

# Qualidade de brócolis (*Brassica oleracea* var. *itálica*) em embalagem com atmosfera modificada

Paulo de Tarso Carvalho<sup>1</sup> e Edmar Clemente<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cefet-PR, Avenida Brasil 4.232, 85884-000, Medianeira, Paraná, Brasil. <sup>2</sup>Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. \*Autor para correspondência. e-mail: padetar@yahoo.com.br

**RESUMO.** O brócolis é uma hortaliça importante em termos econômico e nutricional. Embora possa ser minimamente processada, apresenta rápida senescência, caracterizada pelo amarelecimento das sépalas, perda de turgescência, desenvolvimento de odores desagradáveis, aumento na atividade enzimática e redução do valor nutricional. Dentre as técnicas que podem estender sua vida de prateleira, temos o uso de refrigeração e de embalagem com atmosfera modificada, sendo vários os fatores que interferem na eficiência da técnica de embalagem com atmosfera modificada, influenciando a velocidade das alterações na atmosfera bem como a intensidade das mesmas. O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da quantidade de massa embalada de brócolis (filme polipropileno bi-orientado) em sua cor, aroma e atividade enzimática quando armazenado a 1°C. Ao final do experimento foi verificado que houve grande influência da utilização de embalagem em relação ao controle, sendo que para todos os tratamentos embalados foi constatado menor atividade enzimática da peroxidase. Observou-se ainda que entre os tratamentos embalados, aqueles com maiores quantidades de massa apresentaram piores desempenhos com relação a variável aroma, menores teores de clorofila residual e menor atividade enzimática da peroxidase.

**Palavras-chave:** *Brássica oleracea* var. *itálica*, brócolis, pós-colheita, embalagem com atmosfera modificada.

**ABSTRACT. Broccoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) quality in modified atmosphere package.** Broccoli is an important vegetable due to its economic and nutritional value. It shows quick senescence, characterized by yellowing, loss of turgescency, development of off-odors, increase in enzymatic activity and loss of nutritional value. Among the techniques that can extend its shelf life, we have cooling and modified atmosphere packaging. There are some factors that interfere in the efficiency of MAP, influencing the speed and the intensity in the atmosphere modification. This work aimed to evaluate the influence of broccoli packed weight (bi-oriented polypropylene film) on its color, odor and enzymatic activity during its post harvest period when stored at 1°C. Afterwards, a strong influence was verified when packing was used, for in all packaged treatments lower enzymatic activity was observed. It was also observed that, among package treatments, those with more filling weight showed the worst performance about odor, chlorophyll rage and enzymatic activity.

**Key words:** *Brassica oleracea* var. *itálica*, broccoli, post harvest, modified atmosphere packaging.

## Introdução

O brócolis é uma hortaliça originária do Mediterrâneo e apresenta-se como um produto de importante valor econômico (Souza, 1983). Do ponto de vista nutricional, destaca-se como importante fonte de vitaminas, sendo que alguns autores citam a presença de substâncias com propriedades anticarcinogênicas (Barth e Zhuang, 1996; Calbo, 2001). Entretanto apresenta como inconveniente curta vida pós-colheita. Durante o período pós-colheita, várias são as alterações que ocorrem sendo que o consumidor detecta mais facilmente a perda da cor verde e o surgimento de aroma desagradável. Outras mudanças são observadas: a perda da turgidez, a redução no valor nutricional e o aumento da

atividade enzimática, com destaque para a peroxidase (Shewfelt *et al.*, 1983; Makhlof *et al.*, 1989).

A cor é um atributo importantíssimo para o brócolis e o amarelecimento a que ele está sujeito é o termo usado para descrever a condição adversa da qualidade do produto, resultante da degradação da clorofila. Esse processo inclusive, tem sido utilizado como indicador e como uma poderosa ferramenta para avaliar a qualidade e prever a "vida-de-prateleira" (Toivonen e Deell, 2001).

Quanto ao desenvolvimento de odores desagradáveis, sabe-se hoje que ele é resultado do acúmulo de etanol, acetaldeído, certos ácidos orgânicos, metanotiol, dissulfeto de dimetila e trissulfeto de dimetila (Derball *et al.*, 1998;

Sarantopoulos *et al.*, 1998; Forney e Jordan, 1999). Acredita-se que a formação dos compostos responsáveis pelos odores sejam resultados de processos enzimáticos (Kato-Noguchi e Watada, 1997). Outros fatores que interferem são a concentração de gases dentro das embalagens, o abaixamento da temperatura, o aumento do período de estocagem e o uso de tratamentos térmicos (Kasmire *et al.*, 1974; Makhlof *et al.*, 1989; Forney, 1995).

