

Respiração e produção de etileno em beterrabas inteiras e minimamente processadas submetidas a tratamentos com etileno e biorreguladores

Ricardo Alfredo Kluge; Andressa A Picoli; Juan S del Aguila

¹USP-ESALQ, Depto. Ciências Biológicas, C. Postal 9, 13418-900 Piracicaba-SP; rakluge@esalq.usp.br

RESUMO

Verificou-se o efeito do etileno e de biorreguladores sobre a atividade respiratória e a síntese de etileno em beterrabas minimamente processadas e inteiras. Para o processamento mínimo, as raízes foram selecionadas quanto à firmeza, cor e tamanho, descascadas, sanificadas, sendo em seguida cortadas em fatias (2 mm de espessura), enxaguadas e centrifugadas. Os tratamentos aplicados foram: etileno (1000 $\mu\text{L L}^{-1}$), 1-metilciclopropeno (300 nL L^{-1}) e ácido salicílico (500 mg L^{-1}). Após os tratamentos, as beterrabas foram embaladas e armazenadas a $5\pm 1^\circ\text{C}$ e $85\pm 5\%$ UR durante 10 dias. Observou-se que o ácido salicílico promoveu a diminuição da atividade respiratória do produto minimamente processado durante o armazenamento. Além disso, verificou-se que a resposta fisiológica de beterraba minimamente processada é diferente de beterraba inteira, o que foi comprovada ao se analisar a atividade respiratória e a produção de etileno, que foram significativamente maiores no produto minimamente processado.

Palavras-chave: *Beta vulgaris*, ácido salicílico, 1-metilciclopropeno, estresse mecânico.

ABSTRACT

Respiratory rate and ethylene production of whole and minimally processed beet roots submitted to ethylene and bioregulators treatments

The objective of this work was to evaluate the effects of ethylene and bioregulators on the respiratory activity and ethylene synthesis of minimally processed and whole beet roots. For the minimal processing, beet roots were graded for firmness, color and size, and were peeled. Roots were then sanitized, shredded (2 mm thick), rinsed and centrifuged. The following treatments were applied: ethylene (1000 $\mu\text{L L}^{-1}$), 1-methylcyclopropene (300 nL L^{-1}) and salicylic acid (500 mg L^{-1}). After treatments, beet roots were packed and stored at $5\pm 1^\circ\text{C}$ and $85\pm 5\%$ RH during 10 days. It was observed that salicylic acid use promoted the decrease of respiratory rates of minimally processed beet roots during all storage time. It was also noted difference between whole and minimally processed beet roots physiology. This difference was observed by the high values of respiratory activity and ethylene production rates in the minimally processed beet roots.

Keywords: *Beta vulgaris*, methylcyclopropene, salicylic acid, mechanical stress.

(Recebido para publicação em 24 de março de 2009; aceito em 3 de fevereiro de 2010)

(Received on March 24, 2009; accepted on February 2, 2010)

Frutas e hortaliças minimamente processadas são em essência órgãos vegetais que passaram por alterações físicas, isto é, foram descascados, picados, torneados e ralados, dentre outros processos, mas que permaneceram no estado fresco e metabolicamente ativos (Moretti & Machado, 2006; Saavedra del Aguila *et al.*, 2006a).

A conservação de hortaliças minimamente processadas é um processo especialmente complexo, no qual estão envolvidas células vegetais danificadas, intactas e/ou inativadas. Em outras palavras, enquanto algumas células apresentam atividade respiratória normal, as danificadas apresentam atividade respiratória maior (Rolle & Chism, 1987; Saavedra del Aguila *et al.*, 2008).

O efeito do corte e outros danos, provocados durante as etapas do processamento mínimo, tem como consequência o rompimento de organelas, modificação

da permeabilidade das membranas, desorganização celular, ativação da síntese do etileno e aumento na respiração (Chitarra & Chitarra, 2005).

