



ALTERAÇÕES FÍSICAS DO ABACATE HASS SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE 1-MCP

Nathalie Cardoso Cábria¹ & Rogério Lopes Vieites²

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo a conservação do abacate 'Hass' com a utilização de 1-metilciclopropeno (1-MCP). Os frutos após a colheita foram selecionados e expostos a diferentes concentrações de 1-MCP (200 ppm, 300 ppm e 400 ppm) e após o procedimento foram armazenados sob refrigeração a $10^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $90\pm 5\%$ de UR. Foram realizadas análises de perda de massa fresca, textura, e a quantificação de enzimas poligalacturonase e pectinametilesterase. As análises foram realizadas nos frutos a cada 3 dias, durante 15 dias, depois desse período os mesmos foram armazenados em condições ambiente ($23\pm 4^{\circ}\text{C}$ e $70\pm 5\%$ de UR) para simulação das condições de comercialização. Após 3 dias em condições ambientes foi realizada a última avaliação (dia 18). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 3 repetições por tratamento, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os frutos sob aplicação de altas doses de 1-MCP apresentaram menor perda de massa ao longo do tempo. O 1-MCP foi eficiente na manutenção da firmeza dos frutos porém não demonstrou efeitos sobre as enzimas poligalacturonase e pectinametilesterase.

PALAVRAS-CHAVE: *Persea americana* Mill, inibidor de etileno, pós-colheita, enzimas, refrigeração.

PHYSICAL CHANGES AVOCADO HASS SUBMITTED THE APPLICATION OF 1-MCP

ABSTRACT: The present study aimed at the conservation of avocado 'Hass' with the use of 1-methylcyclopropene (1-MCP). The fruits after harvest were selected and exposed to different concentrations of 1-MCP (200 ppm, 300 ppm and 400 ppm) and after the procedure they were stored at $10^{\circ}\text{C} \pm 1$ to $90 \pm 5\%$ RH. Analyses of weight loss, firmness, enzyme activity of polyphenoloxidase (PPO) and polygalacturonase (PG). The analyzes were performed on fruit every 3 days for 15 days, after this period they were transferred to ambient conditions ($23 \pm 4^{\circ}\text{C}$ and $70 \pm 5\%$ RH) for simulation of marketing. After 3 days at ambient conditions the last appreciation was performed. The experimental design was completely randomized with three replicates per treatment, using the Tukey test at 5% probability. The fruits under application of high doses of 1-MCP showed less weight loss over time. The 1-MCP was effective in maintaining fruit firmness but showed no effect on the enzymes polygalacturonase and pectin.

KEYWORDS: *Persea americana* Mill, ethylene inhibitor, post harvest, enzymes, refrigeration..

¹ Aluna de mestrado na FCA/UNESP, Botucatu, e-mail: nccabia@gmail.com

² Professor titular na FCA/UNESP, Botucatu, e-mail: vieites@fca.unesp.br

1 INTRODUÇÃO

O abacate (*Persea americana* Mill.) é um fruto climatérico, caracterizado por alta taxa respiratória e elevada produção de etileno após sua colheita, o que lhe proporciona um rápido amadurecimento, aproximadamente 5 a 7 dias após o fruto ser retirado da planta (KOHATSU; MOREIRA, 2008). O rápido amadurecimento do abacate é indesejável para sua comercialização, pois restringe muito seu tempo de durabilidade.

Segundo Kluge (2002) (apud KOHATSU; MOREIRA, 2008) o amolecimento excessivo decorrente do amadurecimento é o principal fator que limita o transporte e o tempo de comercialização e, também é o que deprecia a qualidade da fruta. O amolecimento do fruto está relacionado a atividade das enzimas pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG). A enzima PME age preparando o substrato a ser hidrolisado pela PG, com a degradação da celulose a outros polissacarídeos, e assim há o amolecimento do fruto (AWAD; YOUNG, 1979).

