

# CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BRÓCOLIS 'AVENGER' COM 1-METILCICLOPROPENO E PROMALINA

Mariane Gioppo<sup>1</sup>  
Ricardo Antonio Ayub<sup>2</sup>  
Bruna Spinardi<sup>3</sup>

## RESUMO

A vida de prateleira de inflorescência de brócolis em temperatura ambiente é curta, pois ocorre amarelecimento e perda de turgescência. Sua senescência é rápida devido à alta produção de etileno e da taxa respiratória. O objetivo foi avaliar a utilização dos fitorreguladores 1-metilciclopropeno (1-MCP) e promalina na pós-colheita de brócolis e verificar a eficácia no retardo da senescência. Os tratamentos consistiram na aplicação de 2,5 ppm de 1-MCP, 50 ppm de promalina, e na combinação do 1-MCP com promalina. Depois de tratados, as inflorescências foram colocadas em sacos de polietileno de baixa densidade para armazenamento a  $5\pm 2^\circ\text{C}$ . As características avaliadas foram: teor de clorofila total, sólidos solúveis, pH, acidez titulável e atividade da peroxidase, em intervalos de 3 dias durante 27 dias. Não houve variação no teor de clorofila. Os sólidos solúveis apresentaram variações entre os tratamentos. O pH aumentou até os nove dias de armazenamento, diminuiu até os vinte e um dias, aumentando novamente na testemunha e no tratamento com 1-MCP, a acidez apresentou comportamento inverso. A atividade da peroxidase aumentou ao longo do período de armazenamento na testemunha até o 20º dia e no tratamento com promalina até 23º dia; no entanto, para os tratamentos com 1-MCP e combinado este aumento foi até o 16º e 18º dias, respectivamente, diminuindo em seguida. O tratamento com 1-MCP contribuiu no aumento da vida útil longevidade das inflorescências de brócolis por até 27 dias à temperatura de  $5\pm 2^\circ\text{C}$ . Os tratamentos com

promalina e a combinação deste com o 1-MCP não se mostraram favoráveis pois, apesar de também atingirem 27 dias de armazenamento, as inflorescências de brócolis apresentavam elevada perda de turgescência e amarelecimento.

**Palavras-chave:** *Brassica oleracea* var. *Italica*, armazenamento, senescência, fitorregulador.

## ABSTRACT

Broccoli inflorescences shelf life at room temperature is short, as there is yellowing and loss of turgor. Its rapid senescence is due to high ethylene production and respiration rate. The objective was to evaluate the use of plant growth regulator 1-methylcyclopropene (1-MCP) and promalin in postharvest broccoli, verifying thus their effectiveness in reducing senescence. The treatments consisted of application of 2.5 ppm of 1-MCP, 50 ppm of promalin, combination of 1-MCP with promalin. After processed, the broccolis were placed in bags of low density polyethylene for storage at  $5\pm 2^\circ\text{C}$ . The characteristics evaluated were: total chlorophyll content, soluble solids, pH, acidity and peroxidase activity, at intervals of 3 days for 27 days. There was no variation in chlorophyll content. The soluble solids showed variations between treatments. The pH increased up to nine days of storage, decreased to twenty one days, rising again in the control and treatment with 1-MCP, the acidity showed opposite behavior. Peroxidase activity increased during the storage period in the control until the twentieth day and the treatment promalin until twenty-third day,

<sup>1</sup>Engenheiro-Agrônomo, Mestre em Agronomia. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade. Avenida General Carlos Cavalcanti, 4748 - CEP 84030-900. marigioppo@hotmail.com  
<sup>2</sup>Engenheiro-Agrônomo, Professor Doutor da Universidade Estadual de Ponta Grossa, bolsista produtividade CNPq. Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade. Avenida General Carlos Cavalcanti, 4748 - CEP 84030-900. rayub@uepg.br  
<sup>3</sup>Bióloga, Mestranda do curso de Agronomia. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade. Avenida General Carlos Cavalcanti, 4748 - CEP 84030-900. bruspin@hotmail.com

however for the treatments with 1-MCP and combined this increase went to the sixteenth and eighteenth days respectively, decreasing thereafter. Treatment with MCP-1 contributed to the longevity of broccoli for up to 27 days at temperatures of  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ . The treatments with the combination of promalin with 1-MCP were not favorable because they arrived to 27 days with yellowing and shriveling.

