

COMUNICAÇÃO

ATIVIDADE RESPIRATÓRIA E EVOLUÇÃO DE ETILENO EM ALFACE CRESPA MINIMAMENTE PROCESSADA ARMAZENADA SOB DUAS TEMPERATURAS

Respiratory activity and ethylene evolution of fresh-cut crisphead lettuce stored under two temperatures

Leonora Mansur Mattos¹, Celso Luiz Moretti¹, Adimilson Bosco Chitarra², Maria Isabel Fernandes Chitarra²

RESUMO

O processamento mínimo de hortaliças envolve operações que ocasionam diversas alterações metabólicas no tecido processado, como elevação da atividade respiratória e evolução de etileno. A respiração é um processo complexo pelo qual reações químicas oxidam compostos orgânicos a dióxido de carbono e água para produção de energia. O aumento na evolução de etileno é, também, de extrema importância e pode ser observado em hortaliças submetidas ao processamento mínimo. No presente trabalho, estudaram-se efeitos fisiológicos desencadeados pelo processamento mínimo de alface (*Lactuca sativa* L.), visando conhecer a melhor temperatura de armazenamento bem como o estresse causado pelo processamento mínimo afeta o produto. Verificou-se que, logo após o processamento mínimo, as taxas respiratórias eram estatisticamente diferentes para os materiais processados a 5 e 10 mm e folha inteira, tanto na temperatura de 5 °C quanto a 10 °C. Verificou-se que o armazenamento a 5 °C reduziu de forma mais rápida o metabolismo respiratório quando se comparou com o armazenamento a 10 °C. O perfil das curvas de atividade respiratória e evolução de etileno da alface processada a 10 mm foi o mesmo para as duas temperaturas estudadas, diferindo apenas nos valores, que foram mais altos, conforme esperado, para a temperatura de 10 °C. No armazenamento à temperatura de 5 °C, pôde-se observar a redução da evolução de etileno para o material processado a 10 mm, mas não para o processado a 5 mm, nas duas primeiras horas após o processamento mínimo. A melhor temperatura para o armazenamento da alface minimamente processada foi de 5 °C e o produto processado como folha inteira apresentou menor taxa respiratória e elevação de etileno.

Termos para indexação: Processamento mínimo, alface, etileno, respiração, *Lactuca sativa*.

ABSTRACT

Fresh-cut technology involves many operations that might cause metabolic alterations in the processed tissue such as increase in respiration rate and ethylene evolution. Respiration is a complex process in which organic compounds are oxidized to carbon dioxide and water, with energy release. Ethylene evolution is also very important and can be observed in fresh-cut vegetable crops. In the present work we studied the physiological effects associated with fresh-cut lettuce (*Lactuca sativa* L.) searching the best temperature for storage as well as how the stress caused by processing affects the product. It was observed that right after processing respiratory rates of the materials sliced at 5 and 10mm thick were statistically different from the lettuce processed for both 5 °C and 10 °C storage temperatures. Storage at 5 °C was capable of reducing the metabolism faster when compared to the storage at 10 °C. The respiratory activity and ethylene evolution curves profile for the lettuce processed at 10 mm were the same for both the studied temperatures, differing only for the values, that were higher, as expected, for 10 °C. Ethylene evolution reduced for the material processed at 10 mm and stored at 5 °C, but did not reduce for the material processed at 5 mm at the first two hours after processing. The best temperature for fresh-cut lettuce storage was 5 °C and the material processed as whole leaves showed the lowest levels of carbon dioxide and ethylene evolution.

Index terms: Minimally processed, lettuce, ethylene, respiration, *Lactuca sativa*.

(Recebido em 5 de junho de 2006 e aprovado em 25 de outubro de 2007)

Os estresses mecânicos sofridos pelos tecidos que foram submetidos ao processamento mínimo de hortaliças induzem sinais que elicitam respostas fisiológicas e bioquímicas tanto em tecidos adjacentes quanto em tecidos distantes (KE & SALTVEIT, 1989; SALTVEIT, 1997), sendo a elevação da atividade respiratória e da evolução de etileno

eventos extremamente importantes (KLEIN, 1987; MATTHEWS & MCCARTHY, 1994).

