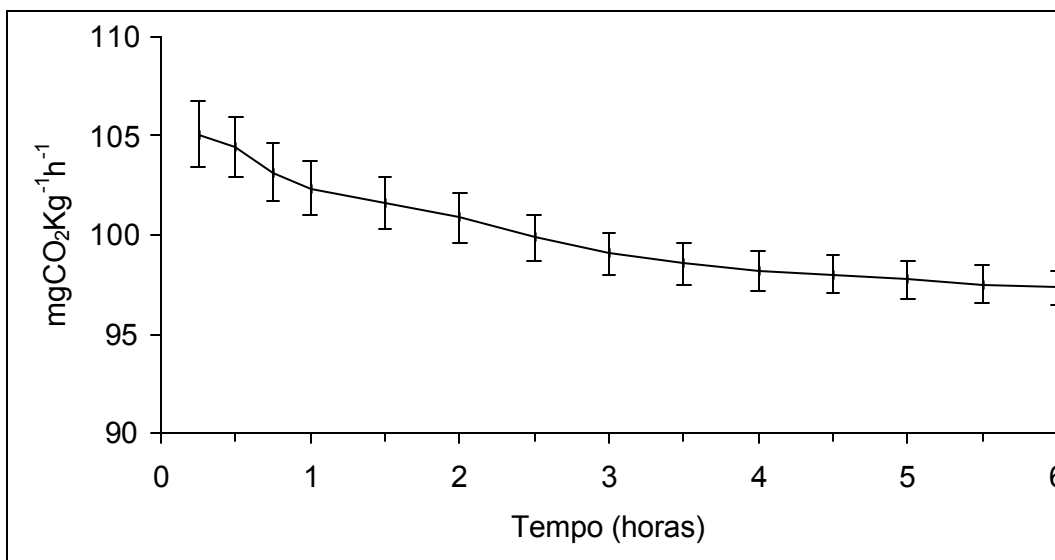


Figura 11 - Taxa respiratória dos bulbilhos após processamento mínimo. As barras representam o erro padrão da média.

O comportamento da taxa respiratória dos bulbilhos após processamento mínimo difere daquele observado nos bulbilhos submetidos apenas à centrifugação, visto que, durante as seis primeiras horas de análise observou-se a redução gradativa da respiração, tendendo a se estabilizar em valores na ordem de 95 mg CO₂.kg⁻¹h⁻¹ (Figura 11). O estresse e as injúrias provocados nos bulbilhos durante as operações unitárias de processamento mínimo, aliado ao tempo dispensado na realização das mesmas (cerca de três horas desde a debulha até a centrifugação final), certamente contribuíram para a obtenção desses resultados.

3.3. Alho minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens, tratado ou não com benzoato de sódio.

3.3.1. Massa, composição gasosa, tonalidade e saturação da cor

A perda de massa dos bulbilhos minimamente processados acondicionados em diferentes embalagens e tratados ou não com benzoato de sódio foi similar no decorrer do tempo de análise, exceto pelo controle, cuja redução de massa até o segundo dia foi proporcionalmente maior que nos demais tempos de análise (Figura 12).

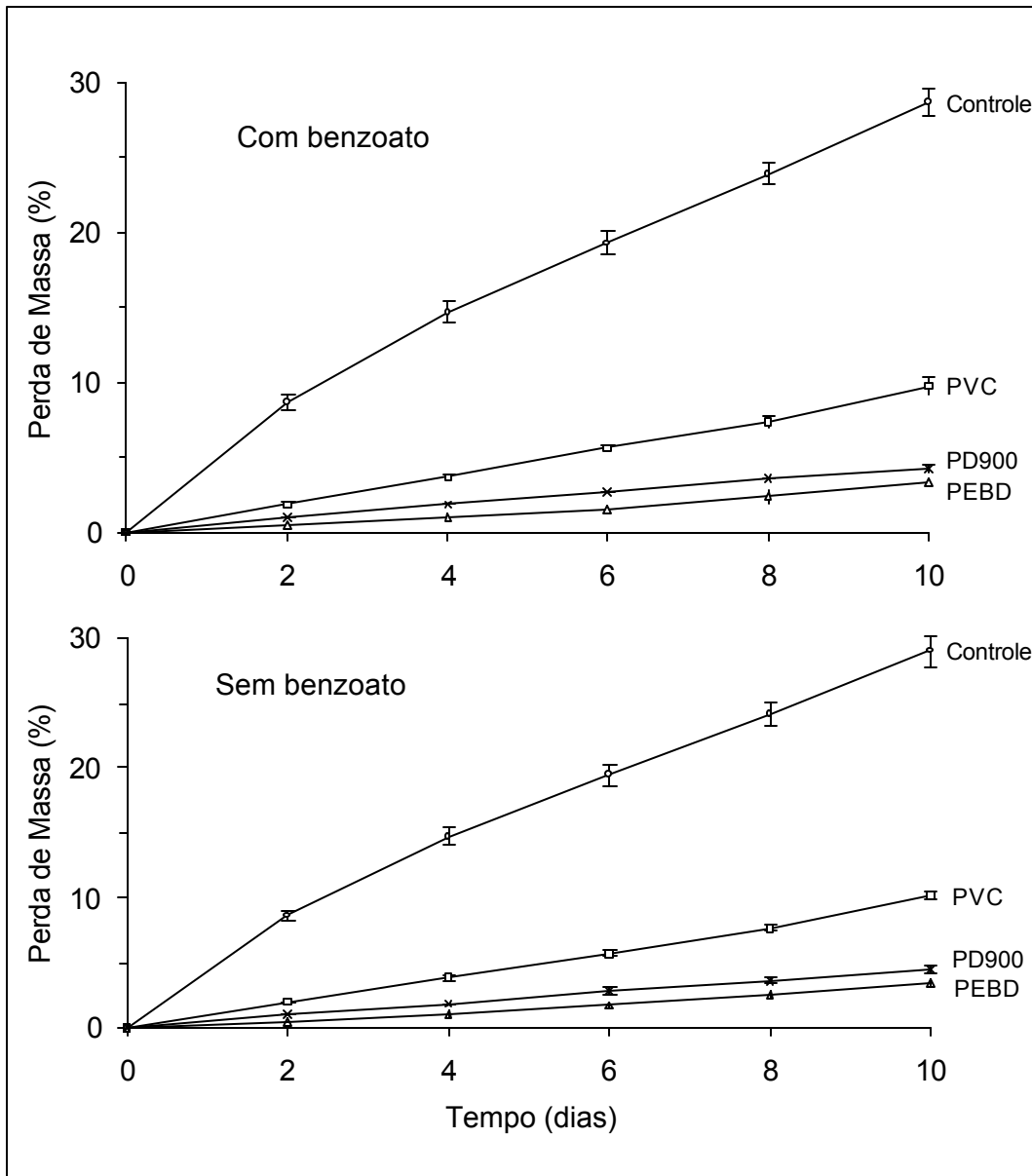


Figura 12 - Perda de massa dos bulbilhos minimamente processados acondicionados em polietileno de baixa densidade (PEBD), em poliolefina multicamada (PD900), em bandeja de poliestireno expandido envolvida com poli(cloreto de vinila) (PVC) e em bandeja sem filme envoltório (controle), durante o período de armazenamento à $(25 \pm 2^{\circ}\text{C})$; tratados e não tratados com benzoato de sódio (0,1%). As barras representam o erro padrão da média.

Após dez dias, os bulbilhos não embalados (controle) tiveram redução de, aproximadamente, 29% da massa inicial (Figura 12). O uso de embalagens minimizou essa perda de massa, reduzindo-a em até nove vezes quando utilizado PEBD no acondicionamento dos bulbilhos. Segundo SARANTÓPOULOS et al. (1996), a perda de umidade ou massa dos alimentos que possuem alta atividade de água, como é o caso do alho, pode provocar alterações indesejáveis, comprometendo a aparência do produto.

Nas bandejas envolvidas com filme PVC foram observados as maiores perdas de massa em relação às demais embalagens testadas, exceto ao controle (Figura 12). A alta permeabilidade dessas embalagens ao vapor d'água (Tabela 1) permitiu que o produto perdesse cerca de 10% de sua massa inicial após dez dias de armazenamento. A redução de, aproximadamente, 4% da massa inicial dos bulbilhos, observada no quarto dia após o processamento, foi suficiente para proporcionar ao produto aspecto ressecado.

Embora a embalagem PD900 apresentasse menor permeabilidade ao vapor d'água que as demais embalagens avaliadas neste estudo (Tabela 1) constatou-se que a menor perda de massa dos bulbilhos de alho ocorreu quando esses foram embalados em PEBD, com redução diária de aproximadamente 0,3% (Figura 12). Este resultado provavelmente deveu-se ao aumento da pressão interna, provocado pelo acúmulo excessivo de gases no interior das embalagens PD900, forçando a passagem de maior quantidade de vapor d'água através da parede polimérica. Segundo ROBERTSON (1993), quando existe grande interação entre o vapor permeante e o polímero, a taxa de permeabilidade é função dependente da pressão e normalmente aumenta com o aumento dessa última. Além disto, a estrutura do polímero sofre mudanças com o aumento da presença de vapor d'água, o que acarreta modificações na taxa de permeabilidade do filme.

O comportamento de perda de massa dos bulbilhos tratados e não tratados com benzoato de sódio foi significativamente semelhante, ao nível de 5% de probabilidade, para todas as embalagens testadas e o controle.

A composição gasosa no interior das diferentes embalagens contendo alho minimamente processado modificou-se durante o período de armazenamento, com aumento da concentração de CO₂ e redução de O₂ (Figura 13).

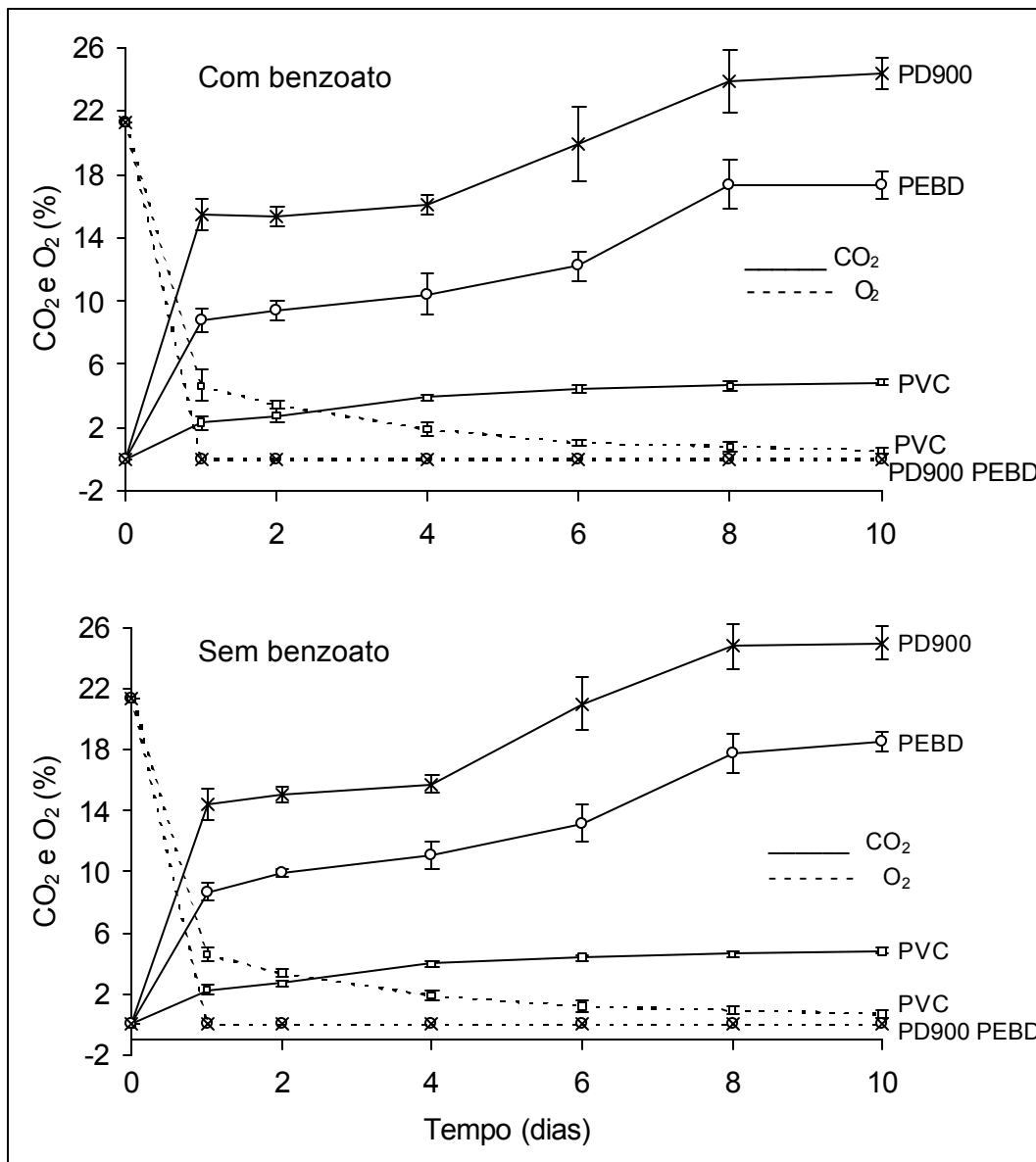


Figura 13 - Acúmulo de CO₂ e O₂ no interior das embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD), poliolefina multicamada (PD900) e bandejas de poliestireno expandido envolvidas com poli(cloreto de vinila) (PVC), contendo alho minimamente processado tratado e não tratado com Benzoato de Sódio (0,1%), durante o período de armazenamento à (25 ± 2°C). As barras representam o erro padrão da média.

No entanto, não houve diferença significativa em relação aos tratamentos com e sem benzoato de sódio (Figura 13). Grandes alterações em relação ao ar atmosférico foram verificadas já no primeiro dia de análise. Nas embalagens PD900 e PEBD observou-se, 24 horas após o acondicionamento, concentrações de CO₂ na ordem de 15 e 9%, respectivamente, sendo o O₂ reduzido a 0% em ambas. Estes resultados podem ser atribuídos ao metabolismo dos vegetais após o processamento mínimo e, principalmente, a baixa permeabilidade das embalagens aos gases.

