

Ação do 1-metilciclopropeno na conservação pós-colheita de manga 'Palmer' em diferentes estádios de maturação

Danielly Cristina Gomes da Trindade⁽¹⁾, Maria Auxiliadora Coêlho de Lima⁽²⁾ e Joston Simão de Assis⁽²⁾

⁽¹⁾Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Avenida Dr. Edgar Chastinet, s/nº, São Gerardo, CEP 48905-680 Juazeiro, BA, Brasil. E-mail: danielly.trindade@embrapa.br ⁽²⁾Embrapa Semiárido, BR-428, Km 152, Caixa Postal 23, Zona Rural, CEP 56302-970 Petrolina, PE, Brasil. E-mail: auxiliadora.lima@embrapa.br, joston.assis@embrapa.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP) em manga 'Palmer' (*Mangifera indica*), nos estádios de maturação 2 e 3, para a conservação pós-colheita do fruto durante o período de armazenamento. Foram realizados dois experimentos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. No primeiro, mangas no estágio de maturação 2 foram submetidas a diferentes doses de 1-MCP (controle, 300, 600 e 1.000 nL L⁻¹), por 12 horas, e tempos de armazenamento refrigerado de 0, 8 e 15 dias a 14,5±2°C e 85±6% UR, seguidos de 3, 5, 7 e 9 dias a 24±2°C e 60±6% UR. No segundo experimento, mangas no estágio de maturação 3 foram submetidas aos mesmos tratamentos do primeiro, porém com aplicação de 1-MCP durante 14 horas e com armazenamento a 13±0,6°C e 87±2% UR, e 24,4±1,9°C e 47±8% UR. O uso de 1-MCP nas doses de 300 e 600 nL L⁻¹, no estágio de maturação 2, melhora a aparência dos frutos, embora se restrinja a efeitos temporários sobre a firmeza de polpa e a degradação de amido. Nas doses de 600 e 1.000 nL L⁻¹, no estágio de maturação 3, o 1-MCP limita a perda de firmeza e mantém a aparência comercial do fruto até o vigésimo quarto dia.

Termos para indexação: *Mangifera indica*, armazenamento, inibidor de etileno, vida de prateleira.

1-methylcyclopropene action on postharvest conservation of 'Palmer' mango fruit at different maturity stages

Abstract – The objective of this work was to evaluate the application effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in 'Palmer' mango fruit (*Mangifera indica*), at the maturity stages 2 and 3, on postharvest conservation during the storage period. Two experiments were conducted in a completely randomized design with four replicates. In the first one, mango fruit at the maturity stage 2 were subjected to treatments with different 1-MCP doses (control, 300, 600, and 1,000 nL L⁻¹), for 12 hours, and refrigerated storage times of 0, 8, and 15 days at 14.5±2°C and 85±6% RH, followed by 3, 5, 7, and 9 days at 24±2°C and 60±6% RH. In the second experiment, mango at the maturity stage 3 were subjected to the same treatments as those of the first one, but with the application of 1-MCP for 14 hours and storage at 13±0.6°C and 87±2% RH, and 24.4±1.9°C and 47±8% RH. The use of the doses of 300 and 600 nL L⁻¹ 1-MCP at the maturity stage 2 improves fruit appearance, but it is limited to temporary effects on pulp firmness and starch breakdown. At the doses of 600 and 1,000 nL L⁻¹, at the maturity stage 3, 1-MCP delays firmness loss and maintains the marketable fruit appearance until the twenty-fourth day.

Index terms: *Mangifera indica*, storage, ethylene inhibitor, shelf life.

Introdução

No Brasil, a produção de manga firmou sua importância econômica com as exportações para os Estados Unidos e a Europa, na década de 1980. Em 2013, em torno de 122 mil toneladas de mangas foram exportadas, o que tornou o País o segundo exportador mundial dessa fruta (Agriannual..., 2014). Contudo, para ampliar esse grande potencial, o Brasil precisa diversificar o destino dessas exportações. Para tanto, é indispensável tornar mais eficientes os

processos e os componentes da cadeia de produção e comercialização.

As principais variedades exportadas são Tommy Atkins, Kent, Keitt, Haden e Palmer. A variedade Palmer vem expandindo sua área cultivada na maior região exportadora de manga do País, o submédio do Vale do São Francisco (Anuário..., 2012). Nesta região, a área cultivada com mangueira 'Palmer' cresceu 60% nos últimos 5 anos, em decorrência de novos plantios e, também, da sobre-enxertia em plantios da variedade Tommy Atkins. Entretanto, a manga 'Palmer' apresenta

rápida perecibilidade, um dos principais fatores responsáveis por grandes perdas pós-colheita.

A etapa de transporte marítimo destaca-se como crítica para a ocorrência de perdas, em razão do longo período e das condições de armazenamento. A via aérea seria a melhor opção para o mercado externo, mas o alto custo limita o seu uso. Esse fato justifica a importância de se identificar novas tecnologias, além de aprimorar as existentes, que permitam estender a vida pós-colheita de mangas 'Palmer', ao preservar a qualidade do fruto para diferentes mercados.

A refrigeração é o método mais econômico e mais utilizado para prolongar a vida útil de frutas e hortaliças, e os demais são complementares a esse. Inibidores de etileno têm sido ferramentas úteis no manejo pós-colheita de muitos frutos e, associados à refrigeração, têm sido empregados para retardar o amadurecimento e a senescência em frutas climatéricas (Hojo et al., 2007; Sivakumar et al., 2012). Entre esses inibidores, o 1-metilciclopropeno (1-MCP) tem sido amplamente estudado, em países como: Argentina, Austrália, Áustria, Brasil, Canada, Chile, Costa Rica, França, Guatemala, Honduras, Israel, México, Holanda, Nova Zelândia, África do Sul, Suíça, Turquia, Reino Unido e Estados Unidos (Watkins, 2006). Nesses países, pode ser utilizado, por exemplo, em maçã, abacate, kiwi, manga, melão, mamão, pêssego, pera, abacaxi, banana, ameixa e tomate. No Brasil, o registro alcança dois produtos comerciais, sendo um na forma de pó e o outro na de pastilhas (Defensivos..., 2015).