As taxas respiratórias de produtos minimamente processados são geralmente, mais altas que as encontradas em frutas e hortaliças inteiras; por exemplo, as taxas respiratórias das raízes de rabanete minimamente processado em fatias são em média 95% superiores às taxas respiratórias das raízes inteiras, quando armazenadas a 5°C e 90% UR por 10 dias (Saavedra del Aguila *et al.*, 2007). O controle da produção de CO_2 pode ser usado para prolongar a vida de prateleira de produtos minimamente processados, o que obriga sua comercialização sob refrigeração (Watada *et al.*, 1996). Neste sentido, Vitti *et al.*, (2005) encontraram que a taxa respiratória de beterrabas em fatias e armazenadas a 15°C é aproximadamente o dobro das

armazenadas a 5°C . Segundo Brecht (1995) a taxa respiratória e a produção de etileno, bem como outras reações associadas ao processamento, são reduzidas quando o produto é preparado sob baixas temperaturas (Saavedra del Aguila *et al.*, 2006b).

Embora a maioria das hortaliças produza quantidades baixas de etileno, são muito sensíveis às exposições de etileno exógeno. O principal efeito deste fitohormônio, nesses produtos, é a indução de aumento da atividade respiratória, o que acelera a atividade metabólica e antecipa a senescência (Chitarra & Chitarra, 2005). O etileno pode ter a sua ação bloqueada pela aplicação do 1-metilciclopropeno (1-MCP) (Sisler & Serek, 1997). O 1-MCP apresenta a capacidade de evitar os efeitos relativos ao etileno, sendo usado para retardar a maturação de frutas e a senescência de hortaliças e flores (Blankenship &

Dole, 2003). A produção de etileno pode ser reduzida com a aplicação de ácido salicílico, que inibe a ACC oxidase, a enzima formadora do etileno (Jun *et al.*, 1999).

Portanto, o armazenamento refrigerado e a aplicação de ácido salicílico e 1-MCP, podem manter a qualidade do produto, possibilitando o armazenamento da beterraba minimamente processada por maior período de tempo. Entretanto, não só o conhecimento dos efeitos dos tratamentos é importante, mas também a viabilidade prática e econômica da técnica que, uma vez estabelecida, pode tornar o tratamento aplicável, a nível comercial, para as condições brasileiras.

Este trabalho teve como objetivo verificar o efeito do etileno e de biorreguladores sobre a atividade respiratória e síntese de etileno de beterrabas minimamente processadas e inteiras.

MATERIAL E MÉTODOS

Beterrabas cv. Early Wonder foram colhidas na região de São José do Rio Preto-SP e cuidadosamente transportadas em caixas plásticas forradas com filme plástico tipo “bolha” por aproximadamente 4 horas até laboratório da ESALQ em Piracicaba, onde sofreram uma seleção quanto ao tamanho, cor, firmeza e ausência de injúrias mecânicas e patológicas. As beterrabas foram pré-lavadas em água corrente, com o objetivo de retirar as impurezas advindas do campo. A seguir, o material foi separado em dois lotes; um deles foi minimamente processado e o outro permaneceu inteiro.

O fluxograma de preparo do produto minimamente processado seguiu o utilizado por Vitti *et al.* (2004) com modificações. O processamento ocorreu dentro de câmara a 10°C, sobre mesa de aço inoxidável devidamente higienizada. Os operadores utilizaram botas, aventais, luvas, máscaras e toucas, como parte das condições mínimas de assepsia. Inicialmente, as beterrabas foram imersas em água resfriada (5°C) por 2 minutos para reduzir a atividade metabólica antes do processamento. A seguir, elas tiveram a película externa retirada em descascado-

ra industrial com disco abrasivo. Estas raízes foram sanificadas por 3 minutos em água clorada (200 mg L⁻¹ de cloro ativo), com o objetivo de se reduzir os riscos de contaminação. A seguir foram submetidas ao corte em fatias com 2 mm de espessura, utilizando-se processadora industrial. Após essa etapa, o produto foi enxaguado em água com 3 mg L⁻¹ de cloro ativo por 1 minuto para a retirada do excesso de cloro. Em seguida, foram centrifugadas (800 x g) em centrífuga doméstica durante 20 segundos, para a retirada do excesso de umidade.

Os tratamentos aplicados, tanto nas beterrabas minimamente processadas quanto nas inteiras foram etileno, 1-MCP e ácido salicílico, além do controle. Para a aplicação do etileno, as beterrabas foram colocadas em caixas herméticas, com volume de 0,19 m³ durante 24 horas. O etileno (1000 µL L⁻¹) foi aplicado injetando-se gás azetil® (fornecido pela White Martins, contendo 5% de etileno) no interior da caixa hermética, através de um septo de silicone.