FANTUZZI (1999), observou que quatro horas após o acondicionamento do repolho minimamente processado, embalados em PD900 e armazenados a 12°C, as concentrações de CO₂ já se encontravam em torno de 1,3% e as de O₂ em 11%.

Em experimento realizado com embalagens PD900 contendo batatas minimamente processadas, o equilíbrio foi alcançado no segundo dia de armazenamento a 2°C, com concentração de CO₂ em torno de 9,3% e O₂ aproximando-se da anaerobiose (GUNES e LEE, 1997).

Os maiores acúmulos de CO₂ foram observados a partir do oitavo dia de armazenamento à temperatura ambiente, atingindo concentrações em torno de 24,5% em PD900 e 17% em PEBD (Figura 13). Nessas duas embalagens, o acúmulo de CO₂ foi acelerado após o quarto dia de análise, sugerindo que o metabolismo anaeróbico se intensificou após este período. VAROQUIAUX et al. (1996) constataram que a maioria dos cultivares de alface manteiga, minimamente processada e estocada a 8°C, permaneceu com o metabolismo aeróbico após 11 dias de estocagem, apesar da concentração de O₂ ter sido inferior a 1%.

Nas embalagens envolvidas com PVC a concentração de CO₂ chegou a 5% após dez dias de análise (Figura 13). Em contraste com as demais embalagens, no primeiro dia a concentração de O₂ encontrava-se ainda em torno de 5%, com redução gradativa até o décimo dia, quando atingiu valores na ordem de 0,6%. FURNEY et al. (1989), trabalhando com brócolis acondicionados em bandejas envolvidas com PVC encolhível, observou que a concentração de CO₂ estabilizou-se em torno de 9% e a de O₂ por volta de 7,8%.

Esse comportamento diferenciado em relação à composição gasosa dentro das embalagens deve-se a vários fatores, tais como as propriedades físico-químicas dos filmes poliméricos, as atividades metabólicas de cada produto e, também, ao desenvolvimento de microrganismos.

Durante todo o período de armazenamento não foram observadas colônias visíveis de fungos sobre os bulbilhos embalados em PD900 e PEBD. Provavelmente, a alta concentração de CO₂ e praticamente ausência de O₂ no interior dessas embalagens inibiu a esporulação e o crescimento micelial dos fungos, como observado por LITTLEFIELD et al. (1966). No entanto, a atmosfera dentro das embalagens com filme PVC não foi suficiente para impedir o desenvolvimento de microrganismos, apresentando colônias visíveis de fungos já no terceiro dia após o processamento.

As embalagens tiveram grande influência sobre a tonalidade e saturação da cor dos bulbilhos (Figura 14 e 16). Quando embalados em PD900 e PEBD, a tonalidade dos bulbilhos não foi significativamente alterada, permanecendo os mesmos com coloração amarelo-esverdeado durante todo período de armazenamento (Figura 14). Entretanto, observou-se pigmentação avermelhada progressiva nos bulbilhos acondicionados em PVC e nos expostos ao ambiente (controle). Nesses últimos, a formação de pigmentos nos bulbilhos foi acelerada durante os seis primeiros dias. Após 10 dias de estocagem, a cor dos bulbilhos acondicionados em PVC e no controle foi semelhante.

Os pigmentos verificados no alho, provavelmente, pertencem à mesma classe daqueles encontrados na cebola roxa (*Allium cepa*). Segundo Kuhnau, citado por CHIARADIA (1997), em 100 g de cebola roxa pode-se encontrar até 25 mg de antocianinas. As antocianinas são pigmentos responsáveis por uma variedade de cores atrativas e brilhantes das frutas, folhas e flores que variam do vermelho-vivo ao violeta e azul (BOBBIO e BOBBIO, 1992). Nas folhas ela está normalmente localizada nas células da epiderme e hipoderme (JACKMAN e SMITH, 1992). Nos cortes transversais dos bulbilhos foi possível observar pigmentos arroxeados, provavelmente antocianinas, em células abaixo da epiderme (Figura 15).

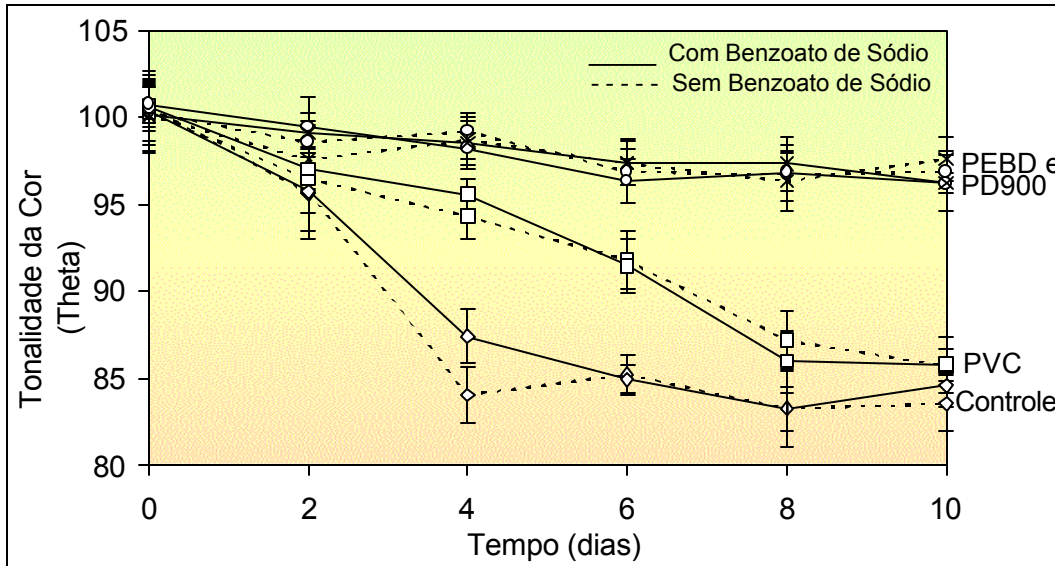


Figura 14 - Valores de tonalidade da cor apresentados pelo alho minimamente processado acondicionado em polietileno de baixa densidade (PEBD), em poliolefina multicamada (PD900), em bandeja de poliestireno expandido envolvida com poli(cloreto de vinila) (PVC) e em bandeja sem filme envoltório (controle), tratados e não tratados com benzoato de sódio (0,1%), durante o período de armazenamento à $25 \pm 2^\circ\text{C}$. As barras representam o erro padrão da média.

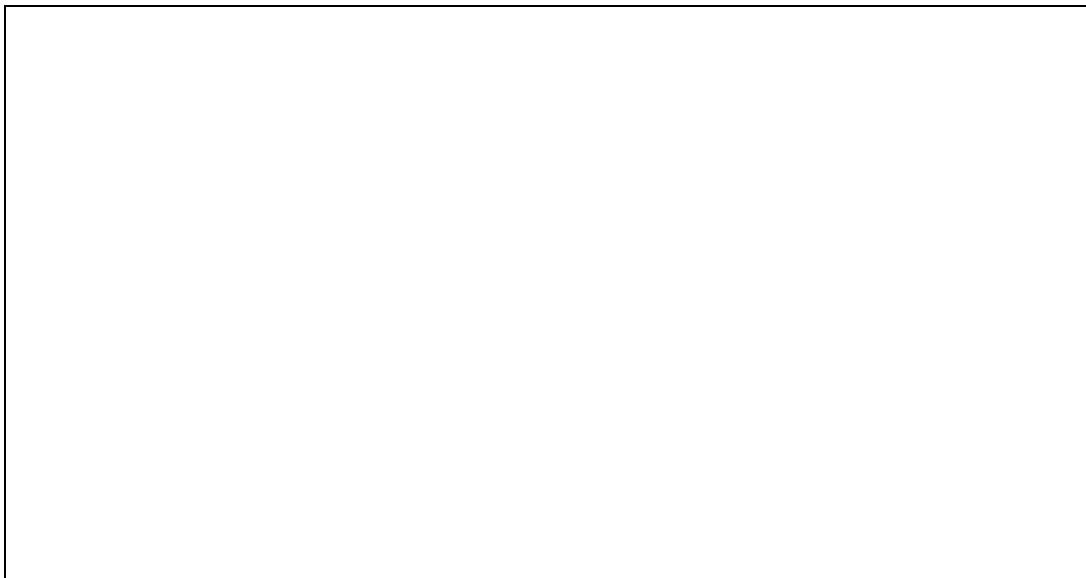


Figura 15 - Corte transversal do alho minimamente processado, após desenvolvimento de coloração arroxçada. Ampliação de aproximadamente 200 vezes.

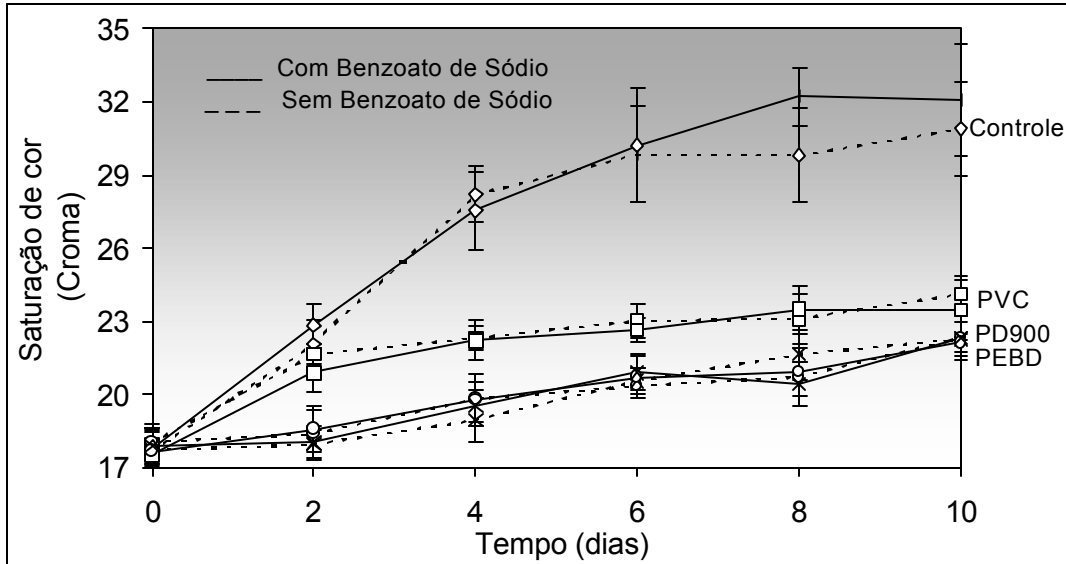


Figura 16 - Valores de saturação de cor apresentados pelo alho minimamente processado acondicionado em polietileno de baixa densidade (PEBD), em poliolefina multicamada (PD900), em bandejas de poliestireno expandido envolvidas com poli(cloreto de vinila) (PVC) e em bandejas sem filme envoltório (controle), tratados e não tratados com benzoato de sódio (0,1%), durante o período de armazenamento à $25 \pm 2^\circ\text{C}$. As barras representam o erro padrão da média.

A exposição dos bulbilhos ao ambiente provocou o escurecimento rápido do produto (Figura 16), estando provavelmente relacionado com a atividade da enzima polifenol oxidase. Essa enzima oxida compostos fenólicos na presença de O_2 , produzindo uma coloração escura nos tecidos (MAYER & HAREL, 1979; VÁMOS-VIGYÁZÓ, 1981). Consideráveis variações foram, também, observadas nos bulbilhos acondicionados em bandejas envolvidas com filme PVC.

O escurecimento dos tecidos pode ser reduzido não somente pela inativação da enzima, mas também eliminando o O_2 , necessário para a reação (MAYER & HAREL, 1979; VÁMOS-VIGYÁZÓ, 1981).

Nos bulbilhos embalados em PD900 e PEBD as alterações na saturação de cor ocorreram somente após o segundo dia, apresentando-se de forma lenta e gradativa (Figura 16). As condições anaeróbicas encontradas no interior dessas embalagens indicam que, possivelmente, o escurecimento dos

bulbilhos deva-se às injúrias causadas aos tecidos pelas altas concentrações de CO₂. Segundo KARDER (1986), concentrações elevadas de CO₂ inibe a atividade da succinato desidrogenase, resultando na acumulação de ácido succínico, tóxico para o tecido das plantas.

3.3.2. Qualidade aparente do alho minimamente processado

Os resultados apresentados na Figura 17 demonstram a influência das embalagens sobre a qualidade aparente e vida de prateleira do alho minimamente processado. Observou-se que a exposição do produto ao ambiente (controle) provocou rápida redução em sua qualidade, com escurecimento imediato e ressecamento do produto, além da germinação e desenvolvimento de microrganismos, caracterizando-o como não comercializável já no segundo dia após o processamento. Comparado ao controle, o PVC permitiu a rápida perda de qualidade do produto, mantendo-o em condições comercializáveis por apenas dois dias. Nessas embalagens, todos os parâmetros visuais que depreciam a qualidade do produto foram observados já no terceiro dia, com exceção da condensação de água sobre a face interna do filme.

A vida de prateleira do alho minimamente processado aumentou 3 vezes pela utilização de PEBD e 2 vezes pela utilização de PD900, em relação ao produto embalado em PVC, que é a embalagem utilizada comercialmente (Figura 17). A composição atmosférica no interior dessas embalagens contribuiu para a conservação do produto, sendo seu descarte realizado, não pelo crescimento de microrganismos, mas sim, pelo odor desagradável desenvolvido com a fermentação do produto. Nas embalagens PD900 e PEBD, além do odor desagradável, observou-se ainda a condensação de água sobre a face interna dos filmes.