A aplicação do 1-MCP tem resultado em retardo no início do amadurecimento de frutas, incluindo a manga (Lima et al., 2006; Cordeiro et al., 2011). Por se tratar de um inibidor da ação do etileno, o 1-MCP liga-se aos receptores desse fitormônio com meia-vida de difusão entre 7 e 12 dias, em comparação a de 2 a 10 min do etileno, que se desliga rapidamente. Esse tempo de difusão sugere que a ligação do 1-MCP ao receptor do etileno é praticamente irreversível. Porém, assim que o receptor do 1-MCP é metabolizado ou que novos receptores são gerados sob alta temperatura, o processo é revertido (Pereira & Beltran, 2002). Dessa forma, a produção de novos receptores de etileno nas membranas celulares influencia a recomendação da concentração de 1-MCP necessária para promover a inibição da ação do etileno. Essa concentração varia, ainda, de acordo com a espécie, a variedade, o estágio

de maturação, a temperatura e o tempo de exposição ao 1-MCP (Blankenship & Dole, 2003).

Portanto, para que o Brasil possa fortalecer sua competitividade nas exportações e alcançar novos mercados, são requeridos estudos mais aprofundados sobre a pós-colheita da manga. Neste sentido, pesquisas com 1-MCP podem gerar avanços no estágio atual de conhecimento e subsidiar a geração de novas tecnologias.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de 1-MCP em manga 'Palmer', nos estádios de maturação 2 e 3, para a conservação pós-colheita do fruto durante o período de armazenamento.

Material e Métodos

Foram utilizadas mangas 'Palmer' provenientes de pomar comercial (09°19'53"S, 40°41'29"W), situado no Município de Petrolina, PE. Os frutos foram transportados para o Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Semiárido, onde foram selecionados manualmente, com base em sanidade, ausência de danos mecânicos, uniformidade de maturação e tamanho. Foram conduzidos dois experimentos, em períodos distintos.

No primeiro experimento, mangas 'Palmer' colhidas em estágio de maturação 2 foram submetidas a diferentes doses de 1-MCP (controle, 300, 600 e 1.000 nL L⁻¹) e tempos de armazenamento (0, 8, 15 dias seguidos por 3, 5, 7 e 9 dias), na conservação pós-colheita. O estágio de maturação 2 é caracterizado por cor verde clara da casca, polpa levemente amarela e teor de sólidos solúveis de aproximadamente 6,0°Brix, conforme padronização de alguns exportadores (Emex, 1998).

As diferentes doses de 1-MCP foram obtidas a partir da diluição de 1-MCP 3,8% i.a. (SmartFresh, AgroFresh, Yakima, WA, EUA). Para isso, o produto foi colocado em frasco de vidro, no qual foi injetado 20 mL de água à temperatura ambiente (25°C), agitado até a completa dissolução do produto e a obtenção do 1-MCP gasoso. Os frascos contendo as diferentes concentrações de 1-MCP foram colocados em caixas herméticas com capacidade para 0,186 m³, as quais foram fechadas e mantidas em temperatura refrigerada, a 13,3±1°C e 86±3% umidade relativa (UR), por 12 horas. Após a aplicação, as caixas foram abertas e os frutos armazenados sob refrigeração, a 14,5±2°C

e $85\pm 6\%$ UR, acondicionados em caixas de papelão, para avaliações aos 0, 8 e 15 dias, quando foram transferidos para temperatura ambiente, a $24\pm 2^\circ\text{C}$ e $60\pm 6\%$ UR, por mais 3, 5, 7 e 9 dias. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4×7 (dose de 1-MCP x tempo de armazenamento), com quatro repetições de quatro frutos.

Foram avaliados os seguintes atributos de qualidade dos frutos: perda de massa, aparência, cor da casca e da polpa, firmeza da polpa, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, teor de amido e substâncias pécicas.

A perda de massa (%) foi calculada pela diferença entre a massa do fruto no dia da colheita e na data de avaliação, em balança semianalítica, modelo VI-2400 (Acculab, Winter Park, FL, EUA). Já a aparência do fruto foi determinada pela escala subjetiva de notas proposta por Lima et al. (2007), em que: 4, fruta isenta de manchas e com aparência fresca; 3, sinais de murcha inicial (perda de brilho e turgor) e presença de manchas em até 5% da superfície da fruta; 2, manchas em 6 a 20% da superfície e enrugamento inicial; 1, manchas em 21 a 40% da fruta e avanço do enrugamento (intensidade moderada); e 0, manchas em mais de 40% da área da fruta e enrugamento em intensidade severa ou podridão.

Para determinação da cor da casca, na região verde e na parte equatorial do fruto, e da cor da polpa, à meia distância entre a casca e a semente, foram medidos os valores do ângulo Hue: 0° , vermelho; 90° , amarelo; 180° , verde; e 270° , azul. Para tanto, utilizou-se o reflectômetro Colortec PCM (ColorTec, Clinton, NY, EUA), com leitura única e direta.

Para obter a firmeza de polpa (N), foram realizadas duas leituras por fruto, em lados opostos da porção equatorial. A média foi obtida por meio de texturômetro digital Extralab TA.XT Plus (Extralab Brasil, Jarinu, SP), dotado de ponteira P/6 (6,0 mm de diâmetro), pelo qual se mediu a força necessária para promover a penetração da ponteira em 1,0 cm de profundidade.

O teor de sólidos solúveis, expresso em $^\circ\text{Brix}$, foi obtido por leitura direta do suco extraído da polpa, em refratômetro digital Abbe Mark II (Reichert Technologies, Depew, NY, EUA) (Cunniff, 1998). Já a acidez titulável ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de ácido cítrico) foi determinada por titulometria com solução de NaOH 0,1N (Cunniff, 1998), e o teor de amido, expresso em

$\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de massa fresca, conforme metodologia de Cunniff (1998).

As substâncias pécicas foram extraídas pelo método descrito por McReady & McComb (1952) e dosadas pela reação de condensação com m-hidroxidifenil, de acordo com Blumenkrantz & Asboe-Hansen (1973). Os resultados foram expressos em $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de massa fresca, a partir de curva padrão do ácido galacturônico.

Os resultados foram submetidos à análise de variância. Quando o efeito das doses de 1-MCP foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para avaliar os efeitos do tempo de armazenamento ou da interação entre os fatores, os resultados foram submetidos à análise de regressão polinomial. Quando a interação foi significativa, realizou-se o desdobramento das doses de 1-MCP em cada tempo.