A respiração aeróbica é caracterizada pelo consumo de oxigênio (O₂) do ar e a liberação de CO₂ (HONÓRIO & MORETTI, 2002). O conhecimento do nível mínimo de oxigênio necessário para a respiração aeróbica é muito

¹Doutora, Pesquisadora – Laboratório de Pós-Colheita – EMBRAPA Hortaliças/CNPq – Rodovia Br 060, Km 09 – Brasília-Anápolis – Cx. P. 218 – 70359-970 – Brasília, DF – leonora@cnpq.embrapa.br; moretti@cnpq.embrapa.br

²Phd, Professores Titular – Departamento de Ciência dos Alimentos/DCA – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – abchitarra@terra.com.br; mifchitarra@terra.com.br

importante para evitar que a via anaeróbica seja a via de respiração predominante, o que ocasiona a perda acelerada de qualidade do produto (WATADA et al., 1996).

As taxas de respiração de frutas e hortaliças minimamente processadas no momento do corte são, em geral, quase 100% mais altas que a dos produtos intactos (ROSEN & KADER, 1989; VAROQUAUX & WILEY, 1994; WATADA et al., 1996). Em casos extremos, como o de cenouras raladas, a atividade respiratória pode chegar a valores ainda maiores (VAROQUAUX & WILEY, 1994).

O aumento na evolução de etileno é outro evento de extrema importância observada em hortaliças submetidas ao processamento mínimo. Tal elevação na produção de etileno ocorre em função dos estresses sofridos pelo tecido vegetal (ABELES et al., 1992). O etileno, quando se acumula no interior do produto ou no ambiente, promove o aumento da respiração, estimula diversos processos metabólicos e, conseqüentemente, reduz a vida útil da fruta ou da hortaliça (HONÓRIO & MORETTI, 2002). O mesmo fenômeno é verificado em tecidos vegetais danificados (LATIES, 1978). O estresse mecânico em tecidos vegetais induz o aumento da taxa de produção de etileno (ABELES et al., 1992), que pode acelerar a deterioração e a senescência em tecidos vegetativos e não-climatéricos e promover o amadurecimento ou senescência de tecidos climatéricos (BRECHT, 1995; WATADA et al., 1990).

Várias estratégias podem ser utilizadas para minimizar os efeitos indesejáveis associados ao processamento mínimo de hortaliças. O criterioso manejo da temperatura é, sem dúvida, uma das principais formas de se prolongar a vida de prateleira do tecido processado. O abaixamento da temperatura reduz os processos enzimáticos, como a atividade respiratória e a evolução de etileno (WILLS et al., 1998) e, conseqüentemente, retarda os processos relacionados à senescência. O abaixamento da temperatura, no entanto, deve atingir níveis suficientes para manter as células vivas, porém de forma a preservar a qualidade dos produtos durante o período de armazenamento e comercialização, não permitindo que ocorra o congelamento dos tecidos (WILLS et al., 1998).

A alface é uma das hortaliças que tem apresentado grande demanda por informações quando minimamente processada. Entre os principais grupos de alface, destaca-se a crespa que, apesar de sua importância econômica, ainda é pouco estudada. Estudos relativos à atividade respiratória e à evolução de etileno do material processado, armazenado em temperaturas distintas, são desejáveis na medida em que podem elucidar uma série de problemas tecnológicos relacionados com a obtenção de um produto de excelente qualidade (KADER, 2002).

Neste trabalho, objetivou-se avaliar a atividade respiratória e a evolução de etileno das alfaces crespas minimamente processadas em folhas inteiras e na forma de tiras, cujos cortes transversais têm espessuras de 5 e 10 mm, armazenadas sob duas temperaturas.

Cabeças de alface (*Lactuca sativa* L.), cultivar Verônica, foram colhidas em campos de produção comercial em Brasília, DF. O ponto de colheita utilizado foi o comercial, ou seja, cabeças completamente formadas, com aproximadamente 35 dias após o transplântio.

Após a colheita, o material foi levado rapidamente para o laboratório de pós-colheita da Embrapa Hortaliças, onde foi selecionado e as folhas foram lavadas com água corrente.

Logo após a pré-lavagem, o material foi minimamente processado nas formas de folhas inteiras e tiras no sentido transversal com espessura de 5 mm e 10 mm.