Para a aplicação de 1-MCP, na concentração de 300 nL L⁻¹, foram utilizadas 0,089 g do produto comercial SmartFresh®, o qual foi dissolvido em 20 mL de água a 50°C em frasco hermeticamente fechado. Após completa dissolução do produto, o frasco foi aberto no interior da caixa, para a liberação do gás. A duração deste tratamento foi de 12 horas. O ácido salicílico foi aplicado na forma de imersão do produto, durante 5 minutos, em uma solução contendo 500 mg L⁻¹ de ácido salicílico.

As beterrabas minimamente processadas e inteiras foram acondicionadas em frascos herméticos de vidro, com tampa de metal e septo de silicone, com capacidade para 600 mL e 1700 mL, respectivamente. Todos os tratamentos foram armazenados a 5±1°C e 85±5% UR.

O período de armazenamento foi de 10 dias, sendo que as avaliações foram realizadas diariamente. Imediatamente após cada leitura (produção de etileno e atividade respiratória), os frascos eram abertos, tendo suas tampas substituídas por um filme de policloreto de vinila (PVC) de 14 µm de espessura. O delineamento experimental foi inteiramente

ao acaso com seis repetições (200 g de produto), em esquema fatorial 4 x 11, onde os fatores estudados foram quatro tratamentos (controle, etileno, ácido salicílico e 1-MCP) e onze tempos de armazenamento.

As seguintes variáveis foram analisadas: a) Produção de etileno: os frascos permaneceram hermeticamente fechados com tampa de metal e septo de silicone durante 2 horas a 5°C e, ao final deste período, foi coletada, através do septo, uma alíquota de 0,5 mL de gás do interior dos frascos, utilizando-se uma seringa modelo Gastight, marca Hamilton. As amostras coletadas foram injetadas em cromatógrafo a gás (Thermo mod. Trace GC Ultra), com detector de ionização de chama (FID) e coluna “Propak N”. O gás de arraste foi o hidrogênio, a um fluxo de 30 mL/minuto. As temperaturas mantidas no aparelho foram de 100°C para a coluna, 140°C no injetor, 180°C no detector e 350°C no metanador. Os resultados foram expressos em µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹; b) Atividade respiratória: foram utilizados os mesmos procedimentos adotados para a determinação de etileno. As temperaturas mantidas no aparelho foram 100°C para a coluna, 100°C no injetor, 250°C no detector e 350°C no metanador. Os resultados foram expressos em mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste da diferença mínima significativa (p≤0,05), em que as diferenças entre dois tratamentos maior que a soma de dois erros padrões foram consideradas significativas (Moretto *et al.*, 2002; Vitti *et al.*, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que a taxa respiratória, dos tecidos intactos e danificados respondem diferentemente, considerando os valores superiores das taxas observadas em beterrabas minimamente processadas em relação às inteiras (Figura 1).

A figura 1 (A e B) indica que a atividade respiratória de beterrabas minimamente processadas é maior que a das raízes inteiras, o que também foi