No segundo experimento, as mangas 'Palmer' avaliadas foram colhidas no estágio de maturação 3, caracterizado por cor verde-amarelada da casca, polpa amarelada e teor de sólidos solúveis de aproximadamente $6,5^\circ\text{Brix}$ (Emex, 1998). Os frutos foram submetidos aos mesmos tratamentos do primeiro experimento, porém com algumas modificações. Em relação às doses do 1-MCP, os frutos foram mantidos nas caixas herméticas sob ação do gás durante 14 horas, em ambiente refrigerado a $13,5\pm 1,6^\circ\text{C}$ e $87\pm 4\%$ UR. Quanto ao armazenamento, as condições adotadas foram: $13\pm 0,6^\circ\text{C}$ e $87\pm 2\%$ UR, em câmara fria, e $24,4\pm 1,9^\circ\text{C}$ e $47\pm 8\%$ UR para temperatura ambiente. O delineamento experimental, as variáveis e a análise estatística foram os mesmos utilizados no primeiro experimento.

Resultados e Discussão

No primeiro experimento, a perda de massa não foi influenciada pela dose de 1-MCP. Houve perda de massa fresca progressiva, de 1,7%, nos primeiros 8 dias de armazenamento, e de 6%, aos 24 dias (Figura 1 A). Segundo Hojo et al. (2009), as condições de armazenamento, determinadas pela temperatura e pela umidade relativa, interferem diretamente no metabolismo do fruto, o que restringe ou favorece a perda de água. Quando o processo é favorecido, são registradas tanto perdas quantitativas, resultantes da menor massa para comercialização, quanto prejuízos à aparência (murcha e enrugamento), à qualidade

textural (amaciamento, flacidez e perda de resistência, de crocância e de suculência) e ao valor nutritivo do fruto (Faasema et al., 2014).

Ao se analisar a influência do 1-MCP sobre a perda de massa, Cordeiro et al. (2011) não observaram efeito em mangas 'Palmer' tratadas com o inibidor de etileno

em temperatura ambiente. Para a manga 'Ataulfo', Rangel et al. (2009) relataram diferenças de apenas 0,5% nos frutos tratados com 400 nL L⁻¹ de 1-MCP, após 7 dias de armazenamento a 10°C, seguidos de 9 dias a 20°C. Em simulação para a exportação de manga 'Kent' produzida no México para a Europa, García

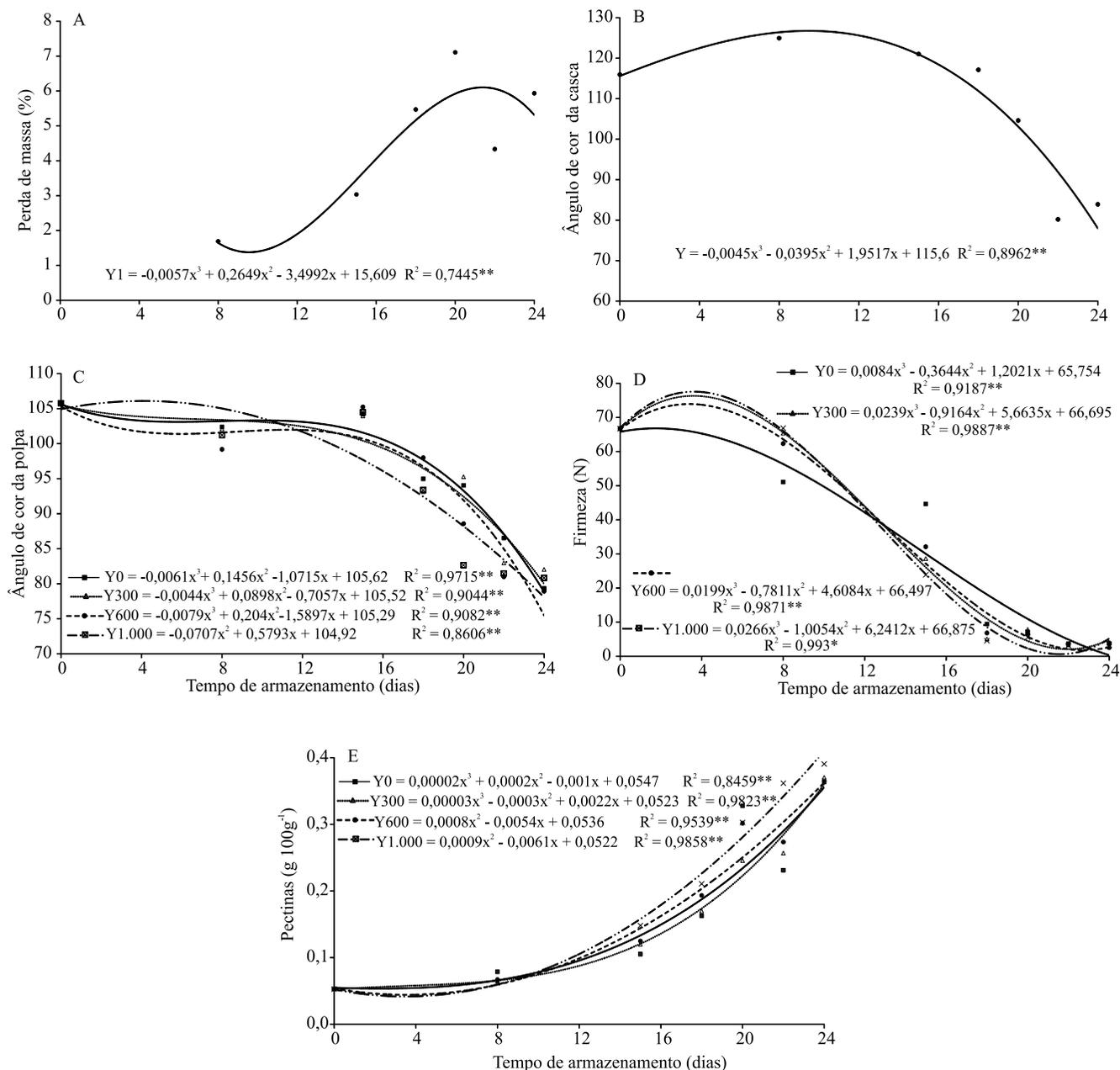


Figura 1. Perda de massa (A), ângulo de cor da casca (B), ângulo de cor da polpa (C), firmeza da polpa (D) e teor de pectinas (E) de mangas 'Palmer' no estágio de maturação 2, submetidas à aplicação de diferentes doses de 1-MCP (0, 300, 600 e 1.000 nL L⁻¹) durante 15 dias em armazenamento refrigerado (14,5±2°C e 85±6% UR), seguido de 9 dias em temperatura ambiente (24±2°C e 60±6% UR), no primeiro experimento. UR, umidade relativa.

et al. (2005) observaram perda de massa 37% maior nos frutos controle, em comparação aos tratados com 300 nL L⁻¹ de 1-MCP. Esses resultados divergentes dificultam uma associação clara entre o uso de 1-MCP e a sua influência sobre a perda de água.