As folhas de alface foram selecionadas e padronizadas quanto ao tamanho e cor, sendo descartadas aquelas que apresentavam qualquer defeito aparente ou ataque por patógenos.

As alfaces foram processadas como folha inteira e fatiadas, nas espessuras de 5 ± 1 mm e 10 ± 1 mm, em um processador de vegetais (Marca Robot Coupe, modelo CL 50), previamente higienizado com solução de hipoclorito de sódio (200 ppm de cloro ativo).

Logo após o processamento, as alfaces foram lavadas com água limpa a 5 ± 1 °C, para que o excesso de matéria orgânica proveniente do processamento fosse retirado, evitando-se assim a formação de triometanos, assim como outras substâncias indesejáveis provenientes da formação de complexos de cloro com matéria orgânica.

As folhas foram imersas em solução sanitizante, contendo 150 ppm de cloro ativo a 5 ± 2 °C, por 5 minutos. Utilizou-se como sanitizante o produto comercial Sumaveg (Gessy Lever), que tem como princípio ativo o dicloro S-triazinatriona sódica diidratada. Logo após a sanitização fez-se outro enxágüe, com uma solução de 5 ppm de cloro ativo, a 5 ± 1 °C.

As folhas de alface foram centrifugadas durante três minutos, utilizando-se uma centrífuga de pequeno porte, que aplicava força centrífuga de aproximadamente 800 x g.

Alfaces minimamente processadas como folhas inteiras foram acondicionadas em frascos com capacidade de 5,04 L de volume, com tampas providas com um septo de borracha e armazenadas a 5 ± 1 °C e 10 ± 1 °C.

Alfaces minimamente processadas a 5 e 10 mm de espessura foram acondicionadas em frascos herméticos

de 1,72 L de volume, com tampas providas com septos de borracha e mantidas nas condições da alface minimamente processada como folhas inteiras.

As concentrações de CO_2 e C_2H_4 , na atmosfera interna dos frascos, foram determinadas durante um período de 4 horas, em intervalos de 1 hora, após o processamento. Foram coletadas alíquotas de 1,0 mL da atmosfera interna dos frascos de vidro descritos anteriormente. As amostras foram retiradas com o auxílio de uma seringa hipodérmica, com capacidade de 1 mL, inserindo-se a agulha no septo de borracha situado na tampa do frasco.

As amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás, marca CG, equipado com detector de condutividade térmica e coluna empacotada com Porapak-Q (60–100 mesh, 1m de comprimento e 3,2mm de diâmetro interno). Utilizou-se como gás de arraste o nitrogênio (N_2 – 80 kPa), com o fluxo de 40–45 mL min^{-1} . O padrão de dióxido de carbono, na concentração de 10 mL.L^{-1} , foi injetado nas mesmas condições das descritas para as amostras.

A quantificação das concentrações de CO_2 , dentro dos frascos, foi feita pela comparação do pico produzido pela amostra com aquele produzido pela aplicação de uma alíquota de 1,0 mL do padrão de CO_2 , sendo a atividade respiratória estimada, na matéria fresca, em $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

A evolução de etileno do material processado foi quantificada utilizando-se o mesmo cromatógrafo a gás (marca CG), equipado com um detector de ionização de chama. A quantificação do C_2H_4 liberado foi feita comparando-se a área do pico da amostra com a área produzida pela aplicação de uma alíquota de 1,0 mL de um padrão com 502 ppm de C_2H_4 . A evolução de etileno, na matéria fresca, foi estimada em $\text{mL C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 24 tratamentos arranjados em esquema fatorial $3 \times 2 \times 4$ (3 tipos de corte, 2 temperaturas e 4 tempos de amostragem), com 3 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de diferença mínima significativa, em teste de comparações múltiplas, em que as diferenças entre dois tratamentos maiores que a soma de dois desvios-padrões foram consideradas significativas, a 5% de probabilidade (SHAMAILA et al., 1992).

Observou-se que o estresse de processamento mínimo causou significativa elevação da taxa respiratória, logo após o processamento, e tal elevação foi mais pronunciada nas folhas processadas a 5 e 10 mm do que nas alfaces processadas como folhas inteiras, tanto a 5 °C quanto a 10 °C (Figura 1).