**Key words:** *Brassica oleracea* var. *Italica*, storage, senescence, plant growth regulator.

## 1.0 INTRODUÇÃO

O brócolis (*Brassica oleracea* var. *Italica*), conhecido por ser uma fonte rica de vitaminas e sais minerais, além de conter substâncias antioxidantes e anticancerígenas, é uma inflorescência imatura cuja vida de prateleira é de dois dias à temperatura ambiente. Após este período, ocorre amarelecimento, perda da firmeza, da turgescência e, conseqüentemente, diminuição do seu valor comercial (LUENGO et al., 2001). A senescência do brócolis ocorre rapidamente devido à elevada produção de etileno e da taxa respiratória (YUAN et al., 2009).

Ao longo de sua senescência, ocorrem alterações facilmente observadas, como o amarelecimento, perda de turgor, redução do valor nutritivo e aumento da atividade da peroxidase (HANSEN et al., 2001). O amarelecimento reduz o valor comercial e, além de prejudicar a aparência do brócolis, coincide com perdas nutricionais e das propriedades funcionais dessa hortaliça (JONES et al., 2006).

Enzimas pertencentes ao grupo das oxirredutases, as peroxidases estão presentes em todos os vegetais superiores (FORSYTH et al., 1999) e são muito resistentes a tratamentos térmicos, tornando-as assim referencial de inativação enzimática (IADEROZA & DRAETTA, 1991). Alguns estudos mostram que essas enzimas se relacionam com alterações na oxidação da vitamina C, no sabor, na cor, biossíntese de etileno, integridade das membranas e dos pigmentos, balanço hormonal e controle respiratório (FORSYTH et al., 1999). A atividade da peroxidase, em razão disso, pode ser usada como indicador da qualidade pós-colheita de brócolis (FINGER et al., 1999).

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) não é tóxico ao ser humano nem ao meio ambiente, (LUO et al., 2007) e tem sido usado como um inibidor da ação do etileno (WATKINS, 2006). Estudos com 1-MCP em brócolis mostram aumento da vida útil de frutas e hortaliças em função da redução da respiração, produção de etileno e retardo na maturação (KU & WILLS, 1999).

Apromalina, composta de citocinina e giberelina (GA4, 7 + 6BA), é um fitoregulador que pode desempenhar um importante papel no controle da senescência (DOWNS et al., 1997). Após a colheita do brócolis, tem-se um

declínio na produção de citocinina e, por conseqüência, a senescência dessa inflorescência.

O objetivo deste estudo foi avaliar a utilização dos fitoreguladores 1-metilciclopropeno (1-MCP) e promalina na pós-colheita de brócolis, verificando, assim, sua eficácia no retardo do processo de senescência.

## 2.0 MATERIAL E MÉTODOS

Para o experimento, foram utilizadas inflorescências de brócolis cultivar Avenger provenientes da região de Ponta Grossa, na região dos Campos Gerais, no estado do Paraná, com latitude de  $25^{\circ} 05' \text{ S}$ , longitude de  $50^{\circ} 10' \text{ O}$ , altitude de aproximadamente 900 m e o clima, segundo a classificação de Köppen é cfb. As inflorescências foram transportadas ao laboratório, onde foram lavadas em água corrente e higienizadas em hipoclorito de sódio a 50 ppm.