No primeiro experimento, o tempo de armazenamento também influenciou o ângulo de cor de casca (Figura 1 B). Em temperatura ambiente, os valores do ângulo de cor de casca diminuíram de 121,02 para 83,8. Esse resultado é indicativo da redução do teor de clorofila e da exposição de carotenoides já existentes, o que corrobora os resultados obtidos por Lima et al. (2006), para mangas da variedade Tommy Atkins, e por Sivakumar et al. (2012), para as da Kent.

Apesar da interação significativa entre os fatores dose de 1-MCP e tempo de armazenamento, houve pouca diferença para o ângulo de cor da polpa (Figura 1 C). Os frutos tratados com 1.000 nL L⁻¹ apresentaram diminuição precoce nos valores do ângulo de cor da polpa, o que indica que estavam com a maturação mais adiantada.

Ainda no primeiro experimento, a firmeza da polpa foi influenciada pela interação dose de 1-MCP e tempo de armazenamento (Figura 1 D). As doses de 1-MCP promoveram efeito temporário sobre a firmeza, tendo mantido menor taxa de amaciamento até o décimo oitavo dia. Após retirada do ambiente refrigerado, aos 18 dias, os frutos controle apresentavam-se mais firmes, mas, aos 24 dias, não foi possível diferenciar os tratamentos. Wang et al. (2009) relataram que, em manga 'Tainong', o 1-MCP não inibiu completamente o acúmulo do seu precursor, o ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico, na via biossintética. Essa constatação pode justificar o efeito temporário desse inibidor de etileno, em alguns frutos e variedades.

Valero et al. (2005) e Watkins (2006) observaram que as respostas ao 1-MCP são dependentes da dose e do estágio de maturação do fruto no momento da aplicação. Ao se identificar os valores ideais para esse binômio, o 1-MCP poderia ser uma importante ferramenta para reduzir eventos fisiológicos que repercutam na qualidade do fruto, como o amaciamento da polpa. Faasema et al. (2014) constataram que o 1-MCP atrasou o amaciamento da polpa nas variedades Brokin e Julie, mas não afetou o processo na Peter. O efeito foi influenciado pela temperatura de armazenamento, de forma que a 32°C não houve extensão da vida útil

da manga, mas os frutos tratados amadureceram com melhor qualidade para consumo.

No primeiro experimento, o teor de substâncias pécnicas manteve-se constante até o oitavo dia de armazenamento, quando a taxa de amaciamento da polpa estava estável (Figura 1 E). A partir dessa fase e com o avanço da maturação, o teor de substâncias pécnicas aumentou. O tratamento com a dose de 1.000 nL L⁻¹ apresentou maior solubilização das pectinas ao longo do período de armazenamento, o que coincidiu com o maior avanço da perda de firmeza.

Oliveira Júnior et al. (2004) sugeriram que o aumento de substâncias pécnicas pode estar relacionado à menor eficiência da metodologia de extração quando o fruto está nos estádios iniciais de maturação. Partindo-se do princípio de que a maioria dos polissacarídeos passa pelo processo de hidrólise com o avanço do amadurecimento, considera-se que as pectinas, dentro da parede, estão em uma forma não acessível pela pectinase e que a eficiência de extração deve aumentar nos estádios mais avançados. O aumento nos teores de substâncias pécnicas também pode estar associado à perda de massa.

O teor de amido decresceu (de 8,6 a 0,1%) durante o período de armazenamento, no primeiro experimento, sendo detectável apenas até o décimo oitavo dia (Figura 2 A). O decréscimo no teor de amido durante a maturação é característico em manga. Ribeiro et al. (2015) registraram variação de 14,2 a 0,1%, no teor de amido, em frutos de 22 variedades de mangueira, originárias da Ásia, da América, da África e da Oceania. Na fase de maturação, o amido é convertido em açúcares solúveis. Ao mesmo tempo, a acidez diminui e ocorre degradação das paredes celulares, o que torna a firmeza da polpa mais suave (Faasema et al., 2014; Ribeiro et al., 2015).

Os frutos tratados com as dosagens de 300 e 600 nL L⁻¹ de 1-MCP mantiveram maiores teores de amido quando comparados aos demais, durante o período avaliado.

Ao se analisar as variáveis sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT), no primeiro experimento, houve influência da interação 1-MCP e tempo de armazenamento (Figuras 2 B e C, respectivamente). No entanto, essa diferença é pouco significativa para refletir no sabor do fruto. García et al. (2005), ao estudar manga 'Kent', e Faasema et al. (2014), as variedades Brokin, Julie e Peter, não observaram

influência do 1-MCP sobre essas características. Assim, esses autores concluíram que o aumento de SS e a diminuição da AT não são influenciados pelo etileno. Entretanto, cabe destacar que as respostas dessas características à aplicação de 1-MCP dependem da espécie e da variedade (Blankenship & Dole, 2003).

No primeiro experimento, a aparência manteve-se praticamente inalterada até o vigésimo dia, quando todos os frutos receberam nota 4 (Figura 2 D). A perda de massa máxima, de 6%, considerada aceitável, pode ter favorecido a conservação da aparência dos frutos. A aplicação das doses de 300 e 1.000 nL L⁻¹ de 1-MCP permitiu a manutenção da aparência, sem sinais visíveis de perda de turgidez, durante os 24 dias de armazenamento.

Já no segundo experimento, a perda de massa foi influenciada apenas pelo tempo de armazenamento (Figura 3 A). Durante o armazenamento refrigerado, a perda de massa máxima foi de 2,5%, tendo aumentado

até 10,8%, quando os frutos foram transferidos para temperatura ambiente, sendo que a diminuição da umidade relativa é um dos principais estimuladores da perda de massa.

A perda de água pelos frutos em estágio de maturação 3, além de reduzir a massa do produto, causa murcha, o que prejudica a aparência externa e a qualidade do fruto.

No segundo experimento, as doses de 300 e 600 nL L⁻¹ de 1-MCP resultaram em maiores valores de ângulo de cor da casca até o vigésimo dia de armazenamento, o que indica menor degradação da clorofila (Figura 3 B). O 1-MCP, ao retardar a ação do etileno como ativador enzimático de vários eventos metabólicos, entre eles a degradação da clorofila, adia a mudança da cor da casca para amarelo. Ngamchuachit et al. (2014) também relataram maiores valores de ângulo de cor na variedade Keitt após tratamentos com doses de até 1.000 nL L⁻¹ de 1-MCP.