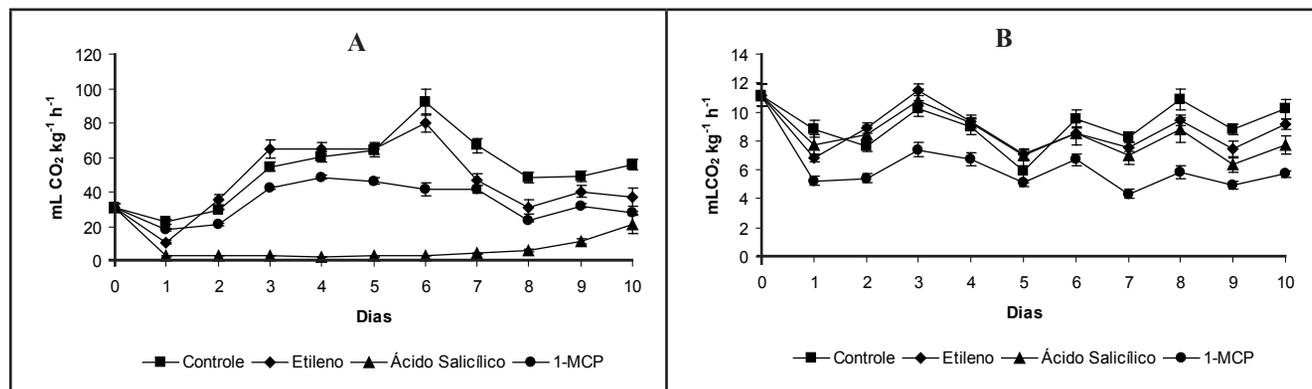


Figura 1. Atividade respiratória de beterrabas minimamente processadas (A) e inteiras (B) submetidas a tratamentos com etileno e biorreguladores e armazenadas durante 10 dias a $5\pm 1^\circ\text{C}$ e $85\pm 5\%$ UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=6$) (respiratory activity of minimally processed and whole beet roots submitted to bioregulators treatments and stored at $5\pm 1^\circ\text{C}$ and $85\pm 5\%$ HR. Vertical bars show the average standard error ($n=6$)). ESALQ, Piracicaba, 2008.

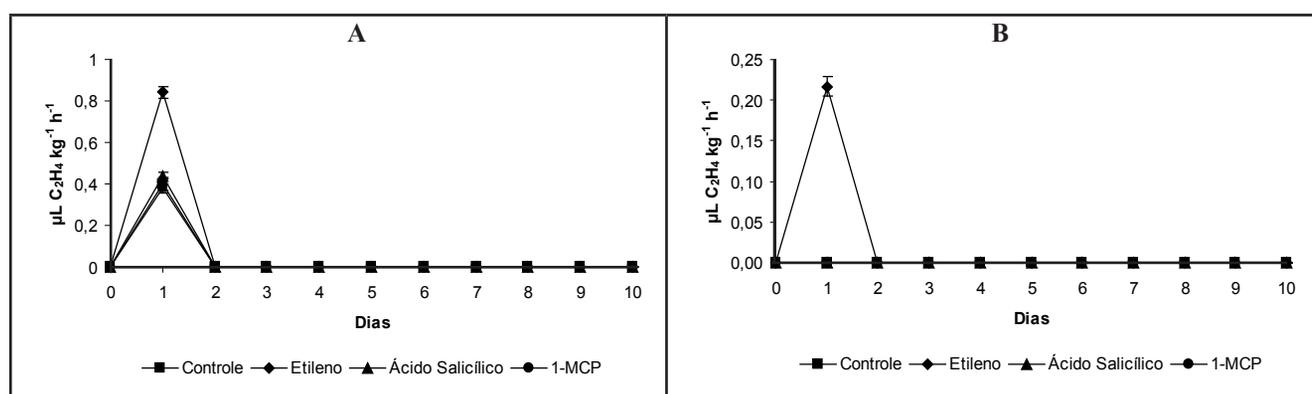


Figura 2. Produção de etileno de beterrabas minimamente processadas (A) e inteiras (B) submetidas a tratamentos com etileno e biorreguladores e armazenadas durante 10 dias a $5\pm 1^\circ\text{C}$ e $85\pm 5\%$ UR. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=6$) (ethylene synthesis of minimally processed and whole beet roots submitted to bioregulators treatments and stored at $5\pm 1^\circ\text{C}$ and $85\pm 5\%$ HR. Vertical bars show the average standard error ($n=6$)). ESALQ, Piracicaba, 2008.

observado por Osório & Chaves (1998) e Vitti *et al.* (2004). Estes resultados podem ser explicados pela maior exposição dos tecidos cortados ao ambiente, que o processamento promove.

A aplicação de ácido salicílico nas beterrabas minimamente processadas causou redução na atividade respiratória em comparação aos demais tratamentos, cujos resultados apresentaram uma tendência de aumento inicial, até o 5° - 6° dia de armazenamento, seguido de redução (Figura 1A). É possível que o ácido salicílico, cujo pH é 2,5, tenha reduzido o pH citosólico e diminuído o ritmo da glicólise, pois afetou suas enzimas (Taiz & Zeiger, 2009). Vitti (2003a) também observou redução na atividade respiratória de beterrabas minimamente processadas e tratadas com ácido cítrico, aditivo que como o ácido salicílico, é usado como conservante de

alimentos.

Não foi verificado efeito do ácido salicílico na atividade respiratória de beterrabas inteiras, o que evidenciou o efeito do 1-MCP na diminuição da respiração (Figura 1B), o que também foi indicado no produto minimamente processado (Figura 1A).