A variedade “Hass” é em geral, muito produtiva, apresenta a característica de reter o fruto na árvore mesmo depois de ter atingido o ponto de maturação comercial, podendo assim, ser colhido durante um maior período de tempo (DONADIO, 1995). Os frutos são relativamente pequenos, pesando aproximadamente de 180 a 300 g, de formato oval a piriforme, casca grossa, rugosa e de coloração roxa escura quando maduros e apresenta polpa de excelente qualidade, sem fibras. Seu teor de óleo é de aproximadamente 20%, em média, variando de 18% a 22% (DONADIO, 1995; KOLLER, 2002). Em Bauru/SP essa variedade é colhida para exportação de junho a setembro (RAMOS; SAMPAIO, 2008).

Vários tipos de frutas e produtos hortícolas vêm sendo testados com aplicações de 1-MCP visando a manutenção de seu frescor. Esse produto vem sendo considerado como uma das mais importantes ferramentas da pós-colheita no armazenamento e transporte de frutas sensíveis ao etileno, por manter a qualidade dos frutos como se fossem recém-colhidos (CHITARRA; CHITARRA, 2005)

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um regulador vegetal patenteado em 1996 e liberado em 1999 como “Ethyl Block” para uso em plantas ornamentais, e recentemente, com o nome de “Smart Fresh” para uso em produtos comestíveis. O 1-MCP atua como inibidor competitivo do etileno, ligando-se irreversivelmente aos seus sítios receptores nas membranas celulares, impedindo sua atuação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para realização desse trabalho foram utilizados frutos de abacate ‘Hass’, safra de 2011, fornecidos pela empresa Jaguacy, localizada em Bauru/SP, cujas coordenadas

geográficas são: Latitude 22°19’18” S, longitude 49°04’13” W e 526m de altitude, distante 90km de Botucatu. Os frutos foram colhidos no ponto de maturação fisiológica de acordo com o teor de óleo e foram transportados para o Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da Universidade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu/SP. Em seguida foram selecionados visando à homogeneização do lote quanto ao tamanho, cor e ausência de defeitos ou injúrias.

Os frutos selecionados foram lavados, imersos em solução de hipoclorito de sódio a 5% durante 10 minutos e deixados em bancada forrada com papel toalha até secarem por completo. Após a higienização, os abacates foram tratados com 1-MCP em diferentes concentrações, são elas: 200ppm de 1-MCP, 300ppm, 400ppm e sem aplicação de 1-MCP (testemunha).

Os tratamentos com 1-MCP foram realizados no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-colheita, no Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ-Piracicaba/SP. Para a aplicação de 1-MCP, os frutos de cada tratamento foram colocados em caixas hermeticamente fechada com volume de 186 litros.

Para os tratamentos 200ppm, 300ppm e 400ppm foram pesados 0,060g; 0,089g e 0,119g de 1-MCP, respectivamente conforme indicação do fabricante, e diluídos em água (25mL). O produto diluído foi inserido por aberturas nas laterais das caixas, e logo em seguida essas aberturas também foram lacradas. Os frutos permaneceram dentro das caixas durante 12 horas. Após esse período foram retirados das caixas e transportados para o Laboratório de Frutas e Hortaliças, Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Campus de Botucatu/ SP, onde foram armazenados sob refrigeração (10±1°C e 90±5% de UR) em bandejas plásticas higienizadas.

Os frutos foram analisados aos 0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 dias de armazenamento, sendo que no 15º dia os frutos foram retirados do ambiente refrigerado e colocados em condições ambientes (21±5°C e 70±5% de UR) para uma simulação de sua comercialização. Os frutos foram analisados quanto à firmeza, perda de massa, enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase. Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

Para avaliação de firmeza foi utilizado texturômetro (Stevens-LFRA Texture Analyser), com profundidade de penetração de 2,0 mm, velocidade de 2,0 mm s⁻¹ e ponteira TA 9/1000. A leitura foi realizada nos dois lados dos frutos com casca e sem caroço, na região mediana. Os resultados obtidos foram em grama força por centímetro quadrado (gf.cm⁻²) e referem-se à máxima força requerida para que a ponteira penetre no abacate.

Para perda de massa foi utilizada uma balança Owalabor carga máxima de 2000g e divisão de 10mg. A perda de massa foi calculada realizando a pesagem nos dias de retirada de amostra e subtraindo da pesagem do dia 0. Os resultados foram expressos em porcentagens.