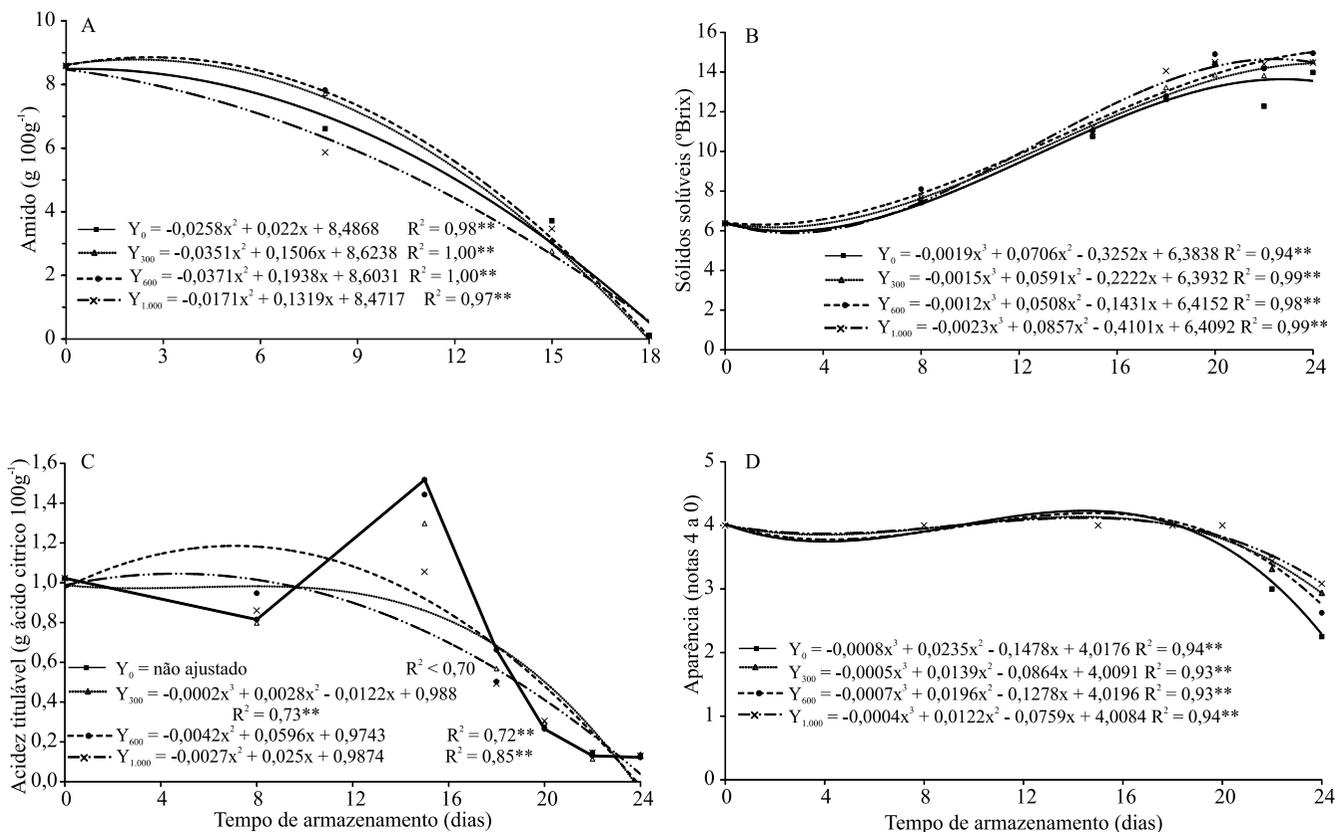


Figura 2. Teor de amido (A), teor de sólidos solúveis (B), acidez titulável (C) e aparência (D) de mangas 'Palmer' no estágio e maturação 2, submetidas à aplicação de diferentes doses de 1-MCP (0, 300, 600 e 1.000 nL L⁻¹) durante 15 dias em armazenamento refrigerado (14,5±2°C e 85±6% UR), seguido de 9 dias em temperatura ambiente (24±2°C e 60±6% UR), no primeiro experimento. UR, umidade relativa.

O ângulo de cor da polpa diminuiu ao longo do período de armazenamento, no segundo experimento. Frutos tratados com 1.000 nL L⁻¹ de 1-MCP apresentaram cor verde-amarelada, em torno de 100,93, o que indica maturação mais atrasada em relação aos demais (Figuras 3 C e D, respectivamente).

No segundo experimento, os valores médios de firmeza da polpa foram influenciados pela interação

doses de 1-MCP e tempo de armazenamento (Figura 3 E). As doses de 600 e 1.000 nL L⁻¹, quando comparadas ao controle, promoveram menor amaciamento da polpa até o vigésimo dia, tendo-se registrado maior diferença entre as concentrações até o décimo quinto dia. Após o vigésimo dia, a firmeza da polpa mostrava-se equivalente entre os frutos tratados com 1-MCP.