O tratamento testemunha consistiu de cabeças de brócolis apenas higienizadas. O tratamento com promalina (GA4, 7 + 6BA) foi realizado pela imersão em promalina (50 ppm) durante 60 segundos. O tratamento com 1-MCP foi feito com a circulação de 2,5 ppm de 1-MCP em caixas metálicas hermeticamente fechadas, durante 4 horas. O tratamento combinado foi feito com a imersão em promalina (50 ppm) durante 60 segundos e, em seguida, as cabeças de brócolis foram tratadas com a circulação de 2,5 ppm de 1-MCP em caixas metálicas hermeticamente fechadas, durante 4 horas. Em seguida, foram colocadas em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD) para armazenamento a  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ . As inflorescências foram avaliadas em intervalos de 3 dias durante 27 dias.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial  $4 \times 10$  (4 tratamentos e 10 avaliações), com três repetições, sendo uma inflorescência por repetição.

As avaliações realizadas foram: teor de clorofila total, sólidos solúveis, pH, acidez titulável e atividade da peroxidase.

O teor de clorofila total foi medido de acordo com Yuan et al. (2009). Cerca de 0,5g de brócolis foram moídos e homogeneizados com 10 mL de acetona 80%. Em seguida, centrifugados por 10 minutos (3000 rpm) descartando-se o resíduo. O conteúdo de clorofila total, foi determinado pela leitura da absorbância em um espectrofotômetro (652 nm), sendo o resultado expresso em  $\text{mg g}^{-1}$  de massa fresca.

A quantidade de sólidos solúveis foi medida em refratômetro manual, marca DIGIT modelo 103, utilizando-se uma ou duas gotas do suco, sendo o resultado expresso em  $^{\circ}\text{Brix}$ .

O pH foi medido por potenciometria por meio de pHmetro digital, marca Quimis, modelo Q 400A. A acidez titulável foi medida por meio da diluição de 10mL

do suco em 90mL de água destilada. Foi feita, então, uma titulação com solução de NaOH 0,1N até atingir pH 8,1.

A atividade da peroxidase foi determinada de acordo com Hemeda & Klein (1990) e adaptado por Barth et al. (1993). Flores de brócolis (10g) foram trituradas e homogeneizadas com 100 mL de água destilada em um liquidificador durante 2 minutos, seguido da filtração através de papel filtro comum. Uma alíquota de 5mL foi tomada do filtrado e diluída com água destilada a 50 mL em balão volumétrico. O substrato constituiu-se de 0,62 mL de guaiacol, 5 mL de etanol, 0,23 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30%, diluídos com tampão-fosfato pH 6,5 a 100 mL em balão volumétrico. Para a leitura espectrofotométrica, pipetou-se 3 mL do substrato em um cubeta e adicionou-se 0,5 mL da amostra, acompanhando-se o aumento da absorbância a 470 nm após 1 minuto. Para o cálculo da atividade enzimática, considerou-se uma unidade de atividade igual ao aumento de 0,001 na absorbância a 470 nm/minuto/g de amostra.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e análise de regressão por meio do software ESTAT e os gráficos obtidos pelo software Microsoft Office Excel. Os resultados da análise de variância são apresentados na tabela 1.

### 3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

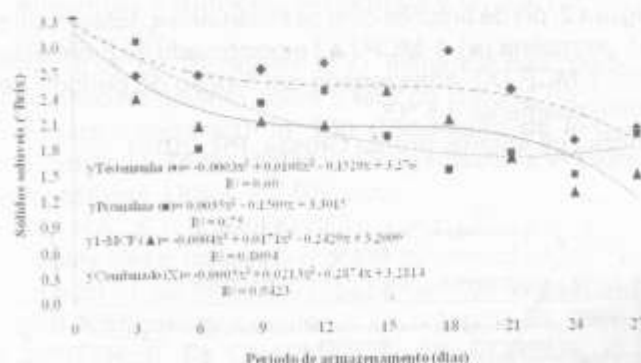
Yuan et al. (2009), armazenando brócolis a 20°C observaram diminuição no conteúdo de clorofila após cinco dias. Não foi verificada variação no teor de clorofila, provavelmente pelo uso de baixas temperaturas ao longo do armazenamento, pois, segundo Paludo & Reinehr (2006), temperaturas abaixo de 5°C e a ausência de luz contribuem para a conservação do teor de clorofila em brócolis.