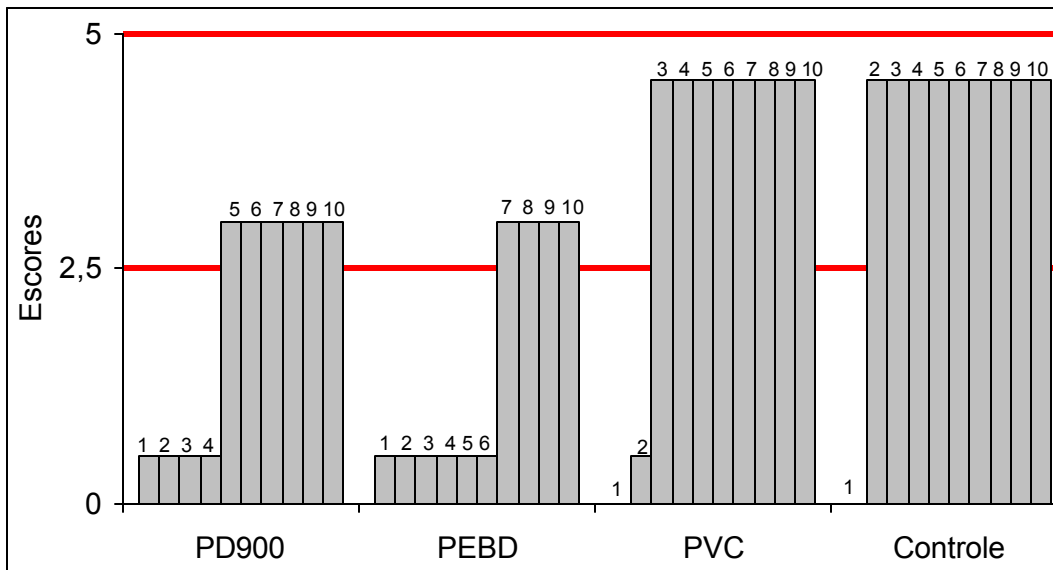


Figura 17 - Caracterização da qualidade aparente do alho minimamente processado acondicionado em poliolefina multicamada (PD900), em polietileno de baixa densidade (PEBD), em bandeja de poliestireno expandido envolvida com poli(cloreto de vinila) (PVC) e em bandeja sem filme envoltório (controle), tratados e não tratados com benzoato de sódio (0,1%), durante o período de armazenamento à $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Valores iguais ou superiores a 2,5 caracterizam o produto como não comercializável. Por serem estatisticamente semelhantes entre si, os dados apresentados representam ambos tratamentos. Os números sobre as barras correspondem aos dias.

A qualidade aparente foi semelhante entre os bulbilhos tratados e não tratados com benzoato de sódio. Comercialmente, o benzoato de sódio é utilizado com o objetivo de conservar do produto, pela inibição do crescimento de fungos e bactérias, o que não foi observado neste experimento. Provavelmente, isto foi devido à concentração utilizada, que não foi suficiente para a inibição de microrganismos ou, ainda, a análise visual não foi o parâmetro mais adequado na avaliação de seu efeito.

3.4. Alho minimamente processado acondicionados em bandejas de PS envolvidas com filme PVC ou PEBD

Nessa fase experimental os bulbilhos não foram tratados com benzoato de sódio, haja vista que, este conservante não manteve a qualidade do alho minimamente processado.

3.4.1. Massa, composição gasosa, tonalidade e saturação da cor

Observou-se que tanto o tipo, como o número de filmes envolvendo as bandejas de PS afetou a perda de massa do alho minimamente processado (Figura 18). Como verificado também no experimento anterior, filmes de PEBD proporcionaram maior retenção da umidade do produto em relação aos filmes PVC, mesmo com a utilização de quatro camadas desse último.

Não houve diferença significativa quanto à perda de massa dos bulbilhos, quando esses foram acondicionados em bandejas com uma e duas camadas de PEBD. O mesmo foi observado quando se utilizaram três e quatro camadas de PVC. Nessas últimas, a perda de massa dos bulbilhos foi, aproximadamente, duas vezes menor do que quando se utilizou apenas uma camada de PVC, mantendo assim o frescor característico do produto recém processado por maior tempo.

A utilização de uma e duas camadas de PVC resultou em um ressecamento rápido do produto. O mesmo não ocorreu nas bandejas envolvidas com uma e duas camadas de PEBD, que apresentou umidade interna elevada observada pela condensação de água na parte interna do filme e subsequente deposição sobre os bulbilhos. Segundo SCHLIMME e ROONEY (1994), ambientes com umidade saturada propiciam o crescimento acelerado de microrganismos deterioradores e, ou, patogênicos, depreciando rapidamente a qualidade dos vegetais minimamente processados.

Tanto o tipo de filme, quanto o número de camadas envolvendo as bandejas afetou as concentrações de CO_2 e O_2 (Figura 19) no interior das embalagens. O aumento progressivo do número de camadas, para os dois tipos de filme, proporcionou um decréscimo significativo na concentração de O_2 e acréscimo na concentração de CO_2 .

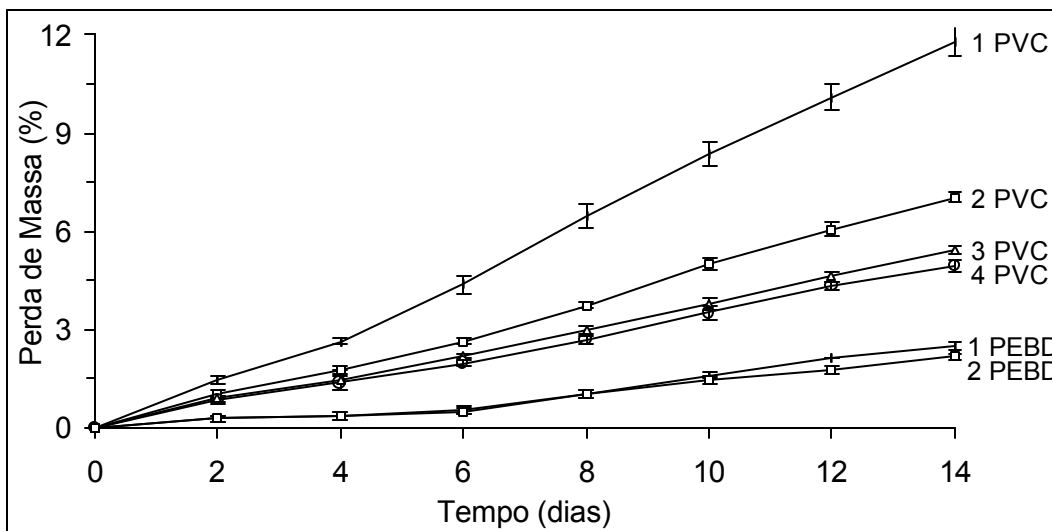


Figura 18 - Perda de massa do alho minimamente processado acondicionado em bandejas de poliestireno envolvidas com 1, 2, 3 ou 4 camadas de poli(cloreto de vinila) (PVC) e com 1 ou 2 camadas de polietileno de baixa densidade (PEBD), durante o período de armazenamento à $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. As barras representam o erro padrão da média.

O maior acúmulo de CO_2 foi observado nas embalagens envolvidas com quatro camadas de PVC, atingindo valores na ordem de 14,5%, no quarto dia (Figura 19). Nessas embalagens, já no segundo dia, as concentrações de O_2 e CO_2 encontravam-se na ordem de 0,001% e 13,5%, respectivamente. Essa atmosfera, mantida ao longo do experimento pela taxa respiratória dos bulbilhos e permeabilidade das embalagens, proporcionou ao produto melhor qualidade aparente, estendendo sua vida de prateleira.

O envolvimento das bandejas com duas camadas de filme PEBD fez com que a concentração de CO_2 aumentasse e a de O_2 reduzisse, aproximadamente, duas vezes em relação às bandejas envolvidas com apenas uma camada (Figura 19). Nessa última, as concentrações de CO_2 e O_2 atingiram valores na ordem de 7,5% e 1,5%, respectivamente. Estudos com quatro cultivares de alface minimamente processadas, embaladas em PEBD e estocadas a 5°C , mostraram que as concentrações de CO_2 e O_2 atingiram valores em torno de 9 e 5%, respectivamente, no segundo dia de análise (HEIMDAL et al., 1995).

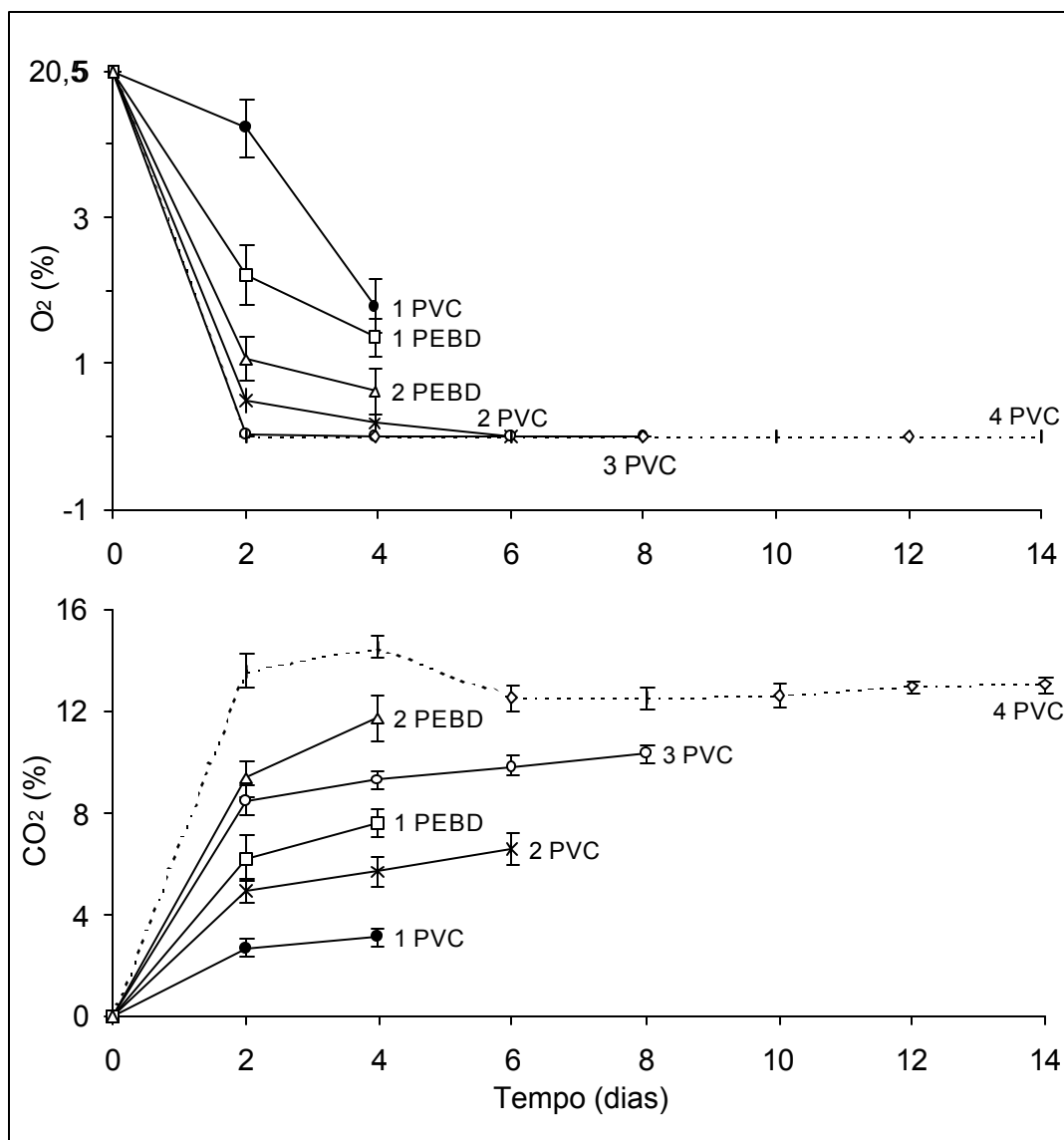


Figura 19 - Acúmulo de CO₂ e de O₂ no interior das bandejas de poliestireno contendo alho minimamente processado, envolvidas com 1, 2, 3 ou 4 camadas de poli(cloreto de vinila) (PVC) e com 1 ou 2 camadas de polietileno de baixa densidade (PEBD), durante o período de armazenamento à 25±2°C. As barras representam o erro padrão da média.

Apesar das embalagens com dois filmes PVC apresentarem concentrações inferiores de CO_2 e superiores de O_2 em relação às de PEBD em camada simples e dupla, a vida de prateleira do produto foi menor nestas últimas. A deterioração rápida dos bulbilhos, provavelmente, foi ocasionada pela condensação de água no interior das embalagens, que propiciou o desenvolvimento de microrganismos.

A tonalidade (Figura 20) e a saturação de cor (Figura 21) dos bulbilhos minimamente processados foram afetados tanto pelo tipo de filme como pelo número de camadas que envolveram as bandejas. As maiores alterações de tonalidade foram observadas nos bulbilhos acondicionados em bandejas com camadas simples e dupla de PVC (Figura 20). Em contrapartida, os bulbilhos mantiveram a coloração amarelo-esverdeada durante todo período de armazenamento quando embalados com três e quatro camadas de PVC.

Valores intermediários foram verificados nos bulbilhos embalados com uma e duas camadas de PEBD, com resultados semelhantes entre si. Em ambas, os bulbilhos adquiriram coloração amarelada após o oitavo dia de armazenamento.

Verificou-se que quanto maior o número de filmes envolvendo as bandejas, menor foi o escurecimento ou saturação de cor do produto (Figura 21). Os melhores resultados foram observados nos bulbilhos acondicionados em bandejas envolvidas com três e quatro filmes PVC, provavelmente, pela concentração extremamente baixa de O_2 no interior dessas embalagens (Figura 19). Concentrações na ordem de 0,5% de O_2 , encontradas nas bandejas envolvidas com dois filmes PVC (Figura 19), não foram suficientes para impedir o escurecimento do produto. Resultados semelhantes foram verificados por GORNY et al. (1998) em pêras fatiadas e armazenadas sob atmosfera com 0,5% de O_2 e 99,5% de N_2 .