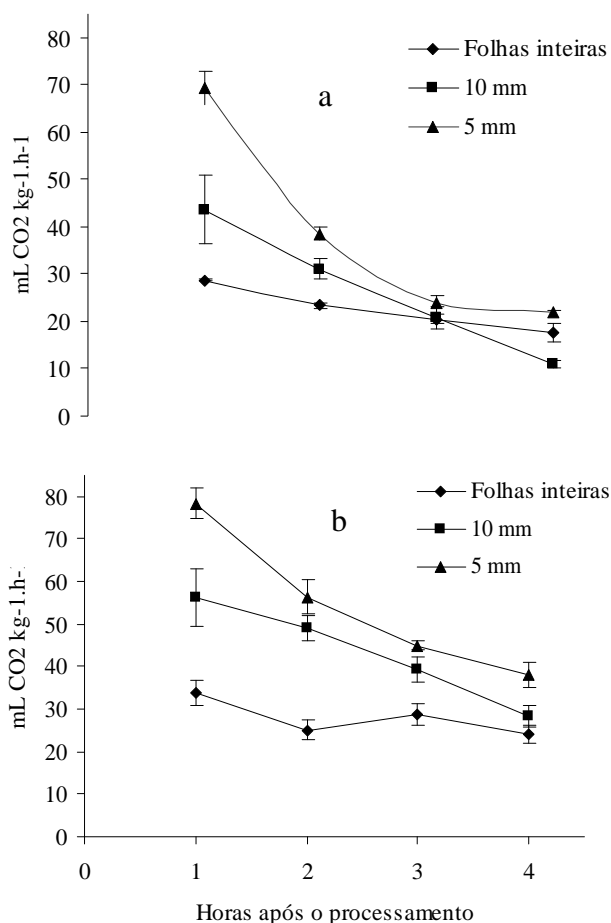


Figura 1 – Atividade respiratória em alfaces minimamente processadas em folhas inteiras e a 5 e 10 mm, nas temperaturas de 5 °C (a) e 10 °C (b).

Verificou-se que, para ambas temperaturas, o material processado a 5 mm apresentou uma maior elevação na atividade respiratória logo após o processamento mínimo (Figuras 1a e 1b), constatando-se que quanto maior o estresse sofrido, maior a resposta na elevação da atividade respiratória. Na primeira hora após o processamento mínimo, a atividade respiratória do material minimamente processado a 5 mm era 2,3 e 2,7 vezes maior do que o material processado como folha inteira e armazenado a 5 e 10 °C, respectivamente (Figuras 1a e 1b).

Constatou-se que a elevação na evolução CO_2 foi transitória e que num período de três horas para o material armazenado a 5 °C e quatro horas para o material armazenado a 10 °C, após o processamento mínimo, as taxas respiratórias eram estatisticamente iguais tanto para os materiais processados a 5 e 10 mm quanto para a alface processada

como folha inteira. Pela observação, verifica-se que o armazenamento a temperaturas inferiores (5 °C) reduz de forma mais rápida o metabolismo respiratório quando se compara com outra situação cuja temperatura é mais elevada (10 °C). O perfil da curva de atividade respiratória da alface processada a 10 mm foi o mesmo para as duas temperaturas estudadas, diferindo apenas nos valores, que foram mais altos, conforme esperado, para a temperatura de 10 °C.

Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com Moretti et al. (2002), que verificaram que raízes de batata-doce, minimamente processadas, apresentaram elevação significativa na atividade respiratória após o processamento mínimo. Tal elevação, segundo esses autores, foi dependente da cultivar, e raízes de batata-doce 'Princesa' foram as que apresentaram a maior atividade respiratória, entre os materiais estudados. De maneira similar, os resultados obtidos no presente estudo também estão de acordo com Moretti et al. (2000), que observaram que, pimentões minimamente processados armazenados a 22 °C, apresentaram maior atividade respiratória do que o mesmo material armazenado a 2 °C.

As variações na atividade respiratória, em função da temperatura, podem ser descritas pelo modelo clássico de Arrhenius (EXAMA et al., 1993; MCLAUGHLIN & O'BEIRNE, 1999), utilizando-se apenas a produção de CO₂ para caracterizar o processo respiratório. Observa-se que, à medida que a temperatura aumenta, a energia de ativação do CO₂ na respiração diminui de forma significativa, ou seja, a barreira energética para liberar o CO₂ é menor e, com isso, a respiração ocorre com maior intensidade.