**Tabela 1-** Análise de variância do teor de clorofila, sólidos solúveis, pH, acidez titulável e atividade da peroxidase. Ponta Grossa-PR, 2011.

Causas de variação	Teor de clorofila	Sólidos solúveis	pH	Acidez titulável	Atividade peroxidase
Tempo (A)	4,93**	37,41**	24,97**	57,11**	61,39**
Tratamento (B)	0,64 <sup>ns</sup>	14,64**	0,68 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	13,77**
A x B	1,43 <sup>ns</sup>	2,77**	2,60**	2,11**	3,78**

\* Significativo à 5% de probabilidade \*\* Significativo à 1% de probabilidade <sup>ns</sup> Não significativo

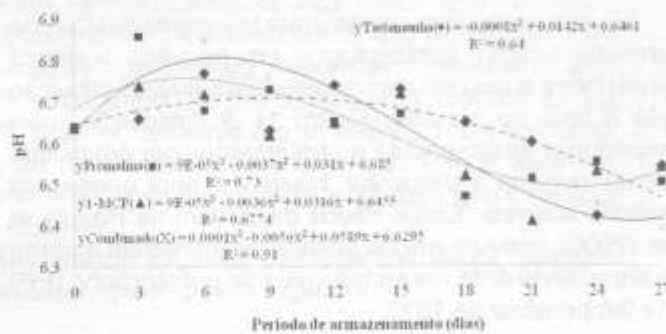
Os sólidos solúveis diminuíram nos primeiros dias de armazenamento, apresentando um pequeno aumento entre nove e dezoito dias seguindo de nova diminuição até o final do período (Figura 1). A diminuição mais expressiva foi observada no tratamento com promalina, sendo que, na testemunha, houve a menor queda nos sólidos solúveis. Esses dados discordam de Padula et al. (2006), onde os sólidos solúveis aumentaram durante o armazenamento em embalagens de polipropileno (PP) na temperatura de 10°C.



**Figura 1.** Sólidos solúveis (° Brix) de brócolis com os tratamentos: testemunha (+), promalina (■), 1-MCP (▲) e combinado de promalina com 1-MCP (X), em função do período de armazenamento a 5 °C.

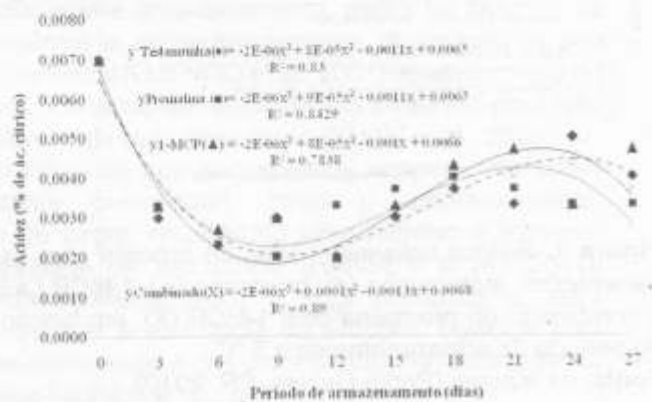
Fonte: os autores (Ponta Grossa, PR, 2010).

O pH aumentou até os nove dias de armazenamento, diminuiu até os vinte e um dias, aumentando novamente na testemunha e no tratamento com 1-MCP (Figura 2). Por outro lado, foi observado comportamento inverso para acidez titulável (Figura 3).



**Figura 2.** pH de brócolis com os tratamentos: testemunha (♦), promalina (■), 1-MCP (▲) e combinado de promalina com 1-MCP (X), armazenado em função do período de armazenamento a 5 °C.