A atividade de pectinametilesterase (PME) foi determinada segundo Hultin, Sam e Bulger (1966). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 μ mol de NaOH min⁻¹.g⁻¹ de massa fresca, nas condições de ensaio. Os resultados se apresentaram expressos em U.E. min⁻¹.g⁻¹.

Para a atividade da poligalacturonase (PG) a extração enzimática foi realizada segundo técnica de Buescher e Furmanski (1978) com adaptações. Foi utilizado 3g de amostra trituradas e misturadas em Turrax com 50mL de água destilada, essa mistura foi filtrada em organza e ao resíduo de polpa que ficou retido no tecido foi adicionado 40mL de NaCl 1N. O pH foi ajustado com auxílio de NaOH 0,01N para 6,0, e essa mistura foi incubada a 4°C por uma hora. Essa solução teve seu volume corrigido para 50mL com NaCl 1N, e filtrada em papel filtro. O extrato foi guardado em potes escuros não transparentes até o momento de sua utilização.

O extrato foi incubado em solução de pectina cítrica 0,25% a 30°C por 3 horas em banho-maria. A reação foi interrompida com banho fervente e os grupos redutores liberados foram determinados pela técnica de Somogy (1937) modificada por Nelson (1944). Uma unidade de PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1 μ mol de grupos redutores por minuto, nas condições de ensaio. Os resultados foram expressos em U.E.min⁻¹.g⁻¹.

Para a avaliação de perda de massa, cada tratamento foi composto de três repetições com quatro frutos cada. Já nas avaliações de textura, PG e PME foram utilizadas três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por dois frutos.

Para comparação entre as médias foi utilizado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de acordo com as recomendações de Gomes (2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de firmeza para abacate 'Hass' sob diferentes doses de aplicação de 1-MCP estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Firmeza ($\text{g.f}^{-1}.\text{cm}^{-2}$) obtida em abacates 'Hass' submetidos a diferentes doses de 1 – MCP, armazenados sob refrigeração ($10\pm 1^\circ\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR) e ao 18° dia transferidos à temperatura ambiente ($21\pm 5^\circ\text{C}$ e $70\pm 5\%$ UR)

Tratamentos	Dias							Média geral de amostra
	0	3	6	9	12	15	18	
0 ppm	979,7 aA	1009,7 aA	482,3 bB	750,8 aAB	233,7 bC	351,2 bcB	161,5 bcB	567,0
200 ppm	1005,2 aA	1005,3 aA	995,3 aA	969,3 aA	1018, 0 abB	455,0 abB	172,3 bB	854,4
300 ppm	1020,0 aA	1011,0a A	972,7 aA	852,2 aA	1014, 0 aA	818,8 aA	622,7 aA	854,4
400 ppm	1015,8 aA	989,7 aA	1017, 8 aA	745,0 aB	1013, 0 abA	779,2 abA	432,3 abB	856,1
Média geral de dia	1005,2	1003,9	867,0	829,3	819,7	614,3	363,1	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Turkey a 5% de probabilidade

Pela Tabela 1 verificou-se que os frutos do tratamento controle apresentaram queda na firmeza durante o armazenamento. Nos frutos em que foi feita a aplicação de 200 ppm de 1-MCP verificou-se maior firmeza até o dia 12, tendo uma queda brusca a partir do dia 15, devendo-se provavelmente pelo fato de serem frutos diferentes utilizados em cada retirada de amostra, concomitantemente com o seu amadurecimento.

Nos frutos sob tratamento com 300 ppm, verificou-se a manutenção da firmeza durante todo o armazenamento, sem diferenciação estatística. Nos frutos do tratamento com 400 ppm de 1-MCP a firmeza foi pouco afetada até o 12° dia, a seguir ocorreu diminuição de textura nos dias 15 e 18.

A perda de massa fresca está relacionada com a perda de umidade do fruto. No presente trabalho notou-se que quanto maior foi a dose aplicada de 1-MCP, menor foi a perda de massa dos frutos, no entanto o percentual de perda foi pequeno para os frutos de todos os tratamentos, em torno de 5%.

A Figura 1 evidencia a perda de massa fresca dos frutos submetidos a diferentes doses de 1-MCP durante 18 dias de armazenamento.