Vilas-Boas & Kader (2006) estudaram a taxa respiratória de bananas minimamente processadas armazenadas a 10°C e observaram que a taxa respiratória sofreu decréscimo de 40% quando tratado com $1\ \mu\text{L L}^{-1}$ de 1-MCP, em relação às bananas minimamente processadas sem aplicação de 1-MCP (controle); resultados similares foram obtidos por Arias *et al.*, (2009) com peras minimamente processadas e armazenadas a $0-1^\circ\text{C}$ por 3 meses. Em contrapartida, Aguayo *et al.* (2006), acharam uma elevação significativa da taxa respiratória

de morangos ‘Camarosa’ minimamente processados e tratados com 1-MCP até o 6 dia de armazenamento a 5°C ; assim como Budu & Joyce (2003) trabalhando com abacaxi minimamente processado e armazenado a $4,5^\circ\text{C}$ por 12 dias.

Por outro lado, Kim *et al.* (2007) verificaram que a atividade respiratória de coentro minimamente processado e tratado com 1-MCP e armazenado a 5°C não apresentou diferenças em relação ao tratamento controle (sem aplicação de 1-MCP), do mesmo modo Saftner *et al.* (2007), em pesquisa com melão minimamente processado e armazenado a 5°C por 6 dias não acharam diferenças entre os tratamentos com 1-MCP e o tratamento controle.

Nas beterrabas minimamente processadas e inteiras houve produção de etileno apenas no primeiro dia de armazenamento, caracterizado por um

pico. Ele foi mais marcante nas beterrabas inteiras tratadas com etileno, que no primeiro dia de armazenamento levou a valores de produção de etileno duas vezes maiores que os dos demais tratamentos (Figuras 2A e 2B).

Kim *et al.* (2007) observaram acréscimos significativos na produção de etileno de coentro minimamente processado e tratado com 1-MCP ao respeito do tratamento controle (sem aplicação de 1-MCP), armazenado a 5°C por 7 dias.

Vilas-Boas & Kader (2006) trabalhando com bananas minimamente processadas, tratadas ou não com 1-MCP e armazenadas a 10°C por 3 dias, não encontraram diferenças significativas na produção de etileno entre os tratamentos controle (sem aplicação de 1-MCP) e os tratamentos submetidos a 1-MCP.

Já decréscimos na produção de etileno, foram obtidos por Aguayo *et al.* (2006), trabalhando com morangos ‘Camarosa’ minimamente processado tratados com 1-MCP e armazenados a 5°C por 12 dias; e por Arias *et al.* (2009) em peras minimamente processadas tratadas com 1-MCP e armazenadas a 0-1°C por 3 meses.

Tecidos estressados ou danificados geralmente respondem por meio da biossíntese de etileno e aumentos na taxa respiratória (Purvis, 1997), como forma de regularizar o metabolismo e/ou ativar vias para a produção de metabólitos cicatrizantes (Saltveit, 2003).

O etileno só foi detectado nas beterrabas inteiras tratadas com etileno, porém em beterrabas minimamente processadas foi possível verificar esta produção de etileno, conforme relatado por Vitti (2003b). Vitti *et al.* (2004) observaram produção de etileno, mas esta produção, nas primeiras horas após o fatiamento, atingiu valores de 0,9 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, com pouca variação ao longo do armazenamento, a 5°C e 85% UR, por 10 dias.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de mestrado (proc. nº 2006/01881-7),

do segundo autor; e pelo auxílio financeiro (proc. nº 2005/01863-6).