Verificou-se que o estresse de processamento provocou elevação significativa da evolução de etileno nos materiais minimamente processados a 5 e 10 mm, armazenados tanto a 5 quanto a 10 °C. Tal fato foi verificado de maneira menos acentuada para o material minimamente processado como folha inteira (Figura 2).

Verificou-se que, em ambas as temperaturas, no material processado a 5 mm, ocorreu maior evolução de etileno quando comparado com o material processado a 10 mm e como folhas inteiras (Figuras 2 a e b).

Para a alface armazenada a 10 °C, verificou-se que o estresse de processamento causou elevação significativa da evolução de etileno da ordem de 4 e 3 vezes para os materiais processados a 5 e 10 mm, respectivamente (Figura 2b). Constatou-se que tal evolução foi transiente e que, duas horas após o processamento mínimo, as taxas de evolução de etileno para a alface processada a 5 e 10 mm eram praticamente iguais às da alface processada como folha inteira.

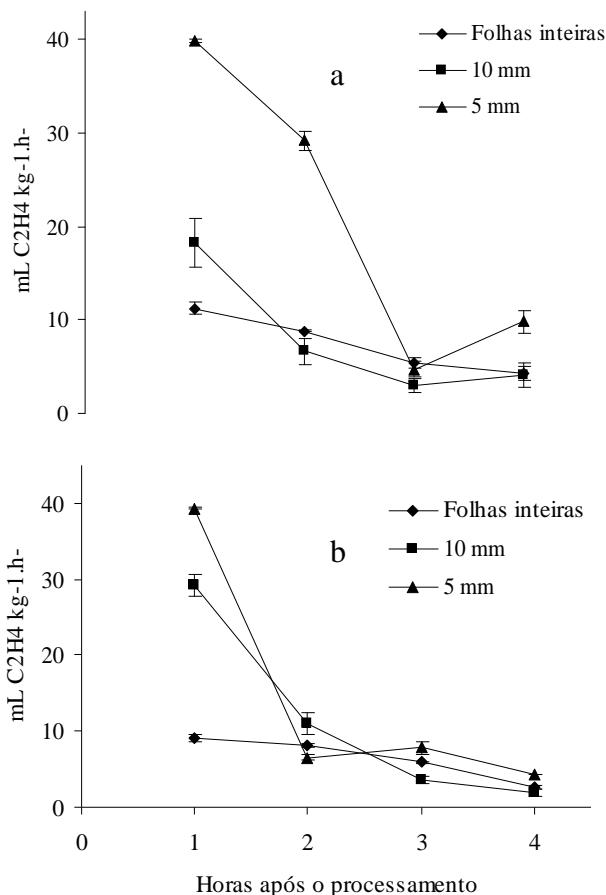


Figura 2 – Evolução de etileno em alfaces minimamente processadas em folhas inteiras e a 5 e 10 mm, nas temperaturas de 5 °C (b) e 10 °C (a).

Adicionalmente, observou-se que, para o material armazenado a 5 °C, o processamento a 5 mm causou elevação significativa da evolução de etileno que era em torno de 4 vezes maior do que a das folhas inteiras, na primeira hora após o processamento (Figura 2a). Por outro lado, verificou-se que o material processado a 10 mm possuía evolução de etileno significativamente menor do que o processado a 5 mm, o que é uma inequívoca evidência de que o estresse de processamento mais intenso produz uma resposta fisiológica mais acentuada (Figura 2b).

Outro aspecto importante é o de que o armazenamento à temperatura de 5 °C foi capaz de reduzir a evolução de etileno para o material processado a 10 mm, mas não para o processado a 5 mm, nas duas primeiras horas após o processamento mínimo. Com esse fato, verifica-se que nem sempre o armazenamento à baixa temperatura é capaz de reduzir rapidamente a atividade

metabólica do produto submetido a severos estresses mecânicos, como os que ocorrem durante o processamento mínimo de hortaliças.