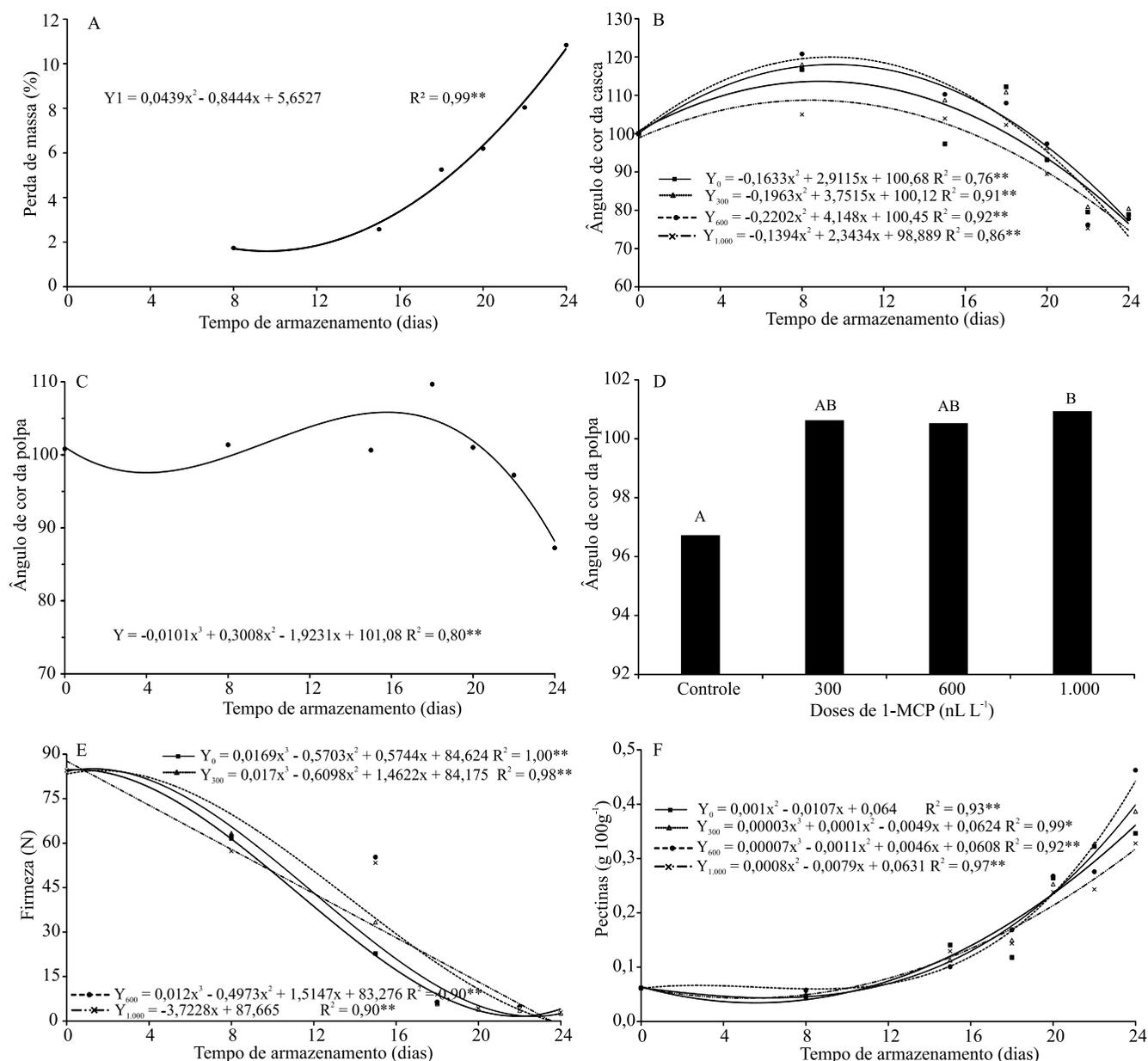


Figura 3. Perda de massa (A), ângulo de cor da casca (B), ângulo de cor da polpa (C e D), firmeza (E) e teor de pectinas (F) de mangas 'Palmer' no estágio de maturação 3, submetidas à aplicação de diferentes doses de 1-MCP (0, 300, 600 e 1.000 nL L⁻¹) durante 15 dias em armazenamento refrigerado (13±0,6°C e 87±2% UR), seguido de 9 dias em temperatura ambiente (24,4±1,9°C e 47±8% UR), no segundo experimento. UR, umidade relativa.

Nos frutos que receberam 1-MCP, é provável que a síntese de novos sítios de ligação do etileno ou a produção de etileno tenha sido menor, o que repercutiu na intensidade da atividade de enzimas relacionadas às mudanças de textura. O atraso na perda de firmeza, resultante da ação do 1-MCP, é coerente com a hipótese de que o etileno desencadeia a atividade metabólica associada ao amaciamento, o que diminui seu efeito sobre as membranas celulares, que são altamente sensíveis ao etileno (Watkins, 2006; Godoy et al., 2009; Rangel et al., 2009).

Ainda no segundo experimento, as variações nos teores de substâncias pécicas foram influenciadas pela interação entre os fatores (Figura 3 F). O teor inicial de 0,061 g 100 g⁻¹ manteve-se com poucas mudanças durante o período de armazenamento refrigerado. No entanto, na última avaliação, os frutos submetidos a 600 nL L⁻¹ de 1-MCP apresentaram o maior teor

de substâncias pécicas, 0,462 g 100 g⁻¹ de polpa. Ribeiro et al. (2009), ao avaliar revestimentos à base de dextrina em mangas 'Tommy Atkins', verificaram aumento no teor de substâncias pécicas durante a maturação. Porém, durante o armazenamento e o amadurecimento das frutas, espera-se diminuição no teor de substâncias pécicas em razão da ação das enzimas hidrolíticas da parede celular (Tucker, 1993). Godoy et al. (2009) apontaram a despolimerização de pectinas pela poligalacturonase como um evento relevante para a desorganização da parede celular. Contudo, ainda são necessários estudos que visem a elucidação das variações no teor de pectinas em manga durante o amadurecimento.

A degradação de amido durante o estágio de maturação 3 foi menor nos frutos tratados com as doses de 300 e 600 nL L⁻¹ de 1-MCP (Figura 4 A). Após o décimo oitavo dia de armazenamento, os