As peroxidases são enzimas pertencentes ao grupo das oxidoreductases e estão presentes em todos os vegetais superiores (Forsyth *et al.*, 1999), sendo bastante resistentes a tratamento térmico o que as tornam um referencial na inativação enzimática (Iaderoza e Draetta, 1991). Estudos indicam que essas enzimas estão envolvidas com alterações como a oxidação da vitamina C, alterações na cor, alteração de sabor, biosíntese de etileno, balanço hormonal, integridade das membranas e dos pigmentos e controle respiratório (Vámos-Vigyazó, 1981; Brecht, 1995; Barth e Zhuang, 1996; Forsyth *et al.*, 1999). Em função disso, a atividade da peroxidase pode ser usada como um indicador da qualidade do brócolis durante a estocagem em pós-colheita (Barth e Zhuang, 1996; Endres *et al.*, 1999; Finger *et al.*, 1999).

Algumas técnicas são empregadas para garantir uma vida pós-colheita mais longa para o brócolis. A refrigeração é uma das mais utilizadas, com vários estudos demonstrando que menores temperaturas contribuem para redução da taxa respiratória, retenção dos níveis de clorofila, retenção da vitamina C e menor atividade enzimática. (Kader, 1987; Forney *et al.*, 1989; Barth *et al.*, 1993; Toivonen, 1997; Watada e Qi, 1999). A técnica de atmosfera modificada também tem sido empregada com êxito, tanto para o brócolis como para outras hortaliças. Porém o sucesso dessa técnica depende da intensidade das alterações na concentração de gases da atmosfera e da velocidade de instalação (Weichman, 1987). Dentre as variáveis que interferem nesses dois fatores, temos a quantidade de produto embalado. Com o aumento na quantidade de produto ocorre uma conseqüente redução do volume livre, o que interfere tanto na velocidade de alterações da atmosfera interna na embalagem como ainda na sua intensidade. Alguns modelos matemáticos confirmam essas afirmações (Hening e Gilbert, 1975; Cameron *et al.*, 1989).

Este trabalho teve como objetivo estudar a influência de diferentes quantidades de brócolis contido em embalagens, na cor, no aroma e na atividade enzimática durante o seu armazenamento.

## Material e métodos

Foram utilizados brócolis da cultivar "Legacy"

(Asgrow), cujas inflorescências foram colhidas até as 9h e imediatamente transportado para o Laboratório de Industrialização de Vegetais do Cefet-PR (Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Medianeira, Estado do Paraná), distante cerca de 15km do local da colheita. O filme polimérico utilizado para embalar os brócolis foi polipropileno bi-orientado em dupla camada (Bopp/Bopp - Itap/Bemis) com espessura de 40 micron,  $PO_2 > 2.000$  cc.m<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup> e WVTR < 5,0g H<sub>2</sub>Om<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>

## Processamento

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 6. Foram utilizadas 6 quantidades de brócolis, embaladas como se segue: (PP1=240,0 g; PP2=270,0g; PP3=300,0g; PP4=330,0g; PP5=360,0g; controle=300,0g sem embalagem) e 5 níveis de tempo de armazenamento (3 dias; 6 dias; 9 dias; 12 dias; 15 dias).

No laboratório, as inflorescências foram submetidas ao processamento. Feita a seleção, elas foram cortadas com aproximadamente 4cm de ramo, utilizando para isso facas de aço inoxidável. Em seguida, foram então imersos em solução de hipoclorito de sódio (100 ppm) por 2 minutos. Após a higienização, foi feito enxague em água corrente e então as inflorescências foram centrifugadas em centrífuga doméstica (Arno) por 2 minutos. O produto foi, então, embalado de acordo com os diferentes níveis de massa. Após esses procedimentos as embalagens foram seladas e as amostras armazenadas em uma câmara de temperatura controlada a 1°C (câmara BOD), onde permaneceram por até 15 dias.