Os estresses mecânicos induzem a produção de etileno em vários tecidos vegetais (ABELES, 1992). Moretti et al. (1998) observaram que tomates submetidos a estresses mecânicos apresentaram aumento significativo da evolução de etileno. Similarmente ao observado no presente trabalho, tomates submetidos ao fatiamento no estádio verde maduro (de 10 a 30% da superfície possui coloração avermelhada) tiveram a evolução de etileno aumentada de 3 a 4 vezes, sendo o amadurecimento também acelerado em comparação com o fruto intacto (MENCARELLI et al., 1989). Abe & Watada (1991) verificaram também que a indução do aumento da evolução de etileno ocasionada pelo corte foi suficiente para acelerar a degradação de clorofila em espinafre.

Fica evidente, portanto, que os dados consultados na literatura mundial coincidem com os resultados encontrados no presente trabalho, ou seja, de que os estresses mecânicos de corte, ocorridos por ocasião do processamento mínimo, provocam o aumento da atividade respiratória e da evolução de etileno em alface crespa minimamente processada.

O estresse do processamento mínimo causou elevação que foi mais acentuada nas folhas processadas a 5 e 10 mm, que nas alfaces processadas como folhas inteiras, nas duas temperaturas estudadas.

A evolução de etileno teve um aumento significativo que foi provocado pelo processamento realizado a 5 e 10 mm quando armazenados a 5 °C e a 10 °C.

Com base nos dados obtidos neste trabalho, conclui-se que a temperatura ideal para o armazenamento da alface minimamente processada é de 5 °C, e o corte que apresentou maior estresse foi o de 5 mm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, K.; WATADA, E. A. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 6, p. 1493-1496, Feb. 1991.
- ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. **Ethylene in plant biology**. 2. ed. San Diego: Academic, 1992.
- BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **Hortscience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, Feb. 1995.
- EXAMA, A.; ARUL, J.; LENCKI, R. W.; LEE, L. Z.; TOUPIN, C. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, n. 6, p. 1365-1370, Nov./Dec. 1993.
- HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília, DF: [s.n.], 2002. v. 1, p. 60-94.
- KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. California: University of California, 2002. 535 p. (Publication 3311).
- KE, D.; SALTVEIT, M. E. Wound-induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 76, n. 3, p. 412-418, July 1989.
- KLEIN, B. P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v. 10, n. 3, p. 179-193, 1987.
- LATIES, G. G. The development and control of respiratory pathways in slices of plant storage organs. In: KHAL, G. (Ed.). **Biochemistry of wounded tissues**. Berlin: Walter deGruyter, 1978. p. 421-466.
- MATTHEWS, R. H.; MCCARTHY, M. A. Nutritional quality of fruits and vegetables subject to minimal processing. In: WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. p. 313-326.
- McLAUGHLIN, C. P.; O'BEIRNE, D. Respiration rates of dry coleslaw mix as affected by storage temperature and respiratory gas concentrations. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 1, p. 116-119, Jan./Feb. 1999.
- MENCARELLI, F.; SALTVEIT, M. E.; MASSANTINI, R. Lightly processed foods: Ripening of tomato fruit slices. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 244, p. 193-200, 1989.
- MORETTI, C. L.; ARAUJO, A. L.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Respiratory activity and browning of minimally processed sweet potatoes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 497-500, Sept. 2002.

- MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J.; CALBO, A. G.; PUSCHMANN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 656-660, July 1998.
- MORETTI, C. L.; SILVA, W. L.; ARAUJO, A. L. Quality attributes and carbon dioxide evolution of bell peppers as affected by minimal processing and storage temperature. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Orlando, v. 113, p. 156-159, 2000.
- ROSEN, J. C.; KADER, A. A. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 3, p. 656-659, May/June 1989.
- SALTVEIT, M. E. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ROBINS, R. J. (Eds.). **Phytochemistry of fruit and vegetables**. London: Oxford University, 1997. p. 205-220.
- SHAMAILA, M.; POWRIE, W. D.; SKURA, B. J. Sensory evaluation of strawberry fruit stored under modified atmosphere packaging (MAP) by quantitative descriptive analysis. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 5, p. 1168-1172, Sept./Oct. 1992.
- VAROQUAUX, P.; WILEY, R. C. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. p. 226-268.
- WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMAUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 44, n. 5, p. 116-122, May 1990.
- WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v. 9, n. 3, p. 115-125, June 1996.
- WILLS, R. H.; LEE, T. H.; HALL, E. G. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1998. 160 p.