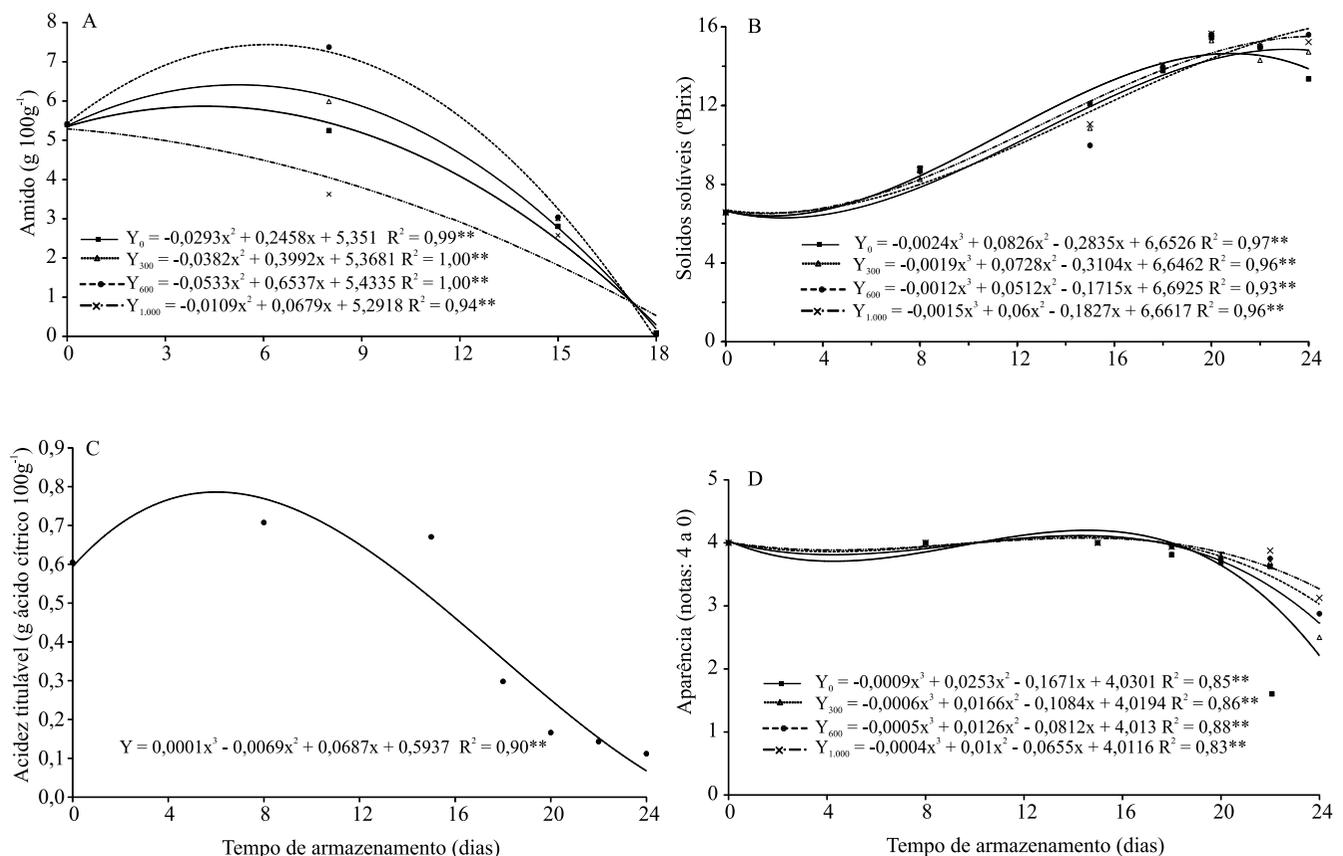


Figura 4. Teor de amido (A), teor de sólidos solúveis (B), acidez titulável (C) e aparência (D) de mangas 'Palmer' no estágio de maturação 3, submetidas à aplicação de diferentes doses de 1-MCP (0, 300, 600 e 1.000 nL L⁻¹) durante 15 dias em armazenamento refrigerado (13±0,6°C e 87±2% UR), seguido de 9 dias em temperatura ambiente (24,4±1,9°C e 47±8% UR), no segundo experimento. UR, umidade relativa.

teores de amido estavam muito baixos, e o método não foi eficiente para detecção. O teor inicial de amido, em torno de 5%, é correspondente ao registrado por Hojo et al. (2009), em estudo com frutos dessa mesma variedade, na maturidade fisiológica. A literatura disponível descreve o amido como a principal reserva de carbono utilizada na síntese pós-colheita da sacarose, açúcar predominante na manga madura. Na degradação do amido, duas rotas metabólicas se destacam: uma amilolítica e outra fosforolítica. Em manga, a rota fosforolítica parece ter importância fundamental, uma vez que a expressão de genes da enzima amido fosforilase é incrementada com o amadurecimento (Godoy et al., 2009).

No segundo experimento, o teor de SS foi influenciado pelo 1-MCP e pelo período de armazenamento conjuntamente (Figura 4 B). Observou-se atraso no acúmulo de SS nos frutos que receberam doses de 300, 600 e 1.000 nL L⁻¹ de 1-MCP, até o vigésimo dia de armazenamento. Entretanto, as diferenças numéricas observadas são pouco perceptíveis para o sabor. García et al. (2005), Lima et al. (2006) e Faasema et al. (2014) não constataram efeito do 1-MCP sobre o teor de SS em manga. Faasema et al. (2014) enfatizaram que, durante o amadurecimento, na maioria dos frutos, o aumento dos teores de SS é promovido pela quebra de substâncias, como o amido, e sua transformação em produtos mais simples, como os açúcares.

A acidez titulável diminuiu, durante o período de armazenamento, independentemente do tratamento com 1-MCP (Figura 4 C). Observou-se que o valor médio inicial de 0,60 g 100 g⁻¹ de ácido cítrico caiu para 0,11 g 100 g⁻¹ de ácido cítrico, aos 24 dias. A degradação de ácidos orgânicos é um evento comum durante a maturação dos frutos, em decorrência da sua utilização no processo respiratório e da sua conversão em açúcares (Faasema et al., 2014). Sob efeito de doses específicas de 1-MCP, é possível adiar a degradação de ácidos orgânicos em algumas variedades de manga (Rangel et al., 2009; Sivakumar et al., 2012).

Frutos tratados com 1-MCP no estágio de maturação 3 mantiveram a aparência comercial por mais tempo (Figura 4 D). Ao vigésimo quarto dia, a aparência dos frutos controle estava comprometida, com notas menores que 2,0, enquanto, nos demais tratamentos, principalmente com as doses de 600 e 1.000 nL L⁻¹ de 1-MCP, os frutos apresentavam-se praticamente isentos de defeitos. A manutenção da aparência comercial é uma resposta atribuída ao 1-MCP em outros frutos,

seja associada ou não ao atraso na maturação (Berry et al., 2015).

Conclusões

1. O uso de 1-MCP nas doses de 300 e 600 nL L⁻¹, em manga 'Palmer' no estágio de maturação 2, traz benefícios à aparência dos frutos, embora se restrinja a efeitos temporários sobre a firmeza de polpa e a degradação de amido.

2. O uso de 1-MCP nas doses de 600 e 1.000 nL L⁻¹, em manga 'Palmer' no estágio de maturação 3, limita a perda de firmeza da polpa e mantém a aparência dos frutos em condições de comercialização até o vigésimo quarto dia.