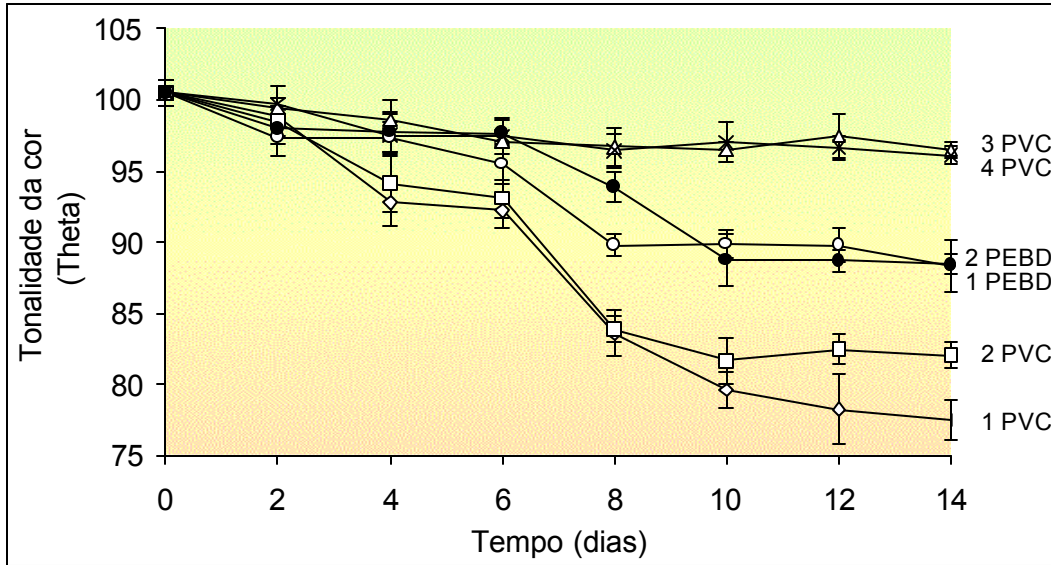


Figura 20 - Valores de tonalidade da cor apresentados pelo alho minimamente processado acondicionado em bandejas de poliestireno expandido envolvidas com 1, 2, 3 ou 4 camadas de poli(cloreto de vinila) (PVC) e com 1 ou 2 camadas de polietileno de baixa densidade (PEBD), durante o período de armazenamento à $25 \pm 2^\circ\text{C}$. As barras representam o erro padrão da média.

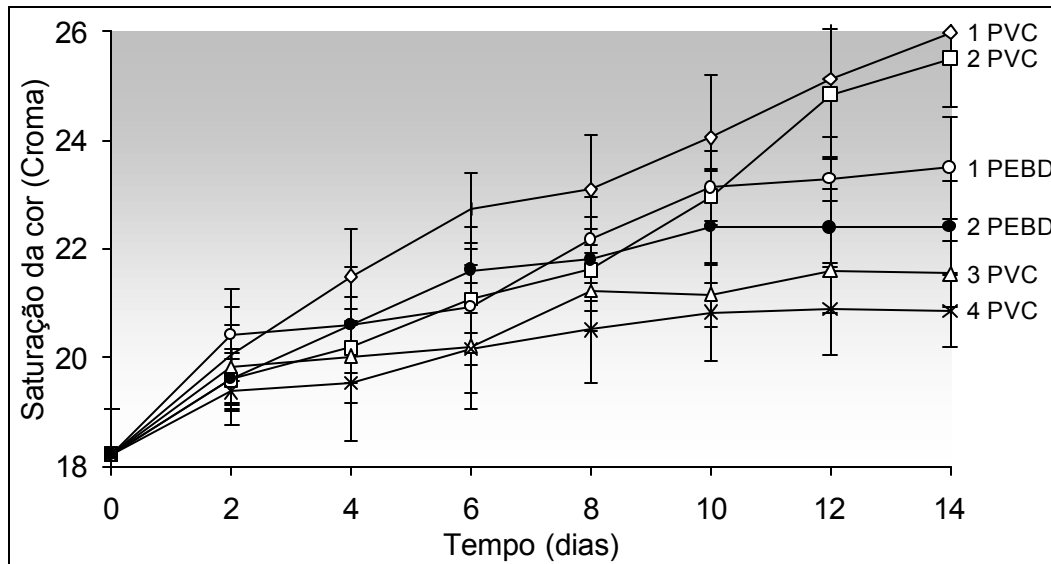


Figura 21 - Valores de saturação da cor apresentados pelo alho minimamente processado acondicionado em bandejas de poliestireno expandido envolvidas com 1, 2, 3 ou 4 camadas de poli(cloreto de vinila) (PVC) e com 1 ou 2 camadas de polietileno de baixa densidade (PEBD), durante o período de armazenamento à $25 \pm 2^\circ\text{C}$. As barras representam o erro padrão da média.

3.4.2. Qualidade aparente do alho minimamente processado

Durante a condução do experimento, verificou-se que o aumento do número de camadas de filme PVC envolvendo as bandejas conferiu ao alho minimamente processado melhor qualidade aparente, com extensão de sua vida de prateleira para até 14 dias (Figura 22).

Para a maioria das embalagens, o descarte do material deu-se pelo desenvolvimento de fungos sobre os bulbilhos, exceto nas embalagens com quatro camadas de filme PVC, cujo descarte realizado no décimo quarto dia (Figura 22) ocorreu devido ao desenvolvimento de odor desagradável.

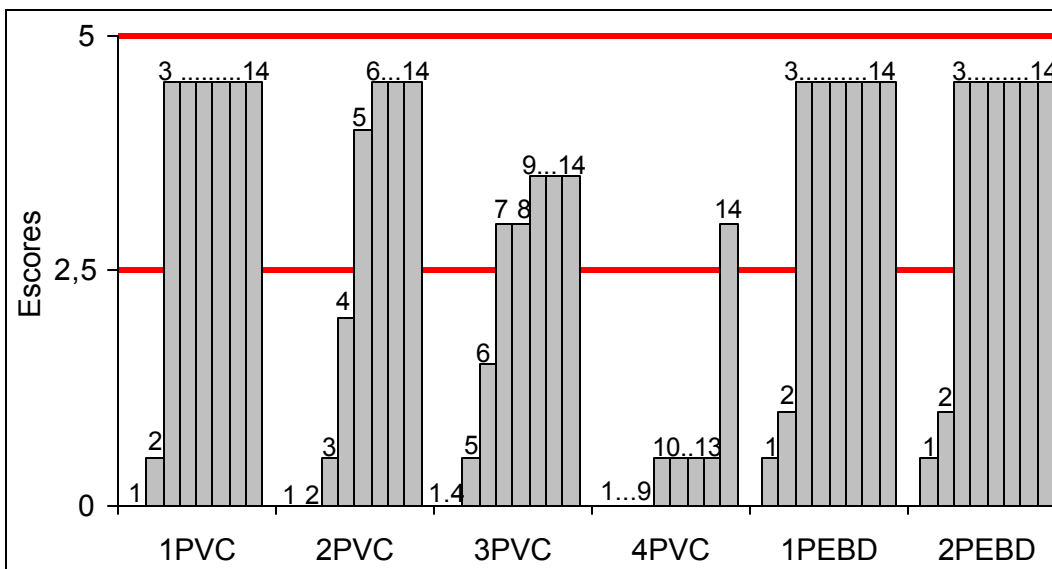


Figura 22 - Caracterização da qualidade aparente do alho minimamente processado acondicionado em bandejas de poliestireno expandido envolvidas com 1, 2, 3 ou 4 camadas de poli(cloreto de vinila) (PVC) e com 1 ou 2 camadas de polietileno de baixa densidade (PEBD), durante o período de armazenamento à $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. Os números sobre as barras correspondem aos dias.

Nas embalagens envolvidas com filme PEBD em camada simples e dupla, os bulbilhos foram caracterizados como não comercializáveis já no terceiro dia após o processamento (Figura 22). Nessas embalagens, provavelmente, a alta umidade interna, observada pela condensação de água

sob os filmes, contribuiu para o rápido desenvolvimento de fungos. Estudos mostram que ambientes saturados de umidade podem anular os efeitos benéficos de baixas concentrações de O₂ e elevadas de CO₂, destruindo rapidamente a qualidade do produto, mediante alterações provocadas pelo crescimento acelerado de microrganismos (WATADA & QI, 1999; SCHLIMME E ROONEY, 1994).

O uso de quatro camadas de filme PVC proporcionou ao produto melhor qualidade aparente, pela menor variação na cor e massa dos bulbilhos e, principalmente, pela ausência de colônias visíveis de fungos. Certamente, a modificação passiva da atmosfera, pelo metabolismo dos bulbilhos e pela permeabilidade seletiva da embalagem ao CO₂ e O₂ (Tabela 1), foram fatores que mais contribuíram para a obtenção desses resultados.

Sugere-se, portanto, que seja utilizado para acondicionamento de alho minimamente processado, nas condições experimentais utilizadas neste trabalho, bandejas de PS envolvidas com quatro camadas de filme PVC ou filme com características semelhantes (Tabela 1).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

No presente trabalho foram conduzidos experimentos no intuito de investigar o efeito do benzoato de sódio, de diferentes tipos de embalagens e do número de camadas de filme PEBD e PVC envolvendo as bandejas de poliestireno na qualidade do produto final. Realizaram-se análises de perda de massa do produto, composição atmosférica dentro das embalagens, tonalidade e saturação de cor dos bulbilhos e, finalmente, análise da qualidade aparente do alho minimamente processado durante a condução dos experimentos.

Para todas as análises realizadas, a imersão dos bulbilhos por dez minutos em solução contendo 0,1% de benzoato de sódio demonstrou não influenciar os resultados, não afetando, portanto, a qualidade e vida de prateleira do alho minimamente processado. Assim, procedeu-se aos estudos das avaliações das embalagens, sem a utilização de benzoato de sódio.

A utilização de bulbos de excelente qualidade, caracterizados pela presença de bulbilhos grandes e pouco danificados, proporcionou elevado rendimento do alho, com cerca de 87%.

A perda de massa do produto foi diferenciada para a maioria das embalagens testadas. A elevada perda de massa verificada nos bulbilhos controle demonstrou a grande importância das embalagens na retenção da umidade do produto. Nas embalagens de polietileno a perda de massa foi menor em relação às demais. No entanto, a umidade relativa elevada no interior dessas embalagens, observada pela condensação de água sobre a

face interna do filme, depreciou a qualidade aparente do produto, além de ter proporcionado ambiente propício ao desenvolvimento de fungos filamentosos. Apesar da maior perda de massa observada no produto embalado com quatro camadas de filme PVC em relação aos embalados com filme PEBD, aquelas apresentaram-se como as mais adequadas para o acondicionamento do alho minimamente processado.

A composição gasosa foi bastante diferenciada entre as embalagens, principalmente em relação ao CO₂, visto as suas diferentes propriedades físico-químicas e formas de utilização. Nas embalagens PEBD e PD900 foram observadas as maiores concentrações de CO₂ e concentrações de O₂ próximas a zero. A alta permeabilidade do filme PVC impediu que a concentração de CO₂, no interior das bandejas envolvidas com apenas uma camada, ultrapassasse 5%. Porém, o envolvimento de quatro camadas de filme PVC resultou na obtenção de uma atmosfera com concentrações em torno de 13% de CO₂ e 0,1ppm de O₂.

Os bulbilhos apresentaram grande alteração na tonalidade e saturação da cor quando acondicionados em bandejas envolvidas com uma e duas camadas de filme PVC e PEBD. O acondicionamento dos bulbilhos em sacos de PEBD e PD900 e em bandejas envolvidas com três e quatro filmes PVC, mantiveram a tonalidade original do produto, apresentando apenas ligeiro escurecimento.

A qualidade aparente do alho minimamente processado foi mantida por 13 dias quando acondicionados em bandejas envolvidas com quatro camadas de filme PVC. Bandejas com apenas um filme PVC (freqüentemente encontradas no mercado) mantiveram essa qualidade por apenas dois dias. Sacos de PEBD e PD900 conservaram a qualidade do produto por quatro e seis dias, respectivamente. Após isso, os bulbilhos desenvolveram odor desagradável, descaracterizando o produto.

Sugere-se, portanto, que seja utilizado para acondicionamento de alho minimamente processado, sob condições experimentais utilizadas neste trabalho, bandejas de PS envolvidas com quatro camadas de filme PVC ou filme com características semelhantes (Tabela 1).

CAPÍTULO 3

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DO TIPO DE EMBALAGEM SOBRE A MICROBIOTA DO ALHO MINIMAMENTE PROCESSADO

1. INTRODUÇÃO

Manter os vegetais minimamente processados, por alguns dias, com a cor, o sabor, a textura e o frescor característicos do produto *in natura* requer métodos que previnam ou retardem as alterações mecânicas, bioquímicas e microbiológicas a que os produtos estão sujeitos. A combinação de vários métodos apresenta-se como a melhor alternativa para estender a vida de prateleira desses produtos (KING e BOLIN, 1989).

Dois problemas básicos são encontrados na extensão da vida de prateleira dos vegetais minimamente processados. Primeiramente, os tecidos vegetais estão vivos, respirando e muitas reações bioquímicas estão acontecendo. Algumas dessas reações, se não controladas, podem conduzir à rápida senescência e, conseqüente, perda de qualidade. Em segundo lugar, a proliferação microbiana deve ser retardada. O desenvolvimento de

microrganismos patogênicos é uma preocupação de segurança alimentar, principalmente em vegetais com baixa acidez. O crescimento de microrganismos deterioradores e o desenvolvimento de odor desagradável são esteticamente inaceitáveis (KING e BOLIN, 1989, NGUYEN-THE e CARLIN, 1994). A deterioração dos produtos depende de vários fatores, nos quais estão relacionados à capacidade de invasão, estabelecimento e crescimento dos microrganismos (KING e BOLIN, 1989).