## Determinações

**Aroma e cor.** Para avaliar o aroma e a cor, foram criadas tabelas de referências. O aroma foi avaliado de acordo com a seguinte escala: 5 = sem odores desagradáveis, 3 = odor desagradável leve, mas perceptível, 1 = odor desagradável forte. Para avaliar a coloração, foi utilizada a escala: 5 = verde escuro, 3 = verde claro, 1=amarelado/amarelo. A elaboração dessas tabelas de referências se assemelham às descritas por Toivonen e DeEll (2001). As amostras foram avaliadas por 3 provadores treinados, e as notas compuseram a média final.

**Teor de clorofila.** A clorofila foi determinada de acordo com o método citado por Endres *et al.* (1999). Foram obtidos extratos em solução de acetona a 80% (v/v) e então feitas leituras em um espectrofotômetro (Femto 700 plus) com  $\lambda = 652$  nm. Os resultados foram expressos em percentual da clorofila inicial.

**Atividade da peroxidase.** Para a determinação da atividade da peroxidase nos

diferentes tratamentos, foram preparados extratos e depois feita a quantificação por meio de espectrofotômetro (Femto 700 plus,  $\lambda = 460$  nm) (Clemente, 2002). A atividade no momento zero foi considerada como valor de 100% e os demais resultados foram expressos em porcentagem da atividade inicial.

**Análise estatística.** As médias da avaliação de aroma e de cor foram submetidas à análise de variância (Anova) e determinado o coeficiente de variação. Para os fatores que apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) foi realizado teste de média (Tuckey), por meio do programa estatístico Saeg (Embrapa).

## Resultados e discussão

### Avaliação de aroma e de cor

**Aroma.** As notas recebidas pelas amostras ao longo do armazenamento com relação ao aroma, estão apresentadas na Tabela 1. Os resultados observados demonstram uma diferença marcante entre as amostras embaladas e o controle (não-embalado). Enquanto este recebeu notas que o classificam na condição de sem odor desagradável, os demais tratamentos, praticamente em todos os tempos de leitura, se enquadravam na faixa que foram de odor forte e desagradável a até odor desagradável leve, mas perceptível. Sendo assim, as amostras controle receberam as melhores notas ao longo de todo o experimento. Isso ocorreu porque, mesmo sendo a condição de baixa temperatura favorável à formação de compostos sulfurados, observou-se que esses compostos não se acumularam no tratamento controle como ocorreu no caso dos tratamentos que utilizavam embalagem (Kasmire *et al.*, 1974). Toivonen e DeEll (2001) constataram comportamento similar, pois quando os brócolis encontravam-se em embalagens, houve um intenso incremento na formação de odores desagradáveis, e, após a retirada dos brócolis das embalagens, houve redução.

**Tabela 1.** Avaliação de aroma nas amostras de brócolis embalado armazenado a 1°C aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias.

Tratamentos	Notas*				
	Tempo (dias)				
	3	6	9	12	15
PP1	1.0 Bb	3.8 Aab	3.4 ABab	2.3 ABab	3.6 Aab
PP2	2.1 Ab	3.4 Aab	1.2 Ab	2.1 Ab	2.3 Aab
PP3	1.6 ABb	1.8 ABb	1.4 Bb	4.1 Aab	3.6 ABab
PP4	1.8 Ab	2.3 Aab	3.2 Aab	1.4 Ab	1.0 Ab
PP5	2.9 Aab	3.1 Aab	2.1 Ab	1.4 Ab	1.6 Ab
Controle	5.0 Aa	5.0 Aa	5.0 Aa	5.0 Aa	5.0 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; Escala de notas 1-5: 1=odor forte e desagradável; 3=odor desagradável leve mas perceptível; 5=sem odor desagradável; \*Média de 3 avaliadores.

Durante o armazenamento, observou-se que houve acréscimo nas notas ao longo do tempo para os tratamentos PP1 (240,0g) e PP3 (300,0g), o que se

explica devido à dispersão dos compostos voláteis pela embalagem, que em um primeiro momento não se deu tão rapidamente quanto a sua síntese, provocando o aroma desagradável (Blanchardt *et al.*, 1996). Essas oscilações apontam para uma diferença nos padrões de atividade das enzimas que participam na produção dos compostos sulfurados (Derballi *et al.*, 1998).

Podemos constatar que os tratamentos com maiores quantidades de produto (PP4 e PP5) apresentaram uma certa tendência de queda em suas notas referentes ao aroma, ao longo do tempo. Isso se deve, primeiramente, à maior síntese de compostos responsáveis pelo aroma desagradável, proporcional as suas massas embaladas. Além disso, maiores quantidades de produtos são, teoricamente, responsáveis por alterações mais intensas na composição da atmosfera dentro da embalagem, com redução nas concentrações de O<sub>2</sub>, o que leva também à formação desses compostos (Hansen *et al.*, 2001).