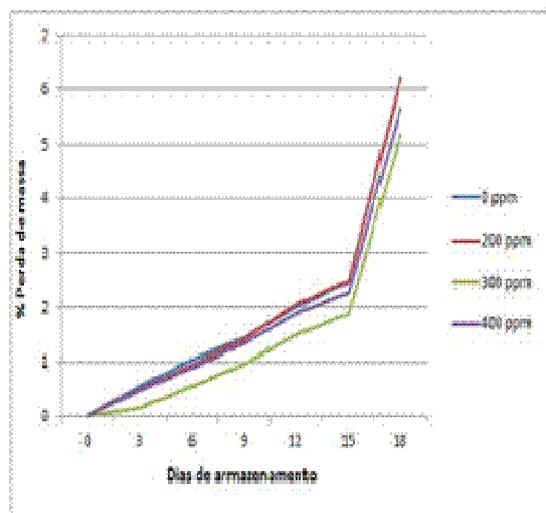


Figura 1: Perda da massa fresca (%) em abacates ‘Hass’ submetidos a diferentes doses de 1-MCP, armazenados sob refrigeração (10±1°C e 90±5%UR) e ao 18º dia transferidos à temperatura ambiente (21±5°C e 70±5%UR)

Após o 15º dia de armazenamento, os frutos apresentaram acréscimo mais acentuado na perda de massa, isso pode ter ocorrido devido ao fato de terem sido retirados do armazenamento refrigerado e expostos em condições ambientes.

Daiuto et al. (2012) também observaram perda de massa mais acentuada em abacates ‘Hass’ mantidos sob temperatura ambiente do que os mantidos sob refrigeração. A perda de massa dos frutos armazenados sob refrigeração não superou 3% do peso inicial dos frutos até o 15º dia de armazenamento, assim como observado neste trabalho; já os frutos armazenados em temperatura ambiente apresentaram perdas de até 35% do peso inicial quando analisados no 15º dia de armazenamento.

Portanto a baixa perda de massa apresentada pelos frutos neste experimento está relacionada também com o armazenamento em baixa temperatura até o 15º dia.

Os valores obtidos para enzima PME em frutos de abacate podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2: Atividade da enzima pectinametilesterase (U.E.min⁻¹.g⁻¹) obtidas em abacates ‘Hass’ submetidos a diferentes doses de 1-MCP, armazenados sob refrigerante (10±1°C e 90±5%UR) e ao 18º dia transferidos à temperatura ambiente (21±5°C e 70±5%UR)

Tratamentos	Dias							Média geral de amostra
	0	3	6	9	12	15	18	
0 ppm	223,2	196,2	239,8	258,5	354,6	269,2	288,4	261,4
ppm	bA	aA	aA	aA	aA	aA	abA	
200 ppm	423,2	134,1	179,3	247,4	170	223,7	257,3	232,8
ppm	aA	aB	aB	aAB	aB	aAB	abAB	
300 ppm	299,3	157,8	213,8	157,8	231,8	218,5	185,7	209,2
ppm	abA	aA	aA	aA	aA	aA	bA	
400 ppm	307,6	170,9	240,8	143,7	197,7	201,3	450,1	244,6
ppm	abAE	aB	aAB	aB	aB	aB	aA	
Média geral de dia	313,3	164,7	218,4	201,9	238,5	228,6	298,8	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Turkey a 5% de probabilidade

Observou-se que o tratamento 300 ppm e o controle não apresentaram diferença estatística em relação aos dias até o fim do período de armazenamento. No 18º dia de experimento, os frutos submetidos a dose de 200 ppm e o controle não diferiram entre si, porém diferiram dos frutos dos demais dias de armazenamento. Nos frutos submetidos à dose de 400 ppm de 1-MCP, os maiores valores reportados se encontram no dia 18.

A pectinametilesterase (PME) atua removendo grupos metoxílicos (OCH3) das substâncias pécticas, reduzindo o grau de metoxilação, liberando metanol e íons hidrogênio (H+) (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Notou-se neste trabalho que houve interações de doses de 1-MCP com dias de armazenamento para PME.

Observou-se que até o final do período não houve diferenças estatísticas significativas de PG entre os diferentes tratamentos e em relação aos dias de análise, conforme verifica-se na Tabela 3.