Durante as etapas de descasque, corte e fatiamento, a superfície do produto é exposta ao ar e a possíveis contaminações por bactérias, leveduras e bolores. A maior parte dos vegetais minimamente processados pertence à categoria dos alimentos de baixa acidez (pH 5,8 - 6,0) e de alta umidade, que ao serem injuriados durante o processamento fornecem condições ideais de crescimento à maioria dos microrganismos (AHVENAINEN, 1996). O número e espécie de microrganismos presentes nos produtos frescos, especialmente nos vegetais minimamente processados, são altamente variáveis. Nesses produtos é comum contagem de bactérias mesófilas na ordem de 10^3 a 10^9 UFC g^{-1} . Logo após o processamento, esse valor pode estar na ordem de 10^3 a 10^6 UFC g^{-1} (NGUYEN e CARLIN, 1994; ZAGORY, 1999).

A qualidade e a segurança dos alimentos minimamente processados estão intimamente relacionadas à metodologia de processamento, ao uso de embalagens apropriadas e às condições adequadas de armazenamento (RONK et al., 1989). Dentre os vários métodos utilizados no controle e, ou, redução da deterioração microbiana, o uso de baixas temperaturas tem se apresentado como um dos mais eficientes. A redução da temperatura efetivamente aumenta a fase lag e reduz a taxa de crescimento e o tempo de geração de alguns microrganismos (KING e BOLIN, 1989).

Segundo WILEY (1997), o armazenamento refrigerado é uma etapa necessária no processamento mínimo de hortaliças. A temperatura é um fator importante no controle das atividades enzimática, respiratória e metabólica, assim como na transpiração e no crescimento de microrganismos. Baixas temperaturas reduzem o metabolismo dos produtos, diminuindo sua taxa respiratória e aumentando, conseqüentemente, a sua vida pós-colheita (WATADA, 1996). Usualmente, os vegetais apresentam Q_0 de 2 a 4, o que equivale dizer que a taxa das reações fisiológicas e bioquímicas decresce duas

a quatro vezes a cada redução de 10°C em sua temperatura (KING e BOLIN, 1989).

A utilização de baixas temperaturas na conservação dos produtos minimamente processados tem seu efeito potencialmente elevado quando associada a outros métodos, como o uso de embalagens adequadas (KING e BOLIN, 1989). A atmosfera modificada pela respiração do produto no interior das embalagens ajuda na conservação do produto, reduzindo sua atividade metabólica e o crescimento de alguns microrganismos. O estabelecimento de uma atmosfera apropriada está relacionado às características respiratórias do produto, bem como a permeabilidade do filme plástico utilizado (ZAGORY e KADER, 1988).

Altas concentrações de CO₂ e, ou, reduzido teor de O₂ podem inibir ou selecionar certas classes de microrganismos. O CO₂ tem efeito inibitório sobre o metabolismo aeróbio e anaeróbio. Sua ação sobre a microbiota tem sido atribuída a vários fatores, como alteração das funções da membrana celular, inibição direta de enzimas, alteração do pH intracelular e alterações nas propriedades físico-químicas das proteínas. O O₂ estimula o crescimento de bactérias aeróbias e pode inibir o crescimento de bactérias estritamente anaeróbias, embora exista grande variação na sensibilidade desses microrganismos (FARBER, 1991).

O presente trabalho teve como finalidade investigar o efeito da temperatura de refrigeração sobre a microbiota do alho minimamente processado acondicionado em bandejas de poliestireno expandido envolvidas com filme poli(cloreto de vinila) em uma e quatro camadas. Para tal, foram acompanhadas as alterações de massa, cor, composição gasosa no interior das embalagens e pH do produto durante sua vida de prateleira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material vegetal

A obtenção do material vegetal para o processamento mínimo foi realizada conforme descrito no Capítulo 2.

2.2. Processamento mínimo

O processamento mínimo do alho constituiu-se das etapas de debulha, umedecimento e centrifugação, descasque mecanizado, lavagem e seleção, corte, sanitização, centrifugação, acondicionamento e armazenamento (Figura 25), descritas no Capítulo 2. Com exceção do descasque mecanizado, realizado na Unidade de Crescimento de Plantas - DBV, todas as demais etapas foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Pós-colheita - DBV.

Acondicionamento – foi realizado em bandejas de poliestireno expandido (PS), com dimensões de 15x10x3cm, envolvidas com uma e quatro camadas de poli(cloreto de vinila) (PVC). As características dos filmes estão apresentadas na Tabela 1.

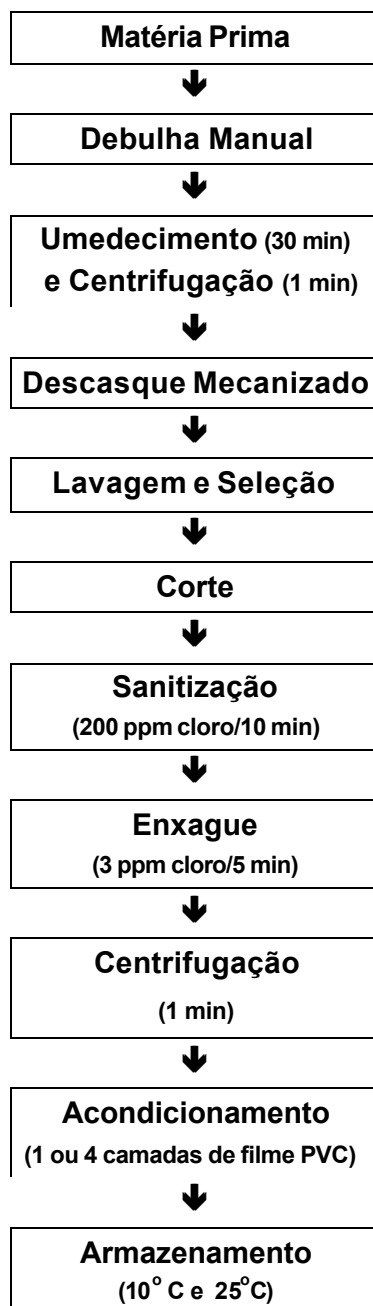


Figura 25 - Fluxograma de processamento mínimo do alho

Foram colocados 200 g de alho minimamente processado em cada bandeja. Para envolver o filme PVC nas bandejas de PS utilizou-se uma seladora comercial (modelo Embalack 500).

Armazenamento – As bandejas de alho minimamente processado foram armazenadas em temperatura de refrigeração ($10 \pm 1^\circ\text{C}$) e em temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$). No armazenamento refrigerado utilizou-se de expositor vertical com circulação de ar (Metalfrio).

2.3. Massa, composição gasosa, cor

As análises de massa, composição gasosa e cor foram determinadas a cada quatro dias, conforme metodologia descrita no Capítulo 2, sendo realizadas até o descarte do produto.

2.4. Análise do pH

O pH do alho minimamente processado foi determinado em potenciômetro Digimed (DM 20), a partir da homogeneização, com o auxílio de um liquidificador, de 10 g de alho minimamente processado em 50 mL de água. As amostras foram deixadas em repouso por 10 minutos antes da análise.

2.5. Análise microbiológica

A avaliação da microbiota presente no alho minimamente processado foi baseada na contagem padrão de aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras, sendo realizada no dia do processamento e, posteriormente, a cada quatro dias.

As análises foram efetuadas em porções de 25 g do material vegetal, pesado assepticamente e homogeneizado manualmente com 225 ml de água peptonada a 0,1% (Merck). A seguir, foram feitas diluições decimais apropriadas, para se obterem contagens em placas entre 25 e 250 colônias.

A contagem padrão de aeróbios mesófilos foi feita em ágar para contagem padrão-PCA (Merck), após incubação a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ por 48 horas. A

contagem padrão de bolores e leveduras foi feita em ágar batata dextrose-BDA (Merck). A incubação foi feita a 25° C, por quatro dias (SILVA, JUNQUEIRA e SILVEIRA, 1997). A partir do vigésimo dia as placas BDA também foram incubadas a 10°C, por 10 dias.

Todas as análises microbiológicas foram realizadas em duplicata e os resultados expressos como médias de contagens.

2.6. Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições para cada tratamento. Os dados foram expressos como médias. Teste de Tukey, a 5% de probabilidade, foi aplicado para detecção de diferenças de médias entre os tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa de computação SAEG 8.0, da Central de Processamento de Dados da UFV.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição gasosa no interior das embalagens, massa e cor do alho minimamente processado

A composição gasosa dentro das embalagens foi afetada pela temperatura de armazenamento dos bulbilhos (Figura 25). Nas embalagens armazenadas sob refrigeração (10°C) observou-se menor concentração de CO₂ e maior de O₂ em relação às aquelas armazenadas à temperatura ambiente (25°C). O efeito da temperatura na redução da respiração, com conseqüente decréscimo da concentração de CO₂ no interior das embalagens, foi verificado, também, por LÓPEZ OSORNIO e CHARLES (1998) em beterraba ralada acondicionada em bandejas envolvidas com filme PVC. De acordo com WILLEY (1997), como as reações bioquímicas são catalisadas por enzimas, as alterações fisiológicas dos vegetais são, em parte, conseqüência do efeito da temperatura sobre as atividades enzimáticas, portanto, o armazenamento em baixas temperaturas diminui a respiração e os demais processos, conseqüentemente, retardando a senescência do produto.

Durante a vida de prateleira dos bulbilhos acondicionados em bandejas com quatro filmes PVC a concentração de CO₂ a 10°C permaneceu constante, na ordem de 7,5% (Figura 25), sugerindo que a concentração de O₂ nestas embalagens, apesar de reduzida (na ordem de 100ppm), foi suficiente para que o produto continuasse o processo de respiração aeróbia, evitando assim o maior acúmulo de CO₂.

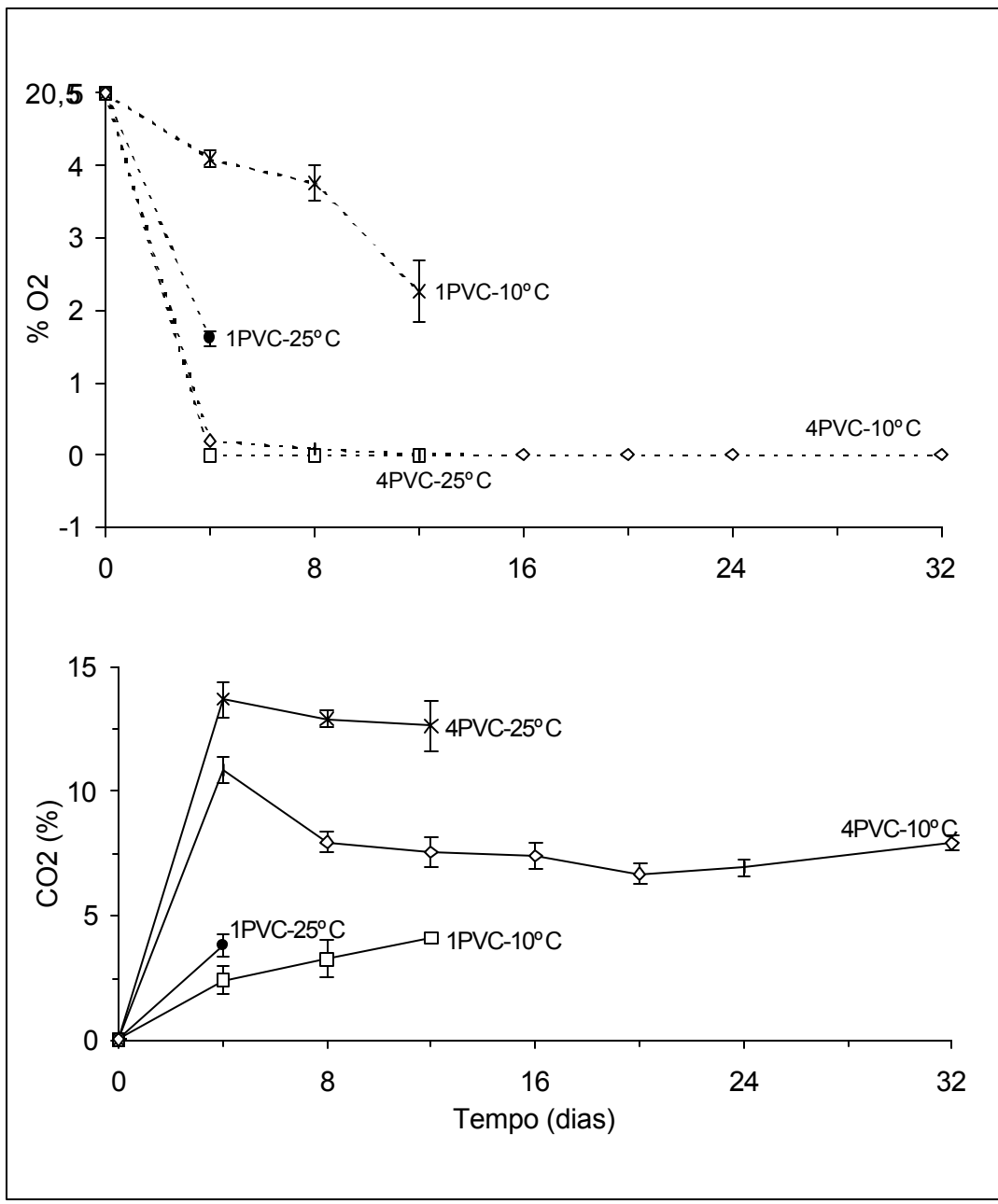


Figura 25 - Acúmulo de O₂ e CO₂ no interior das bandejas de poliestireno expandido, contendo alho minimamente processado, envolvidas com poli(cloreto de vinila) em camada simples (1PVC) e quádrupla (4PVC), durante o período de armazenamento a 10 e 25°C. As barras representam o erro padrão da média.

A perda de massa observada no produto refrigerado foi menor independente da embalagem usada (Figura 26). Após quatro dias de armazenamento, os bulbilhos mantidos sob refrigeração apresentaram perda de massa, aproximadamente, quatro vezes menor em relação aos não refrigerados. Nas embalagens envolvidas com quatro camadas de filme PVC a perda de massa dos bulbilhos apresentou-se na ordem de 1,5%, após 32 dias de armazenamento a 10°C, mantendo o aspecto característico do produto *in natura*.