Referências

- AGRIANUAL 2015: anuário da agricultura Brasileira. São Paulo: Informa Economics FNP, 2014. 472p.
- ANUÁRIO Brasileiro da fruticultura 2012. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2012. 128p. Editado por Romar Rudolfo Beling.
- BERRY, A.D.; SARGENT, S.A.; PEREIRA, M.E.C.; HUBER, D.J. Postharvest ripening and quality of Guatemalan-West Indian avocado hybrids under simulated commercial shipping temperatures following treatment with aqueous 1-methylcyclopropene. **HortTechnology**, v.25, p.85-89, 2015.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v.28, p.1-25, 2003. DOI: 10.1016/S0925-5214(02)00246-6.
- BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, v.54, p.484-489, 1973. DOI: 10.1016/0003-2697(73)90377-1.
- CORDEIRO, M.H.M.; MIZOBUTSI, G.P.; OLIVEIRA, M.B.; SILVA, N.M.; SOUZA, B.N.; FERREIRA, D.M.; MOTA, W.F.; AGUIAR, M.C.S. Características físicas e químicas de manga Palmer submetidas a diferentes doses de 1-metilciclopropeno. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS, 3., 2011, Nova Friburgo. **Anais**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011. v.1. p.844-847.
- CUNNIFF, P. (Ed.). **Official methods of analysis of AOAC International**. 16th ed. Maryland: AOAC International, 1998. 1298p.
- DEFENSIVOS agrícolas: listagem completa, cultura a cultura, dos produtos registrados no Brasil. São Paulo: Associação Brasileira dos Defensivos Genéricos, [2015]. Disponível em: <http://www.aenda.org.br/index.php?option=com_content&view=category&id=28>. Acesso em: 26 jun. 2015.
- EMEX, A.C. **Norma de calidad para mango fresco de exportación**. México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, 1998. 4p.

- FAASEMA, J.; ALAKALI, J.S.; ABU, J.O. Effects of storage temperature on 1-methylcyclopropene-treated mango (*Mangifera indica*) fruit varieties. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.38, p.289-295, 2014. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2012.00775.x.
- GARCÍA, J.A.O.; BELTRAN, J.A.; LÓPEZ, M.A.U. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre la vida de anaquel y calidad de mango para exportación. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.28, p.271-278, 2005.
- GODOY, A. de; MORITA, R.J.; CORDENUNSI, B.R.; LAJOLO, F.M.; NASCIMENTO, J.R.O. do. Expression analysis of a set of genes related to the ripening of bananas and mangoes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.21, p.251-259, 2009. DOI: 10.1590/S1677-04202009000400001.
- HOJO, E.T.D.; ABREU, C.M.P. de; ASMAR, S.A.; HOJO, R.H.; CORRÊA, A.D.; VILAS BOAS, E.V. de B. Avaliação da qualidade de manga 'palmer' tratada com 1-metilciclopropeno e armazenada sob refrigeração e condição ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, p.28-38, 2009. DOI: 10.1590/S0100-29452009000100006.
- HOJO, E.T.D.; ABREU, C.M.P. de; HOJO, R.H.; ASMAR, S.A.; CUNHA JÚNIOR, L.C.; CORRÊA, A.D. Firmeza de mangas 'Palmer' tratadas com 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1878-1883, 2007. DOI: 10.1590/S1413-70542007000600042.
- LIMA, M.A.C. de; SILVA, A.L. da; AZEVEDO, S.S.N.; SANTOS, P. de S. Tratamentos pós-colheita com 1-metilciclopropeno em manga 'Tommy Atkins': efeito de doses e número de aplicações. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.64-68, 2006.
- LIMA, M.A.C. de; SILVA, A.L. da; SANTOS, P. de S.; AZEVEDO, S.S.N. Época de aplicação pós-colheita de 1-metilciclopropeno e frigoarmazenamento na vida útil de manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, p.445-450, 2007. DOI: 10.1590/S0100-29452007000300008.
- MCREADY, P.M.; MCCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectin materials in fruits. **Analytical Chemistry**, v.24, p.1986-1988, 1952. DOI: 10.1021/ac60072a033.
- NGAMCHUACHIT, P.; BARRETT, D.M.; MITCHAM, E.J. Effects of 1-Methylcyclopropene and hot water quarantine treatment on quality of "Keitt" mangos. **Journal of Food Science**, v.79, p.C505-C509, 2014. DOI: 10.1111/1750-3841.12380.
- OLIVEIRA JÚNIOR, E.N. de; SANTOS, C.D. dos; ABREU, C.M.P. de; CORRÊA, A.D.; SANTOS, J.Z.L. Alterações pós-colheita da "fruta-de-lobo" (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) durante o amadurecimento: análises físico-químicas, químicas e enzimáticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.410-413, 2004. DOI: 10.1590/S0100-29452004000300010.
- PEREIRA, W.S.P.; BELTRAN, A. Mecanismo de ação e uso do 1-MCP – bloqueador de etileno, visando prolongar a vida útil das frutas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais: doenças e pragas**. Viçosa: Ed. da UFV, 2002. p.31-44.
- RANGEL, D.M.; VALENZUELA, B.E.; CEPEDA, J.S.; BARAJAS, J.A.S.; TORRES, B.V.; ENCISO, T.O. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) y de una película comestible sobre la actividad enzimática y calidad poscosecha del mango 'Ataulfo'. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.32, p.53-60, 2009.
- RIBEIRO, T.P.; LIMA, M.A.C. de; TRINDADE, D.C.G. da; LIMA NETO, F.P.; RISTOW, N.C. Quality and bioactive compounds in fruit of foreign accessions of mango conserved in an Active Germplasm Bank. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, p.117-125, 2015. DOI: 10.1590/S1806-66902015000100014.
- RIBEIRO, T.P.; LIMA, M.A.C. de; TRINDADE, D.C.G. da; SANTOS, A.C.N. dos; AMARIZ, A. Uso de revestimentos à base de dextrina na conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, p.343-351, 2009. DOI: 10.1590/S0100-29452009000200008.
- SIVAKUMAR, D.; DEVENTER, F.V.; TERRY, L.A.; POLANTA, G.A.; KORSTEN, L. Combination of 1-methylcyclopropene treatment and controlled atmosphere storage retains overall fruit quality and bioactive compounds in mango. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92, p.821-830, 2012. DOI: 10.1002/jsfa.4653.
- TUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p.2-51. DOI: 10.1007/978-94-011-1584-1_1.
- VALERO, D.; GUILLÉN, F.; VALVERDE, J.M.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; CASTILLO, S.; SERRANO, M. 1-MCP use on *Prunus* spp. to maintain fruit quality and to extend shelf life during storage: a comparative study. **Acta Horticulturae**, v.682, p.933-940, 2005.
- WANG, B.G.; WANG, J.H.; FENG, X.Y.; LIN, L.; ZHAO, Y.M.; JIANG, W.B. Effects of 1-MCP and exogenous ethylene on fruit ripening and antioxidants in stored mango. **Plant Growth Regulation**, v.57, p.185-192, 2009. DOI: 10.1007/s10725-008-9335-y.
- WATKINS, C.B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, v.24, p.389-409, 2006. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2006.01.005.

Recebido em 23 de maio de 2014 e aprovado em 14 de julho de 2015