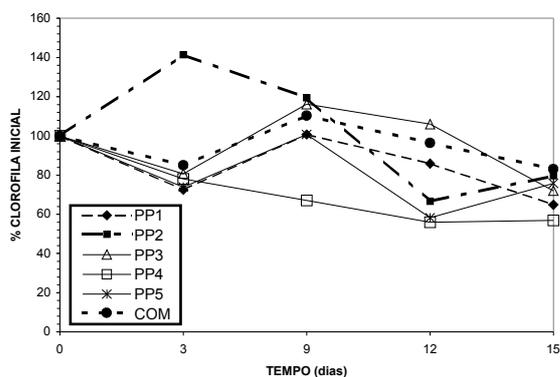
**Cor.** Para a maioria dos tratamentos, os resultados ficaram próximos à condição de verde-claro (Tabela 2), que é uma condição na qual há manutenção da qualidade comercial e que era a cor do produto inicial (dados não-apresentados). Pode ser observado que somente para a avaliação feita aos 15 dias é que se constata diferença significativa entre os tratamentos. Toivonen (1997) não descreve mudanças de coloração entre os tratamentos com e sem embalagem. Para cada tratamento ao longo do tempo também não foram observadas grandes mudanças nos escores de pontuação. Os resultados alcançados indicam eficiência no uso da refrigeração na conservação da cor. Tal condição também foi obtida por Wang e Hruschanka (1977) os quais ao armazenarem brócolis a 0°C e 95% de umidade relativa, notaram que a cor verde do brócolis era mantida por muito mais tempo que em condições não-refrigeradas. Isso é explicado porque a refrigeração promove redução na atividade tanto das clorofilases como das peroxidases degradadoras de clorofila, que são importantes enzimas envolvidas com a degradação da clorofila. O tratamento PP4 (330,0g) foi o único que apresentou redução significativa da cor verde, uma vez que aos 15 dias recebeu a menor nota, 1,6 que se aproxima da condição amarelado/amarelo, ou seja, fora de padrão comercial adequado.

**Tabela 2.** Avaliação da cor nas amostras de brócolis embalados armazenados a 1°C aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias.

Tratamento	Notas				
	Tempo (dias)				
	3	6	9	12	15
PP1	3.1 Aa	3.1 Aa	2.8 Aa	3.0 Aa	3.0 Aab
PP2	3.0 Aa	2.7 Aa	3.6 Aa	2.7 Aa	3.6 Aa
PP3	2.5 Aa	3.2 Aa	3.3 Aa	3.2 Aa	2.3 Aab
PP4	2.7 ABa	3.8 Aa	2.8 ABa	2.5 ABa	1.6 Bb
PP5	3.6 Aa	3.4 Aa	2.5 Aa	2.7 Aa	3.6 Aa
Controle	3.2 Aa	3.2 Aa	2.9 Aa	3.4 Aa	3.0 Aab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; Escala de notas 1-5: 1=amarelado/amarelo; 3=verde claro; 5=verde escuro

**Teor de clorofila.** A Figura 1 mostra uma tendência de queda nos níveis residuais de clorofila, em relação ao teor inicial, o que muito provavelmente foi resultado da degradação desse pigmento pelas clorofilases e peroxidases (Funamoto *et al.*, 2002). Entre os tratamentos, houve grandes variações nos conteúdos de clorofila, destacando o fato de que, nas leituras feitas aos 6 e 9 dias, os tratamentos com maior quantidade de massa, PP4 (330,0g) e PP5 (360,0g), foram os que apresentaram os menores percentuais residuais de clorofila.



**Figura 1.** Efeito da massa de brócolis embalada sobre o teor de clorofila após 3, 9, 12 e 15 dias de armazenamento a 1°C.