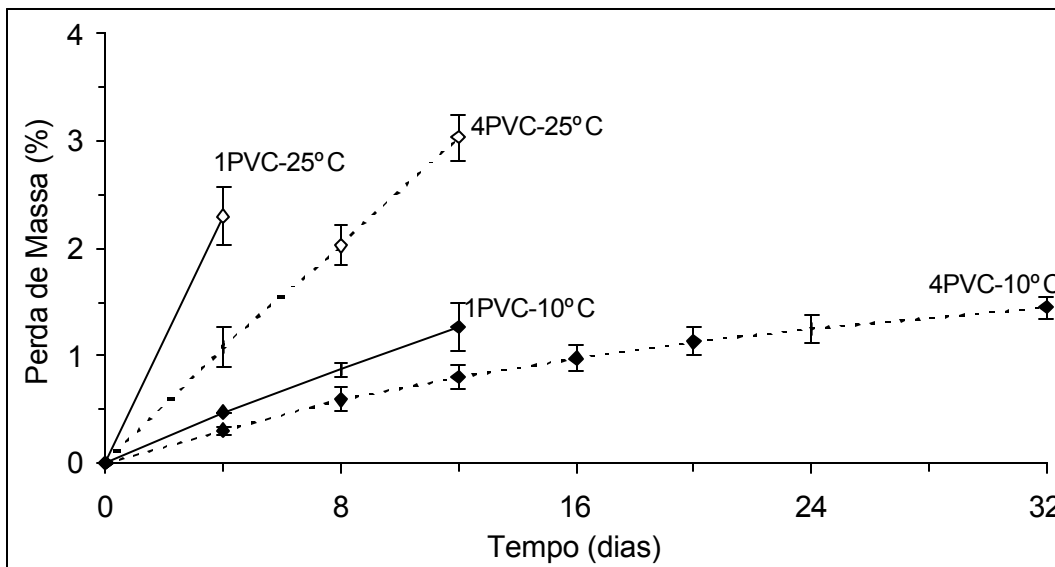


Figura 26 - Perda de massa do alho minimamente processado acondicionado em bandejas de poliestireno expandido, envolvidas com poli(cloreto de vinila) em camada simples (1PVC) e quádrupla (4PVC), durante o período de armazenamento a 10 e 25°C. As barras representam o erro padrão da média.

A refrigeração não impediu o escurecimento dos bulbilhos minimamente processados (Figura 27). Contudo, para o mesmo tipo de embalagem, a velocidade de escurecimento dos bulbilhos foi maior naqueles armazenados a temperatura ambiente. Comparando-se os dois tipos de embalagens observou-se que a atmosfera ao redor do produto teve grande influencia em seu escurecimento.

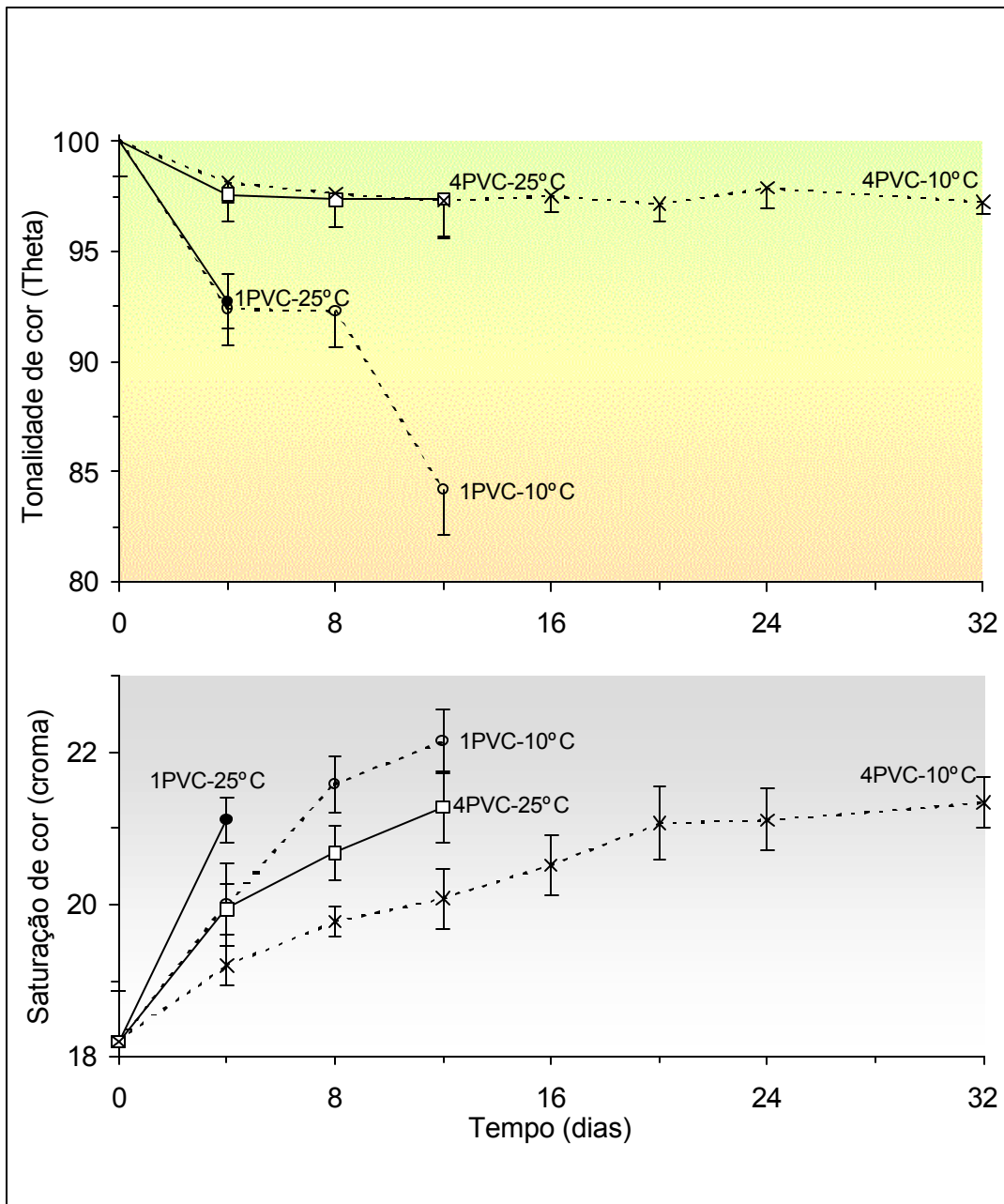


Figura 27 - Valores de tonalidade e saturação de cor dos bulbilhos minimamente processados acondicionados em bandejas de poliestireno expandido, envolvidas com poli(cloreto de vinila) em camada simples (1PVC) e quádrupla (4PVC), durante o período de armazenamento a 10 e 25°C. As barras representam o erro padrão da média.

Os valores de saturação de cor apresentados pelos bulbilhos acondicionados com quatro camadas de filme PVC, após 32 dias de armazenamento, não foram suficientemente altos para a percepção visual do escurecimento do produto. BLANCHARD et al. (1996) observaram que, quando armazenadas a 4°C, cebolas minimamente processadas não apresentaram escurecimento. No entanto, o armazenamento sob refrigeração não impediu a pigmentação avermelhada dos bulbilhos acondicionados com apenas um filme PVC, apresentando valores em torno de 85° theta no décimo segundo dia (Figura 27).

3.2. Alterações no pH do alho minimamente processado

O aumento no pH foi observado durante a vida de prateleira do alho minimamente processado acondicionado em embalagens com quatro camadas PVC. Após 12 dias de armazenamento, o pH desses bulbilhos apresentou acréscimo de 0,4 e 0,6, quando armazenados a 10°C e a 25°C, respectivamente (Figura 28). O acréscimo nos valores de pH durante a vida de prateleira de produtos minimamente processados também foi verificado por FANTUZZI (1999) e FARKAS et al. (1999) em repolho e por CARNELOSSI (2000) em couve.

Nas embalagens com uma camada de filme PVC, o pH dos bulbilhos foi afetado pela temperatura de armazenamento. Naquelas mantidas sob refrigeração, o pH dos bulbilhos não apresentou alteração significativa durante o período de armazenamento. Resultados semelhantes foram encontrados por CARLIN et al. (1996), onde folhas de chicória, após sete dias de armazenamento a 10° C, mantiveram seu pH inicial. Entretanto, o pH dos bulbilhos armazenados ao ambiente elevou-se em 0,2 após quatro dias de armazenamento (Figura 28).

No presente trabalho, observou-se que os maiores valores de pH foram determinados nos bulbilhos submetidos a altas concentrações de CO₂. Segundo KADER (1986), o aumento de pH tem sido verificado em vários vegetais, incluindo brócolis e couve-flor, após exposição a elevadas concentrações de CO₂. Não se sabe, contudo, se esse aumento no pH é somente uma consequência ao efeito do CO₂ sobre o metabolismo normal do

vegetal ou uma reação direta dos tecidos neutralizando os efeitos acidificantes do CO₂.

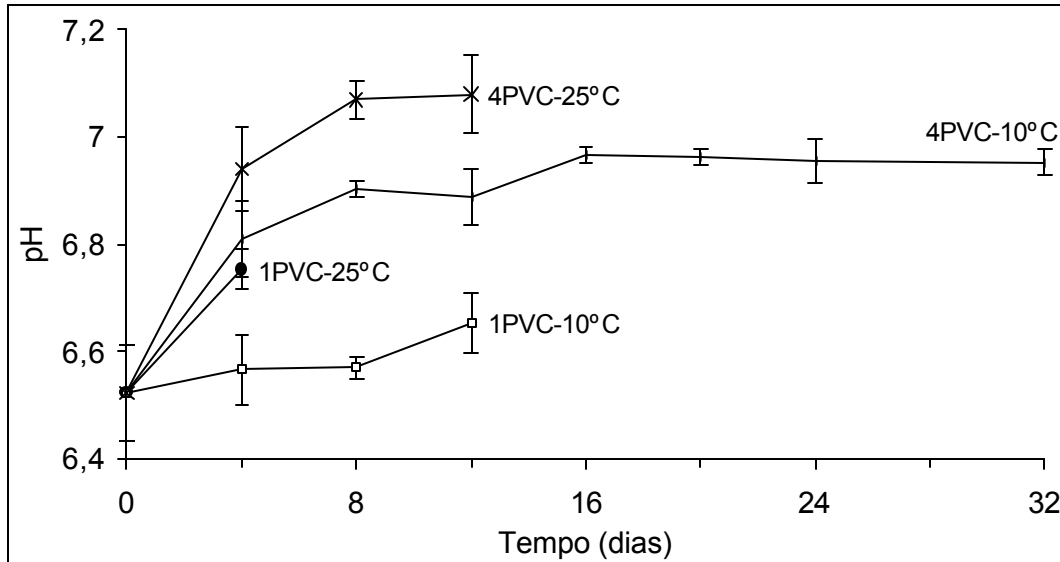


Figura 28 - Valores de pH dos bulbilhos minimamente processados acondicionados em bandejas de poliestireno expandido, envolvidas com poli(cloreto de vinila) em camada simples (1PVC) e quádrupla (4PVC), durante o período de armazenamento a 10 e 25°C. As barras representam o erro padrão da média.

Em estudos com pepinos fatiados, IZUMI et al. (1996) associaram o aumento do pH ao crescimento de microrganismos. No alho minimamente processado o aumento do pH esteve, provavelmente, associado tanto ao crescimento de microrganismos como a altas concentrações de CO₂.

3.3. Avaliação da microbiota contaminante no alho minimamente processado

A população de fungos filamentosos e leveduras presentes no alho minimamente processado foi nitidamente afetada pela temperatura de armazenamento, bem como pelo tipo de embalagem utilizada (Figura 29).

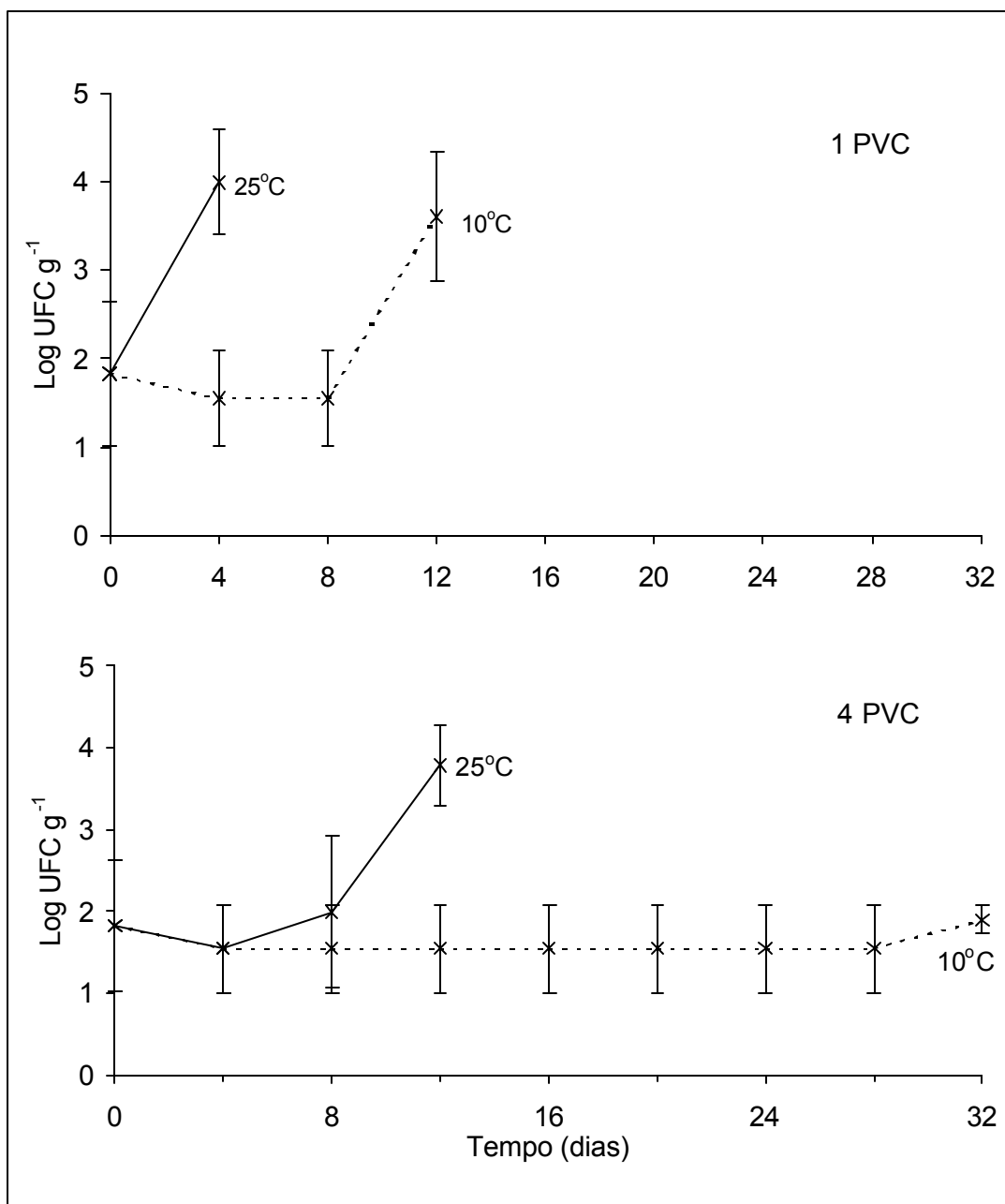


Figura 29 - Contagem de bolores e leveduras em bulbilhos minimamente processados acondicionados em bandejas de poliestireno expandido, envolvidas com poli(cloreto de vinila) em camada simples (1PVC) e quádrupla (4PVC), durante o período de armazenamento a 10 e 25°C. As barras representam o desvio padrão da média.