Tabela 3: Atividade da enzima poligalacturonase (U.E.min⁻¹.g⁻¹) obtidas em abacates 'Hass' submetidos a diferentes doses de 1-MCP, arazenados sob refrigeração

Tratamentos	Dias							Média geral de amostra
	0	3	6	9	12	15	18	
0 ppm	795,7	794,8	792,1	789,1	782,1	790,7	784,4	798,8
200 ppm	796,6	729,7	785,5	793,8	786,8	785,7	790,0	780,5
300 ppm	795,5	794,3	781,7	794,8	791,5	788,3	787,7	790,5
400 ppm	796,6	792,2	784,8	819,7	794,2	790,3	790,1	795,4
Média geral de dia	796,1	777,8	819,7	819,7	788,6	789	787,9	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Turkey a 5% de probabilidade Simon (2011) também não verificou diferença estatística para atividade de PG em abacate 'Hass' submetido à radiação gama, porém seus valores foram inferiores aos encontrados no presente trabalho.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) o aumento da atividade de enzimas como a PG, é indicativo do amaciamento dos tecidos e do avanço no grau de maturação em frutas climatéricas, porém no presente trabalho esses valores não se correlacionaram com o amaciamento dos frutos, pela metodologia de Buescher e Furmanski (1978), mesmo com adaptações.

4 CONCLUSÃO

Nas condições em que o trabalho foi realizado, os resultados permitem concluir que o 1-MCP foi eficiente na manutenção da firmeza dos frutos principalmente nas doses de 300ppm e 400ppm; porém não demonstrou efeitos sobre as enzimas poligalacturonase e pectinametilesterase, segundo as metodologias utilizadas.

5 AGRADECIMENTOS

À CAPES, à ESALQ e à empresa Jaguacy Brasil pelo apoio à pesquisa.

6 REFERENCIAS

- AWAD, M.; YOUNG, R. E. Postharvest variation in cellulase, polygalacturonase, and pectinmethylesterase in avocado (*Persea Americana* Mill, cv. Fuerte) fruits in relation to respiration and ethylene production. **Plant Physiology**, California, v. 64, p. 306-308, 1979.
- BUESCHER, R.W.; FURMANSKI, R.J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness un peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 264-266, Jan./Feb., 1978.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2 ed, Lavras - MG: UFLA, 2005. 785 p.
- DAIUTO, E. R.; CABIA, N. C.; FUMES, J. G. F.; VIEITES, R. L.; CARVALHO, L. R.; GARCIA, M. R. Capacidade anti radical livre e qualidade pós-colheita de abacate 'Hass'. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14 , n.1, p.51-62, 2012.
- DONADIO, L.C. **Abacate para exportação: aspectos técnicos da produção**. 2. Ed. Ver. Ampl. Brasília: EMBRAPA: SPI, 1995. p. 21-52 (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 2).
- DONADIO, L. C.; SDR; FRUPEX. **Abacate para exportação: aspectos técnicos da produção**. 2 ed. Brasília – DF: EMBRAPA, 1995. 53 p.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. p. 477.
- HULTIN, H.O.; SAM, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterase of the banana: purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v.31, n.3, p.320-327, May/June 1966.
- KOHATSU, D.S.; MOREIRA, G.C. Pós-colheita do abacate. In: LEONEL. S. (Org.) **Abacate: Aspectos técnicos da produção**. 1ed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista- Cultura Acadêmica Editora, 2008. p. 199-214.
- KOLLER, O.C. **Abacate: produção de mudas, instalação e manejo de pomares, colheita e pós-colheita**. 1 ed. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. 154 p.
- NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of Glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 153, p. 375-80, 1944.
- RAMOS, D.P; SAMPAIO, A.C. Principais variedades de abacateiro. In: LEONEL. S. (Org.) **Abacate: Aspectos técnicos da produção**. 1ed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista- Cultura Acadêmica Editora, 2008. p.37-64.
- SIMON, J.W. **Conservação do abacate 'Hass' e do guacamole por irradiação**. 2011. 95 f. Tese (Doutorado

em Agronomia/ Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

SOMOGY, M. A reagent for the cooper-iodometric determination of very small amounts of sugar. **J. Biol. Chem.** 117, p. 771-776. 1937