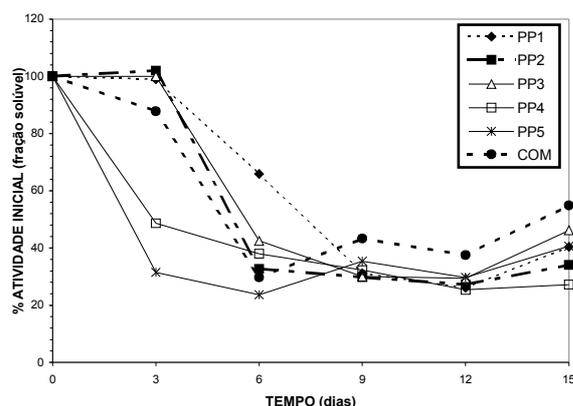
Como podemos observar, esses dois tratamentos apresentaram os menores níveis de clorofila residual durante a maior parte do experimento. Constata-se também que nos tratamentos PP2 (260,0g), PP3 (300,0g) e no controle, foram observados os maiores valores de clorofila, inclusive ultrapassando em determinados momentos os teores iniciais. Lopes-Ayerra *et al.* (1998) e Jamie e Saltveit (2002) também relataram esse fenômeno de acréscimo nos níveis de clorofila após o acondicionamento. Uma das explicações para isso é que ocorre uma “restauração” da clorofila, ou seja, os tecidos manteriam ainda uma certa capacidade de síntese do pigmento, inclusive em níveis superiores aos que estavam sendo degradados (Barth *et al.*, 1993). Com relação à diferença entre os tratamentos com maiores quantidades (PP4 e PP5) e os demais, isso se explica porque os tratamentos com menor quantidade de brócolis embalado apresentam menores mudanças em sua atmosfera e, conseqüentemente menor alteração em seu metabolismo. Já os tratamentos PP4 (330,0g) e PP5 (360,0g), por promoverem uma mudança mais acentuada nas concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, já apresentariam redução no metabolismo, incluindo a de síntese de clorofila, não indicando recuperação ou incremento dos seus níveis, como comprova Sarantópoulos *et al.* (1998). Observa-se também que

os tratamentos PP2 (270,0g) e PP3 (300,0g) foram os que de modo geral, apresentaram, juntamente com o controle, os melhores níveis de clorofila residual. As condições geradas nesses dois tratamentos provavelmente foram bastante favoráveis para a manutenção dos teores de clorofila tanto permitindo a sua “restauração”, quanto a sua preservação.

Podem ainda ser feitas as seguintes considerações, quanto ao comportamento geral dos níveis de clorofila. Os tratamentos controle, PP1 (240,0g) e PP3 (300,0g), apresentam tendência de queda em seus níveis residuais de clorofila, a partir dos 6 dias. Já os tratamentos PP2 (270g) e PP5 (360g) apresentam-se em queda, porém com pequena recuperação dos níveis, ao final do experimento. Há de se ressaltar, porém, que a queda do tratamento PP2 (270,0g) é bastante marcante desde o início do experimento até aos 12 dias. Por fim, o tratamento PP4 (330,0g), dentre todos, foi o que apresentou os menores valores, demonstrando um comportamento de estabilidade a partir dos 9 dias. Nesse sentido identifica-se a interferência dos tratamentos no comportamento dos teores de clorofila, com aqueles que apresentam maiores massas, tendendo a manter seus níveis de clorofila, enquanto que os demais apresentariam quedas constantes. Isso poderia ser explicado, pelo acúmulo de etanol, resultado de respiração anaeróbica preserva os níveis de clorofila (Corcuff *et al.*, 1996).

#### Atividade enzimática

Em termos de atividade enzimática, na Figura 2 são apresentados os resultados para a atividade da peroxidase solúvel. Os resultados indicam uma queda acentuada na atividade enzimática que, para os tratamentos PP4 (330,0g) e PP5 (360,0g) constatou-se logo aos 3 dias e, para os demais, pôde ser verificada aos 6 dias. Esse comportamento pode ser explicado em função da velocidade de instalação da atmosfera mais rápida e da intensidade maior da alteração da atmosfera, as quais são previstas para os tratamentos com maior massa embalada (Cameron *et al.*, 1989). A partir do 6º dia, os valores de atividade da peroxidase ficam mais próximos e menos discrepantes, indicando assim que também para os demais ocorreram as alterações previstas na atmosfera.



**Figura 2.** Efeito da massa de brócolis embalada sobre a atividade enzimática da peroxidase (fração solúvel) após 3, 6, 9, 12 e 15 dias de armazenamento a 1°C.

Para os tratamentos PP1 (240,0g), PP3 (260,0g), PP5 (360,0g) e controle, são também notadas variações na atividade enzimática, as quais, em certos momentos, sofrem acréscimo. Isso ocorre porque há uma desintegração da membrana juntamente com reações de degradação que produzem peróxido de hidrogênio, um dos principais substratos da peroxidase (Finger *et al.*, 1999).