Nas embalagens com uma camada de filme PVC, a contagem de fungos atingiu valores na ordem de 10^4 UFC g^{-1} no quarto dia de armazenamento à temperatura ambiente e no décimo segundo dia sob refrigeração (Figura 29). A utilização de quatro camadas de filme PVC retardou o crescimento desses microrganismos. Quando mantidas ao ambiente, a contagem de fungos manteve-se estável até o oitavo dia de armazenamento, elevando-se cerca de dois ciclos log apenas no décimo segundo dia. As altas concentrações de CO_2 e, praticamente, ausência de O_2 verificadas no interior das embalagens podem ter sido responsáveis pelos resultados obtidos. Segundo LITTLEFIELD et al. (1966), quando 2% de O_2 foi combinado com 10,5% de CO_2 , *Botrytis alli* não esporulou, sendo verificado apenas uma pequena esporulação em culturas de *Rhizopus*. A existência de metabolismo anaeróbico em fungos do gênero *Rhizopus* foi documentada por FOSTER e DAVIS (1948). Provavelmente, a contagem verificada no décimo segundo dia tenha sido de fungos pertencentes a esse gênero e, ou, a outro com semelhante capacidade de metabolização aeróbia e anaeróbia.

Sob refrigeração, o crescimento de fungos dentro das embalagens com quatro filmes PVC foi drasticamente inibido (Figura 29). Após 28 dias de armazenamento a contagem de bolores e leveduras permaneceu constante. Segundo NGUYEN-THE e CARLIN (1994), as temperaturas em que normalmente são armazenados os produtos minimamente processados promovem a seleção de microrganismos psicrotróficos. Os dados apresentados na Figura 30 sugerem que a refrigeração durante 32 dias selecionou fungos psicrotróficos, visto que o crescimento desses microrganismos somente foi observado nas placas incubadas a $10^{\circ}C$.

Considerando o armazenamento em temperatura ambiente, verificou-se que o tipo de embalagem em nada afetou o crescimento de microrganismos aeróbios mesófilos (Figura 31). A contagem padrão desses microrganismos, que inicialmente apresentava-se na ordem de 10^3 UFC g^{-1} , teve acréscimo de aproximadamente três ciclos log, para os dois tipos de embalagens, após quatro dias de armazenamento a $25^{\circ}C$. Sob baixa temperatura, o desenvolvimento dos microrganismos mesófilos aeróbios foi retardado durante os primeiros dias, apresentando menor contagem nos bulbilhos acondicionados em quatro camadas de filme PVC. Nesta última, entretanto, após o décimo

sexto dia, a contagem de mesófilos aeróbios apresentou-se semelhante àquela verificada nos bulbilhos não refrigerados, mantendo-se na ordem de 10^6 a 10^7 UFC g^{-1} até o descarte do material.

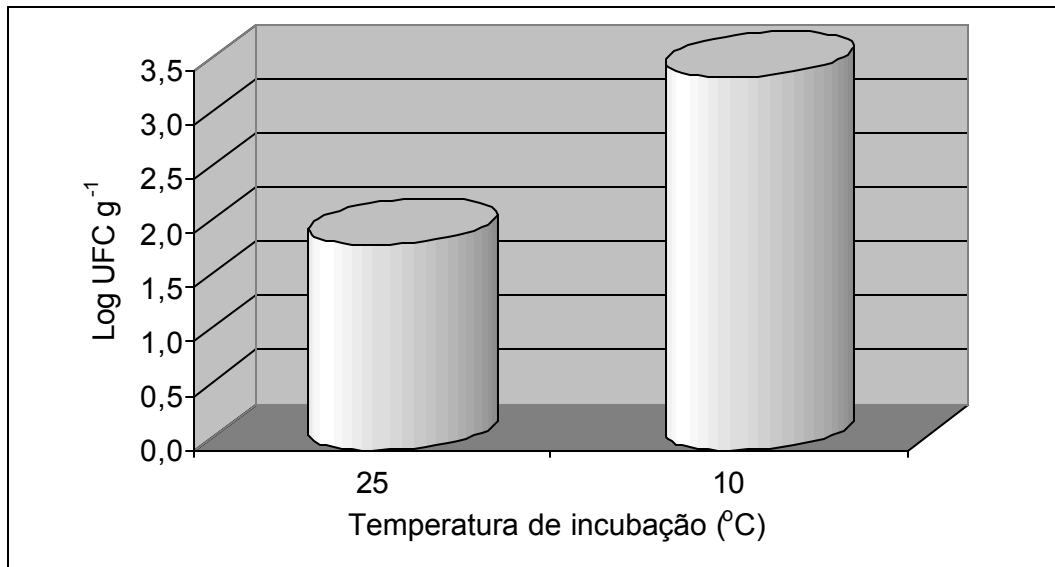


Figura 30 - Contagem de bolores e leveduras em bulbilhos minimamente processados, mantidos a 10°C por 32 dias, utilizando-se placas incubadas a 10 e a 25°C.

Em cebolas minimamente processadas a contagem inicial de mesófilos na ordem de 10^4 UFC g^{-1} aumentou para 10^8 UFC g^{-1} após 14 dias de armazenamento a 4°C (BLANCHARD et al., 1996). O mesmo foi observado por BENNIK et al., (1996), em chicória minimamente processada, após nove dias de armazenamento a 8°C.

Nguyen-The (1991), citado por BLANCHARD et al. (1996), observou que a população total de mesófilos nos produtos minimamente processados geralmente se estabiliza em 10^8 UFC g^{-1} e que, apesar dessa contagem alta, os produtos usualmente mantêm a qualidade sensorial satisfatória.

Semelhante ao resultado encontrado por BLANCHARD et al., (1996) em cebolas, as baixas concentrações de O_2 e elevadas de CO_2 presentes nas embalagens com quatro filmes PVC armazenadas a 10°C preservaram, por maior tempo, a qualidade sensorial dos bulbilhos minimamente processados.

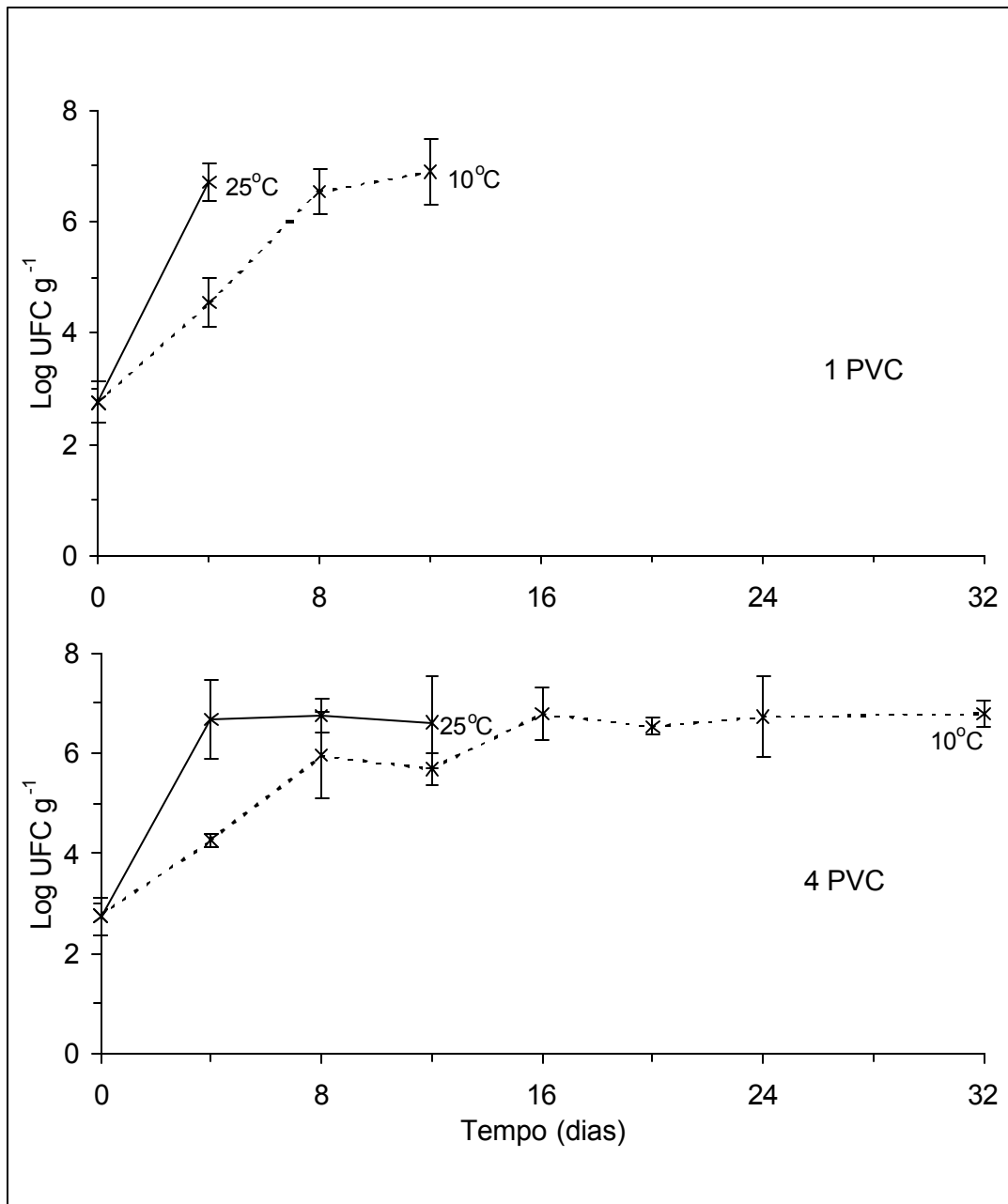


Figura 31 - Contagem padrão de mesófilos aeróbios em bulbilhos minimamente processados acondicionados em bandejas de poliestireno expandido, envolvidas com poli(cloreto de vinila) em camada simples (1PVC) e quádrupla (4PVC), durante o período de armazenamento a 10 e 25°C. As barras representam o desvio padrão da média.

A ação antimicrobiana da alicina sobre alguns microrganismos patogênicos, tais como *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* (SINGH e SHUKLA, 1984) conferem uma relativa segurança microbiológica ao alho minimamente processado. Contudo, novos estudos devem ser desenvolvidos, principalmente, em relação a microrganismos patogênicos emergentes, como é o caso da *Listeria monocytogenes*.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como finalidade investigar o efeito da temperatura de refrigeração sobre a microbiota do alho minimamente processado acondicionado em bandejas de poliestireno expandido envolvidas com filme poli(cbreto de vinila) em uma e quatro camadas. Para tal, foram acompanhadas as alterações de massa, cor, composição gasosa no interior das embalagens e pH do produto durante sua vida de prateleira.

A massa, a cor, a composição gasosa e o pH do alho minimamente processado foram afetados pela temperatura de armazenamento, bem como pelo tipo de embalagem. Os melhores resultados foram apresentados no produto armazenado a 10°C e acondicionado em bandejas envolvidas com quatro filmes PVC, exceto em relação ao pH, que se manteve estável nos bulbilhos embalados com um filme PVC.

A contagem inicial de bolores e leveduras apresentou-se na ordem de 10^2 UFC g^{-1} e a de mesófilos aeróbios em torno de 10^3 UFC g^{-1} . O armazenamento refrigerado reduziu tanto o crescimento de bolores e leveduras como o de mesófilos aeróbios. O uso de quatro filmes PVC proporcionou efeito adicional considerável na inibição do desenvolvimento de fungos.

A refrigeração do alho minimamente processado armazenado por 32 dias selecionou fungos psicotróficos, que apesar de apresentarem colônias

visíveis sobre os bulbilhos, não se desenvolveram nas placas incubadas a 25°C.

O efeito benéfico sobre a conservação do produto pela atmosfera criada dentro das embalagens com quatro filmes PVC foi potencializado pelo armazenamento a 10°C. Nessas embalagens, a vida de prateleira do alho minimamente processado foi aumentada em, aproximadamente, três vezes com o armazenamento refrigerado.

CONCLUSÕES GERAIS

As condições de umidade ($80 \pm 5\%$ UR) e temperatura ($2 \pm 1^\circ\text{C}$) utilizadas no presente trabalho não são recomendadas para a conservação prolongada dos bulbos.

O processamento dos bulbilhos deve ser realizado de maneira criteriosa, visto sua influência sobre a taxa respiratória do produto.

No processamento mínimo, a centrifugação por um minuto apresenta-se eficiente, eliminando 85% da umidade adquirida e provocando menor estresse aos bulbilhos.