Fonte: os autores (Ponta Grossa, PR, 2010).



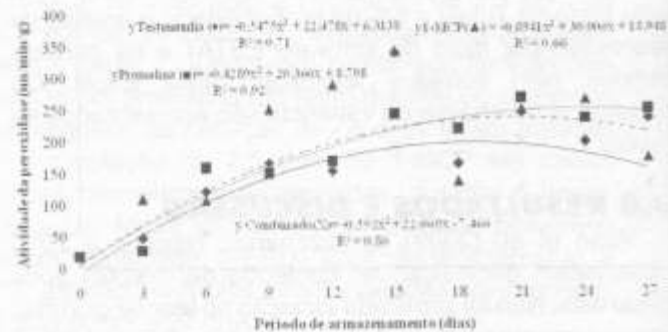
**Figura 3.** Acidez titulável (% de ácido cítrico) de brócolis com os tratamentos: testemunha (♦), promalina (■), 1-MCP (▲) e combinado de promalina com 1-MCP (X), em função do período de armazenamento a 5 °C.

Fonte: os autores (Ponta Grossa, PR, 2010).

Segundo Roura et al. (2000), logo após a colheita, o tecido vegetal tem maior respiração, decrescendo acentuadamente a acidez devido ao consumo dos ácidos orgânicos no processo respiratório, na tentativa de se manter em seu estado inicial. Já o aumento na acidez de produtos armazenados por curtos períodos pode ser explicado pela geração de radicais (ácidos galacturônicos) a partir da hidrólise dos constituintes da parede celular, em especial, as pectinas (SENTER et al., 1991).

A atividade da peroxidase aumentou ao longo do período de armazenamento na testemunha até o 20º dia e no tratamento com promalina até 23º dia, no entanto para os tratamentos com 1-MCP e combinado este aumento foi até o 16º e 18º dias, respectivamente, diminuindo a partir desse período (Figura 4). Brown et al. (1991) explica que a atividade da peroxidase aumenta devido ao estresse, como resultado do aumento dos

radicais livres como peróxidos, gerados na senescência, então a peroxidase vem tentando estabelecer o equilíbrio, para diminuir os peróxidos formados, gerando radicais livres de alto poder oxidante. Yuan et al. (2009) completam afirmando que o aumento da atividade da peroxidase representa uma consequência do sistema de retardar a senescência. Carvalho & Clemente (2004) verificaram a diminuição da atividade enzimática da peroxidase no início do período de armazenamento de brócolis em atmosfera modificada na temperatura de 1°C. Zaicovski et al. (2009) observaram que a aplicação de 1-MCP não contribuiu para o aumento da vida de prateleira de brócolis "Legacy" a 20-22 °C, não tendo havido efeito na preservação da cor verde, nem na prevenção da degradação de clorofilas, resultado que discorda deste trabalho onde o tratamento com 1-MCP contribuiu na longevidade das inflorescências de brócolis da cultivar Avenger por até 27 dias à temperatura de 2 a 5°C, revelando também que o 1-MCP, aliado a baixas temperaturas, é eficiente na preservação do brócolis.



**Figura 4.** Atividade da peroxidase de brócolis com os tratamentos: testemunha (♦), promalina (■), 1-MCP (▲) e combinado de promalina com 1-MCP (X), em função do período de armazenamento a 5 °C.

Fonte: os autores (Ponta Grossa, PR, 2010).

#### 4.0 CONCLUSÃO

Diante dos resultados, o tratamento com 1-MCP contribuiu na longevidade das inflorescências de brócolis da cultivar Avenger por até 27 dias à temperatura de 2 a 5°C. Os tratamentos com promalina e a combinação deste com o 1-MCP não se mostraram favoráveis pois, apesar de também atingirem 27 dias de armazenamento, as inflorescências de brócolis apresentavam elevada perda de turgescência e amarelecimento.