Ao longo das observações, pudemos notar que os tratamentos PP4 (330,0g), PP1 (240,0g) e PP2 (270,0g), apresentaram durante a maior parte do experimento, as menores atividades enzimáticas da fração solúvel, demonstrando que as alterações na atmosfera, promovidas por suas massas foram capazes de garantir condições favoráveis à inibição dessa enzima. Já o tratamento PP5 (360,0g), embora em um primeiro momento tenha apresentado intensa redução na atividade enzimática, demonstra a partir do 9º dia um aumento. Esse comportamento ocorre porque a modificação mais intensa da concentração dos gases, promovida por esse tratamento, provocou injúrias severas, acarretando em um aumento na atividade da enzima (Du e Bramlage, 1995).

## Conclusão

De acordo com os resultados obtidos e dentro das condições adotadas no presente estudo, podemos concluir que: uso de embalagem de polipropileno bi-orientado se mostrou eficiente na redução da atividade enzimática quando em comparação com o tratamento sem embalagem (controle); uso de maiores quantidades de massa demonstrou exercer efeito negativo com relação a variável aroma e clorofila, sendo esse efeito mais pronunciado à medida que se avançava no período de armazenamento. Entretanto a cor, quando avaliada, visualmente, não foi influenciada pelos tratamentos.

A atividade enzimática da peroxidase foi

influenciada pela massa de brócolis embalado, com os tratamentos com maior massa favorecendo a redução mais rápida da atividade da fração solúvel, como também mais intensa. Esse benefício, entretanto, pode sofrer alteração no caso de armazenamento superior a 15 dias.

## Referências

- BARTH, M.M. *et al.* Modified atmosphere packaging affects ascorbic acid, enzyme quality and market quality of broccoli. *J. Food Sci.*, Chicago, v. 58, n.1, p. 140-143, 1993.
- BARTH, M.M.; ZHUANG, H. Packaging design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during postharvest storage. *Postharvest Biol. Technol.*, Amsterdam, v. 9, p. 141-150, 1996.
- BLANCHARDT, M. *et al.* Modified atmosphere preservation of freshly prepared diced yellow onion. *Postharvest Biol. Technol.*, Amsterdam, v. 9, p. 173-185, 1996.
- BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *Hortscience*, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.
- CALBO, A.G. Pós-colheita de algumas hortaliças: brócolos. In: LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. (Ed.). *Armazenamento de hortaliças*. Brasília: Embrapa, 2001. p. 152-157.
- CAMERON, A.C. *et al.* Design of modified atmosphere packaging systems: modeling oxygen concentration within sealed packages of tomato fruits. *J. Food Sci.*, Chicago, v. 54, n. 6, p. 1413-1416, 1989.
- CLEMENTE, E. Peroxidase from oranges (*Citrus Sinensis*, L.) Osbeck. *Eur. Food Res. Technol.*, Berlin, v. 215, n. 2, p. 164-168, 2002.
- CORCUFF, R. *et al.* Storage of broccoli florets in ethanol vapor enriched atmospheres. *Postharvest Biol. Technol.*, Amsterdam, v. 7, p. 219-229, 1996.
- DERBALLI, E. *et al.* Biosynthesis of sulfur volatile compounds in broccoli seedlings stored under anaerobic conditions. *Postharvest Biol. Technol.*, Amsterdam, v. 13, n. 3, p. 191-204, 1998.
- DU, Z.; BRAMLAGE, W.J. Peroxidative activity of apple peel in relation to development of post storage disorders. *HortScience*, Alexandria, v. 30, n. 2, p. 205-209, 1995.
- ENDRES, L. *et al.* Fitormônios e senescência pós-colheita do brócolos. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 17, n. 1, p.29-33, 1999.
- FINGER, F.L. *et al.* Physiological changes during postharvest senescence of broccoli. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1565-1569, 1999.
- FORNEY, C.F. Hot-water dips extend the shelf-life of fresh broccoli. *HortScience*, Alexandria, v. 30, n. 5, p. 1054-1057, 1995.
- FORNEY, C.F.; JORDAN, M.A. Anaerobic production of methanethiol and other compounds by *Brassica* vegetables. *HortScience*, Alexandria, v. 34, n. 4, p. 696-699, 1999.
- FORNEY, C.F. *et al.* Measurement of broccoli respiration rate in film-wrapped packages. *HortScience*, Alexandria, v. 24, n. 1, p. 111-113, 1989.