REFERÊNCIAS

- AGUAYO E; JANJASITHORN R; KADER AA. 2006. Combined effects of 1-Methylcyclopropene, calcium chloride dip, and/or atmosphere modification on quality changes of fresh-cut strawberries. *Postharvest Biology and Technology* 40: 269-278.
- ARIAS E; LÓPEZ-BUESA P; ORIA R. 2009. Extension of fresh-cut ‘Blanquilla’ pear (*Pyrus communis* L.) shelf-life by 1-MCP treatment after harvest. *Postharvest Biology and Technology* Article in press.
- BLANKENSHIP SM; DOLE JM. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1-25.
- BRECHT JK. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30: 18-22.
- BUDU AS; JOYCE DC. 2003. Effect of 1-Methylcyclopropene on the quality of minimally processed pineapple fruit. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43: 177-184.
- CHITARRA MIF; CHITARRA AB. 2005. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: UFLA. 785p.
- JUNPG; NISHIMURAN; KUBOY; NAKAMURA R; INABA A. 1999. Biosynthesis of trace-ethylene in some fruits. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 61: 199-204.
- KIM JG; LUO Y; TAO Y. Effect of the sequential treatment of 1-methylcyclopropene and acidified sodium chlorite on microbiological growth and quality of fresh-cut cilantro. *Postharvest Biology and Technology* 46: 144-149.
- MORETTI CL; ARAÚJO AL; MAROUELLI WA; SILVA WLC. 2002. Respiratory activity and browning of minimally processed sweet potatoes. *Horticultura Brasileira* 20: 497-500.
- MORETTI CL; MACHADO CMM. 2006. Aproveitamento de resíduos sólidos do processamento mínimo de frutas e hortaliças. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4. *Palestras...* São Pedro: Universidade de São Paulo. p. 25-32.
- OSORNIO MML; CHAVES AR. 1998. Quality changes in stored raw grated beetroots as affected by temperature and packaging film. *Journal of Food Science* 63: 327-330.
- PURVIS AC. 1997. The role of adaptive enzymes in carbohydrate oxidation by stressed and senescing plant tissues. *HortScience* 32: 1165-1168.
- ROLLE R; CHISM GW. 1987. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *Journal of Food Quality* 10: 157-165.
- SAAVEDRA DEL AGUILA J; SASAKI, FF; HEIFFIG LS; ONGARELLI MG; GALLO CR; JACOMINO AP; KLUGE RA. 2006a. Determinação da microflora em rabanetes minimamente processados. *Horticultura Brasileira* 24: 75-78.
- SAAVEDRA DEL AGUILA J; SASAKI, FF; HEIFFIG LS; ORTEGA EMM; JACOMINO AP; KLUGE RA. 2006b. Fresh-cut radish using different cut types and storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology* 40: 149-154.
- SAAVEDRA DEL AGUILA J; SASAKI, FF; HEIFFIG LS; ORTEGA EMM; JACOMINO AP; KLUGE RA. 2007. Alteração do metabolismo respiratório em rabanetes minimamente processados. *Ciência Rural* 37: 565-568.
- SAAVEDRA DEL AGUILA J; SASAKI, FF; HEIFFIG LS; ORTEGA EMM; TREVISAN MJ; KLUGE RA. 2008. Effect of antioxidants in fresh cut radishes during the cold storage. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51: 1217-1223.
- SAFTNER R; LUO, Y; McEVOY J; ABBOT JA; VINYARD B. 2007. Quality characteristics of fresh-cut watermelon slices from non-treated and 1-methylcyclopropene- and/or ethylene-treated whole fruit. *Postharvest Biology and Technology* 44: 71-79.
- SALTVEIT ME. 2003. Fresh-cut vegetables. In: BARTZ JA; BRECHT JK (eds). *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. New York: Marcel Dekker. p. 691-712.
- SISLER EC; SEREK M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptors level: recent developments. *Physiologia Plantarum* 100: 577-582.
- TAIZ L; ZEIGER E. 2009. *Fisiologia Vegetal*. Porto Alegre: Artmed. 848p.
- VILAS-BOAS EVB; KADER AA. 2006. Effect of atmospheric modification, 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana. *Postharvest Biology and Technology* 39: 155-162.
- VITTI MCD. 2003a. *Aspectos fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos em beterrabas minimamente processadas*. Piracicaba: USP ESALQ. 116p (tese mestrado).
- VITTI MCD; KLUGE RA; GALLO CR; SCHIAVINATO MA; MORETTI CL; JACOMINO AP. 2004. Aspectos fisiológicos e microbiológicos de beterrabas minimamente processadas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39: 1027-1032.
- VITTI MCD; KLUGE RA; YAMAMOTTO LK.; JACOMINO AP. 2003b. Comportamento da beterraba minimamente processada em diferentes espessuras de corte. *Horticultura Brasileira* 21: 623-626.
- VITTI MCD; YAMAMOTTO LK; SASAKI, FF; SAAVEDRA DEL AGUILA J; KLUGE RA; JACOMINO AP. 2005. Quality of minimally processed beet roots in different temperatures. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48: 503-510.
- WATADA AE; KO NP; MINOTT DA. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology* 9: 115-125.