#### 5.0 REFERÊNCIAS

BARTH, M.M. et al. Modified atmosphere packaging affects ascorbic acid, enzyme activity and market quality of broccoli. *Journal Food Science*, v.58, n.1, p.140-143, 1993.

- BROWN, J.H. et al. Physiological mechanisms of plant senescence. In: STEWARD, F.C.; BIDWELL, R.G.S. (Eds). **Plant physiology, a treatise**. Volume 10: Growth and Development. San Diego, California: Academic, p.227-275, 1991.
- CARVALHO P. T.; CLEMENTE E. The influence of the broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) fill weight on postharvest quality. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.4, p.646-651, out.-dez. 2004.
- DOWNS C. G. et al. Cytokinin treatment delays senescence but not sucrose loss in harvested broccoli. **Postharvest Biology and Technology**, v.11, n.2, p.93-100, 1997.
- FINGER, F.L. et al. Physiological changes during postharvest senescence of broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.9, p.1565-1569, 1999.
- FORSYTH, J.L. et al. The thermostability of purified isoperoxidases from *Brassica oleracea* var. *gemmifera*. **Food Chemistry**, v.65, n.1, p.99-109, 1999.
- HANSEN, M.E. SORENSÉN, H.E.; CANTWELL, M.. Changes in acetaldehyde, ethanol and amino acid concentrations in broccoli florets during air and controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.22, n.3, p.227-237, 2001.
- HEMEDA, H. M.; KLEIN, B. P. Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetables extracts. **Journal of Food Science**, v.55, n.1, p.184-192, 1990.
- IADEROZA, M.; DRAETTA, I.S. Enzimas e pigmentos: Influência e alterações durante o processamento. In: SOLER, M.P. (Ed.). **Industrialização de frutas**. Campinas: Ital, p.25-46, 1991.
- JONES, R. B. et al. A review of the influence of postharvest treatments on quality and glucosinolate content in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) heads. **Postharvest Biology and Technology**, v.41, n.1, p.1-8, 2006.
- KU, V.V.V.; WILLS, R.B.H. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. **Postharvest Biology and Technology**, v.17, n.2, p.127-132, 1999.
- LUENGO, R. F. A; CALBO A.G. **Armazenamento de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 242p, 2001.
- LUO, Z. S. et al. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on lignification of postharvest bamboo shoot. **Food Chemistry**, v.105, n.2, p.521-527, 2007.
- PADULA, M. L.; CARCIOFI, B.A.M.; Influência de diferentes tipos de embalagens nas características físico-químicas e composição gasosa de brócolis (*Brassica oleracea* L. var *italica*) orgânicos minimamente processados e armazenados sob refrigeração. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara v.17, n.3, p.259-268, jul./set. 2006.
- PALUDO, G.; REINEHR, C. O. Influência das condições de armazenamento sobre o teor de clorofila do brócolis (*Brassica oleracea*). In: **XXI Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia e VI Feira de Protótipos**. Unijuí. Ijuí-RS. 2006.
- ROURA, S.I.; DAVIDOVICH, L.A.; DEL VALLE, C.E. Quality loss in minimally processed swiss chard related to amount of damaged area. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technology**, Londres, v.23, n.1, p.53-59, 2000.
- SENER, S. D.; CHAPMAN, G. W.; FORBUS, W. R.; PAYNE, J. A. Sugar and non-volatile acid composition of persimmons during maturation. **Journal of Food Science**, 56: 989-991, 1991.
- WATKINS, C. B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, v.24, n.4, p.389-409, 2006.
- YUAN, G.; SUN, B.; YUAN, J.; WANG, Q. Effect of 1-methylcyclopropene on shelf life, visual quality, antioxidant enzymes and health-promoting compounds in broccoli florets. **Food Chemistry**, v.118, p.774-781, 2009.
- ZAICOVSKI, C. B. et al. Efeito de danos mecânicos, da redução de temperatura e 1-MCP no metabolismo pós-colheita de brócolis Legacy. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.4, p.840-845, out.-dez. 2008.