- FORSYTH, J.L. *et al.* The thermostability of purified isoperoxidases from *Brassica oleracea* var. *gemmifera*. *Food Chem.*, Exeter, v. 65, p. 99-109, 1999.
- FUNAMOTO, Y. *et al.* Effects of heat treatment on chlorophyll degrading enzymes in stored broccoli (*Brassica oleracea* L.). *Postharvest Biol. Technol.*, Amsterdam, v. 24, p. 163-170, 2002.
- HANSEN, M.E. *et al.* Changes in acetaldehyde, ethanol and amino acid concentrations in broccoli florets during air and controlled atmosphere storage. *Postharvest Biol. Technol.*, Amsterdam, v. 22, p. 227-237, 2001.
- HENING, Y.S.; GILBERT, S.G. Computer analysis of the variables affecting respiration and quality in polymeric films. *J. Food Sci.*, Chicago, v. 40, p. 1033-1035, 1975.
- IADEROZA, M.; DRAETTA, I.S. Enzimas e pigmentos: Influencia e alterações durante o processamento In: SOLER, M.P. (Ed.). *Industrialização de frutas*. Campinas: Ital, 1991. p. 25-46.
- JAMIE, P.; SALTVEIT, M.E. Postharvest changes in broccoli and lettuce during storage in argon, helium, and nitrogen atmospheres containing 2% oxygen. *Postharvest Biol. Technol.*, Amsterdam, v. 26, n. 1, p. 113-116, 2002.
- KADER, A.A. Respiration and gas exchange of vegetables In: WEICHMANN, J. (Ed.). *Postharvest physiology of vegetables*. New York: Marcel Dekker, 1987. p. 25-44.
- KASMIRE, R.F. *et al.* Influence of aeration rate and atmospheric composition during simulated transit on visual quality and off-odor production by broccoli. *HortScience*, Alexandria, v. 9, n. 3, p. 228-229, 1974.
- KATO-NOGUCHI, H.; WATADA, A.E. Effects of low-oxygen atmosphere on ethanolic fermentation in fresh-cut carrots. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, Alexandria, v. 122, p. 107-111, 1997.
- LÓPEZ-AYERRA, B. *et al.* Lipid peroxidation and chlorophyll levels in spinach during refrigerated storage and after industrial processing. *Food Chem.*, Berlin, v. 61, n. 1-2, p. 113-118, 1998.
- MAKHLOUF, J. *et al.* Long-term storage of broccoli under controlled atmosphere. *HortScience*, Alexandria, v. 24, n. 4, p. 637-639, 1989.
- SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. *et al.* *Embalagens com atmosfera modificada*. Campinas: CETEA/ITAL, 1998. 113 p.
- SOUZA, R.J. Origem e Botânica de algumas *Brássicas*. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 98, n. 9, p. 10-12, 1983.
- SHEWFELT, R.L. *et al.* Broccoli storage: effect of N6-benzyladenine, packaging, and icing on color of fresh broccoli. *J. Food Sci.*, Chicago, v. 48, p. 1594-1597, 1983.
- TOIVONEN, P.M.A. The effects of storage temperature, storage duration, hydro-cooling, and micro-perforated wrap on shelf life of broccoli (*Brassica oleracea* L., *italica* group). *Postharvest Biol. Technol.*, Amsterdam, v. 10, p. 59-65, 1997.
- TOIVONEN, P.M.A.; DeELL, J.R. Chlorophyll fluorescence, fermentation product accumulation, and quality of stored broccoli in modified atmosphere packages and subsequent air storage. *Postharvest Biol. Technol.*, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 61-69, 2001.
- VÁMOS-VIGYÁZÓ, L. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, Boca Raton, p. 49-127, set. 1981.
- WANG, C.Y.; HRUSCHKA, H.W. Quality maintenance in polyethylene-packaged broccoli. *USDA Marketing Resource RPT*, 1085, 1977.
- WATADA, A.E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biol. Technol.*, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 201-205, 1999.
- WEICHMAN, J. Low oxygen effect. In: WEICHMANN, J. (Ed.). *Postharvest physiology of vegetables*. New York: Marcel Dekker, 1987. p. 231-238.

Received on April 12, 2004.

Accepted on October 26, 2004.