Benzoato de sódio, na concentração de 0,1%, não altera a qualidade e vida de prateleira do alho minimamente processado.

Armazenamento a 10°C é recomendado, uma vez que estende a vida de prateleira do alho minimamente processado.

Recomenda-se o uso de bandejas com quatro filmes PVC ou filme com características semelhantes no acondicionamento do alho minimamente processado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, K.; WATADA, A. E. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. **Journal Food Science**, v. 56, p 1589-1592. 1991.
- AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends Food Science and Technology**, v. 7, p. 179-87, 1996.
- AHVENAINEN, R.; HURME, E. Minimal processed of vegetable. In: AHVENAINEN, R.; MATTILA-SANDHOLM, T.; OHLSSON, T. (Ed) **Minimal Processing of Foods**. Espoo, Finland. VTT Symposium, 142p., 1994.
- AMORIM, H. V. Respiração. In: FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal**. 2 ed. São Paulo: EPU, v.1. 1985.
- ARTÉS, F., CONESA, MA., HERNÁNDEZ, S., GL, M.I Keeping quality of fresh-cut tomato. **Postharvest Biology and Technology**, v.17, p.153-62, 1999.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 114p.,1993.
- BARTH, M.M., KERBEK, E.L., PERRY, A.K., SCHMIDT, S.J. Modified atmosphere packaging affects ascorbic acid, enzyme activity and market quality of broccoli. **Journal Food Science**, v. 58, p. 140-43, 1993.
- BENNIK, H. J. M.; 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.

- BLANCHARD, M.; CASTAIGNE, F.; WILLEMOT, C.; MAKHLOUF, J. Modified atmosphere preservation of freshly prepared diced yellow onion. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p.173-185. 1996.
- BOBBIO, F. O., BOBBIO, P. A. Pigmentos naturais. In: BOBBIO, F.O., BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. São Paulo: Varela, p. 191-223,1992.
- BREWSTER, J. L.; RABIONOWITCH, H. D. Garlic Agronomy. In: BREWSTER, J. L.; RABIONOWITCH, H. D. **Onions and allied crops**. v. 3. CRC Pres, Boca Raton, Florida, p. 109-146. 1990.
- BREWSTER, J. L. Onions and garlic. In: WIEN, H. C. **The physiology of vegetable crops**. Cab International. Cambridge – UK. 820p., 1997.
- BURBA, J. L. Técnicas de selección, multiplicación y manejo propuestas para semilleros de ajo (*Allium sativum* L.) de sanidad controlada. In: MULLER, J. J. V.; CASALI, V. W. D. **Seminários de Olericultura**. Viçosa. v. 3, p 37-62. 1982.
- BURBA, J. L. **Efeito do manejo de alho-semente (*Allium sativum* L.) sobre a dormência, crescimento e produção do cultivar Chonan**. Viçosa, MG: UFV, 1983.112p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A.A. (ed) **Postharvest technology of horticultural crops**. 2ed Univ. California, Division of horticulture and natural resources, Daves, Publ, p.277-81, 1992.
- CARLIN, F.; NGUYEN-THE, C. SILVA, A. A.; COCHET, C. Effects of carbon dioxide on the fate of *Listeria monocytogenes*, of aerobic bacteria and on the development of spoilage in minimally processed fresh endive. **International Journal of Food Microbiology**, v.32, p.159-172. 1996.
- CARNELOSSI, M. A. G. **Fisiologia pós-colheita de folhas de couve (*Brassica oleracea* cv. *Acephala*) minimamente processadas**. Viçosa MG.: UFV, 2000. 79p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- CHIARADIA, A. C. **Determinação da estrutura de pigmentos de feijão e estudo da sua ação na qualidade protéica**. Viçosa MG.: UFV, 1997. 107p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- FANTUZZI, E. Atividade microbiana em repolho (*Brassica oleraceae* cv. *Capitata*) minimamente processado. Viçosa MG.: UFV, 1999. 50p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

- FARBER, J. M. Microbiological aspects of modified atmosphere packaging technology - A review. **Journal of Food Protection**, v.54, n.1, p.58-70, 1991.
- FARKAS, J.; MÉSZÁROS, L. MOHÁCSI-FARKAS, C. SÁRAY, T.; ANDRÁSSY, É. The role of ionizing radiation in minimal processing of pre-cut vegetables with particular reference to the control of *Listeria monocytogenes*. In: OLIVEIRA, F. A. R.; OLIVEIRA, J.C.(Ed) **Processing Food: quality optimization and process assessment**. CRC. London. 415 p., 1999.
- FERREIRA, F. A.; CASALI, V. W. D.; SOARES, J. G. Dormência dos bulbos de alho. **Informe Agropecuário**. Ano 12, n. 142, 1986.
- FOSTER, J. W.; DAVIS, J. B. Anaerobic formation of fumaric acid by the mold *Rhizopus nigricans*. **Journal bacteriology**, v.56, p.329-334, 1948.
- FRANCIS, F. J. Color analysis. In: NIELSEN, S. S. ed. **Food analysis**. 2 ed. Maryland: Aspen Publishers, Inc., p. 599-612, 1998.
- FURNEY, C. F.; RIJ, R. E.; ROSS, S. R. Measurement of broccoli respiration rate in film-wrapped packages. **Hort Science**, v. 24, p-111-113, 1989.
- GARCIA, E. E. C.; PADULA, M.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L **Embalagens plásticas: propriedades de barreira**. Centro de Tecnologia de Embalagens. ITAL. Campinas, 44 p., 1989.
- GORNY, J. R.; GILL, M. I.; KADER A. A. Postharvest physiology and quality maintenance of fresh-cut pears. **Acta Horticulturae**, p. 231-236, 1998.
- GORNY, R. J. Maintaining Quality and Safety. **Fresh-cut product preparation**. Section 5^a, p. 1-5. September, 1998.
- GUNES, G.; LEE, C. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents. **Journal of Food Science**. V. 62, n. 3, 1997.
- HEIMDAL, H.; KÜHN, F. B. POLL, L.; LARSEN, L. M. Biochemical changes and sensory quality of shredded and ma-packaged iceberg lettuce. **Journal Food Science**, v. 60, n. 6, p. 1265-1268, 1995.
- HOWARD, L.R., GRIFFIN, L.E. Lignin formation and surface discoloration of minimally processed carrot sticks. **Journal Food Science**, v. 58, p. 1065-1067, 1993.
- IFPA. **Fresh-cut produce handling guidelines**. 3ed., Produce Marketing association, Newark, 39p., 1999.
- IZUMI, H., WATADA, A.E., DOUGLAS, W. Low O₂ atmospheres affect storage quality of zucchini squash slices treated with calcium. **Journal Food Science**, v.61, p. 317-21, 1996.

- JACKMAN, R. L., SMITH, J. L. Anthocyanins and betalains. In: HENDRY, G. A. F. **Natural food colorants**. New York: Blackie, p. 183-241, 1992.
- 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.99-04, 1986.
- KANG, S. J.; LEE, S. D. Susceptibility of minimally processed green pepper and cucumber to chilling injury as observed by apparent respiration rate. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 32, n. 5, p. 421-426, 1997.
- KATO, Y. **The unknown miracle worker: Odorless garlic medicine and garlic Flow-Leben**. Oyama Garlic Laboratory. Amagasaki. 184p., 1973.
- KING, A. D.; BOLIN, H. R. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, february, p. 123-29, 1989.
- LAURILA, E.; KERVINEN, R; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymally browning in minimally processed vegetables and fruits. **Postharvest**, v. 9, n. 4, p. 53-66, 1998.
- LITTLEFIELD, N. A.; WANKIER, B. A.; SALUNKLE, D. K.; MCGILL, J. N. Fungistatic effects of controlled atmospheres. **Appl. Microbiology**, v.14, p.579-583, 1966.
- LOPEZ OSORNIO, M. .M.; CHAVES, A. R. Enhancement of shelf life of grated beetroots. **Journal Food Protection**, v. 60, n. 10, p. 1230-1234, 1997.
- MANN, L. K. Anatomy of the garlic bulb and factors affecting bulb development. **Hilgardia**, v. 21, p. 195-251, 1952.
- MANN, L. K.; LEWIS, D. A. Rest and dormancy in garlic. **Hilgardia**, v. 26, p. 161-189, 1956.
- MANN, L. K.; MINGES, P. A. Growth and bulbing of garlic in response to storage temoerature of planting stocks, day length, and planting date. **Hilgardia**, v. 27, p. 385-419, 1958.
- MAYER, A. M.; HAREL, E. Polyphenol oxidases in plants. **Phytochemistry**. V. 18 p.193-215, 1979.
- MILLER, K. S.; KROCHTA, J. M. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 8, p.228-237, 1997.
- MOLEYAR, V., NARASIMHAM, P. Modified atmosphere packaging of vegetables: an appraisal. **Journal Food Science technology**, v. 31, n. 4, p.267-278, 1994.

- MÜLLER, J. J. V. **Efeitos do arrancamento, corte das raízes e da parte aérea, em diferentes épocas, no rendimento e conservação do alho (*Allium sativum* L.) Chonan.** Viçosa, MG: UFV, 1982.55p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1982.
- MULTON, J. L. **Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agro-alimentaires.** Technique & Documentation. Paris. 680p., 1984.
- MYERS, R. A. Packaging considerations for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, february: p.129-131, 1989.
- 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.371-401, 1994.
- OLIVEIRA, S. R. **Ação antioxidante de extratos de alho (*Allium sativum* L.) e de cebola (*Allium cepa* L.) *in vitro* e em gordura de frango.** Viçosa MG: UFV, 1991, 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- PARK, W. P.; CHO, S. H.; LEE, D. S. Effect of minimal processing operations on the quality of garlic, green onion, soybean sprouts and watercress. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 77, n. 2, p. 282-286, 1998.
- PIAGENTINI, A. M.; PIROVANI, M. E.; GUEMES, D. R.; PENTIMA, J. H.; TESSI, M. A. Survival and growth of *Salmonella hadar* on minimally processed cabbage as influenced by storage abuse conditions. **Journal Food Science**, v. 62, n. 3, p. 616-618, 1997.
- PRIEPKE, P. E.; WEI, L. S.; NELSON, A. I. Refrigerated storage of prepackaged salad vegetables. **Journal Food Science**, v. 41, p. 379-382, 1976.
- RESENDE, F. V.; SOUZA, R. J.; FAQUIN, V.; RESENDE, J. T. V. Comparação do crescimento e produção entre alho proveniente de cultura de tecidos de multiplicação convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 118-124, 1999.
- REGINA, M. S. Alho : Agora pode dar certo. **Informe Agropecuário**, ano 12, n. 142, p. 56-64, 1986.
- ROBERTSON, G. L. **Food packaging: principles and practice.** Marcel Dakker. New York. 676 p., 1993.
- ROLLE, R., CHISM, G.W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal Food Quality**, v. 10, p. 157-65, 1987.

- ROMANI, R. Respiration, ethylene, senescence, and homeostasis in an integrated view of postharvest life. **HortScience**, v. 62, p.2950-2955, 1984.
- ROMANI, R. Senescence and homeostasis in postharvest research. **HortScience**, v. 22, p.865-868, 1987.
- RONK, R. J.; CARSON, K. L.; THOMPSON, P. Processing, packaging, and regulation of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, february, 1989.
- SALTVEIT, M. E. Fresh-cut product biology. **Fresh-cut Products**, section 4^a. p. 1-8, september. 1998.
- SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; ALVES, R. M. V.; OLIVEIRA M. L., GOMES, T. C. **Embalagens com atmosfera modificada**. Centro de Tecnologia de Embalagem. ITAL. Campinas, 112 p., 1996.
- SATURINO, H. M. Colheita, cura, preparo, embalagem, comercialização e armazenamento do alho. **Informe Agropecuário**, v.4, n.48, p.51-60, 1978.
- SCHLIMME, D.V.; ROONEY, M.L. Packing of minimally processed fruits and vegetables. In: WILEY, R.C.(Ed) **Minimally processed refrigerated fruits & vegetables**. Chapman & Hall. London. 357 p., 1994.
- SIDDIQUI, S; GUPTA, K; YADAV, A; MANGAL, J. L. Soil salinity effect on soluble saccharides, phenol, fatty acid and mineral contents, and respiration rate of garlic cultivars. **Biologia Plantarum**, v. 4, n. 38, p.611-615, 1996.
- SILVA, F. N. **Estudo da dormência, crescimento e produção do alho (*Allium sativum* L.) cv. Peruano, submetido à frigorificação, calor e lavagem pré-plantio e efeitos de fitorreguladores na produção e nos aspectos comerciais**. Viçosa, MG: UFV, 1984. 86p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. Vereda. São Paulo. 293p., 1997.
- SIMÃO, A. M. **Aditivos para alimentos sob o aspecto toxicológico**. 2 ed. Nobel. São Paulo. 274p., 1989.
- SINGH, K. V.; SHUKLA, N. P. Activity on multiple resistant bacteria of garlic (*Allium sativum*) extract. **Fitoterapia**, v.4, n.5, 1984.
- TAKAGE, H. Garlic. In: BREWSTER, J. L.; RABIONOWITCH, H. D. **Onions and allied crops**. v. 3. CRC Press, Boca Raton, Florida, p. 109-146, 1990.
- VÁMOS-VIGYÁZÓ, L. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **CRC Crit. Ver. Food Science Nutr**, v. 12, 1981.

- VAROQUAUX, P.; MAZOLLIER, J.; ALBAGNAC, G. The influence of raw material characteristics on the storage life of fresh-cut butterhead lettuce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 127-139, 1996.
- ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.313-321, 1999.
- ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, september, p. 70-77, 1988.
- WATADA, A.E., KO, N.P., MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Tecnology**, v. 9, p.115-26, 1996.
- WATADA, A.E., QI, L. Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Tecnology**, v.15, p.201-205, 1999.
- WILEY, R.C. Introduction to minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY, R.C.(Ed) **Minimally processed refrigerated fruits & vegetables**. Chapman & Hall. London. 357 p., 1994.

