



Efeito da modificação atmosférica em goiabas var. Paluma na redução de danos mecânicos em pós-colheita¹

The change in atmospheric guavas var. Paluma to reduce the effect of mechanical damage in postharvest

Maria Luiza Grigio², Leandro Camargo Neves³, Jéssica Milanez Tosin⁴, Cássia Rejane Nascimento⁵, Edvan Alves Chagas⁶, Rogério Lopes Vieites⁷

Resumo - No manejo pós-colheita, os frutos podem estar expostos a injúrias que depreciam sua qualidade e vida útil. Assim, avaliou-se o efeito da atmosfera modificada em goiabas var. Paluma submetidas a diferentes tipos de danos mecânicos. Depois de colhidos, os frutos foram selecionados, sanitizados e submetidos aos tratamentos: T1 (testemunha) - sem injúrias nem acondicionamento em sacolas de polietileno de baixa densidade (PEBD); T2 - sem injúrias + PEBD; T3 - queda de 1 m + PEBD; T4 - compressão de 9 N + PEBD; T5 - queda de 1 m + compressão de 9 N + PEBD e T6 - queda de 1 m + compressão de 9 N + sem PEBD. Os tratamentos foram frigoarmazenados a 10 ± 1 °C e $94 \pm 2\%$ de U.R. As análises da produção de CO₂/etileno, atividade enzimática, pectina total/solúvel, firmeza de polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), açúcares redutores e ácido ascórbico foram realizadas a cada 10 dias de refrigeração mais um dia fora da câmara frigorífica (22 ± 1 °C e $75 \pm 3\%$ de U.R.), durante 30 dias. As goiabas acondicionadas em sacolas de PEBD, não submetidas às injúrias mecânicas, apresentaram os melhores padrões de qualidade. Os frutos submetidos apenas a um tipo de injúria, quando embalados, apresentavam qualidade satisfatória em comparação aos frutos sem embalagem e não submetidos às injúrias. Na aplicação dos dois tipos de injúria, simultaneamente, o uso da embalagem não foi suficiente para reduzir a velocidade metabólica desses frutos, tornando-os inaptos à comercialização.

Palavras-chaves - Amazônia. Metabolismo respiratório. *Psidium guajava* L. Qualidade.

Abstract - In the postharvest management, the fruits can be exposed to injuries that depreciated the quality and the shelf life. Thus, it was evaluated the modified atmosphere effects on guavas var. Paluma subjected to different mechanical damages. Once harvested, the fruits were selected, sanitized and submitted to the treatments T1 (control) - without injuries or packaging in bags of low density polyethylene (LDPE); T2 - without injuries + LDPE bags; T3 - damage by fall of 1 m + LDPE bags; T4 - damage by compression of 9 N + LDPE bags; T5 - damage by fall of 1 m + damage by compression of 9 N + LDPE bags and T6 - damage by fall of 1 m + damage by compression of 9 N without LDPE bags. The treatments were kept in cold storage at 10 ± 1 °C and $94 \pm 2\%$ de R.H. The analysis of CO₂ ethylene production, enzymatic activity, total and soluble pectins, pulp firmness, titratable acidity (TA), soluble solids (SS), reducing sugars and ascorbic acid were performed every 10 days of refrigeration, and an additional day outside cold storage (22 ± 1 °C and $75 \pm 3\%$ R.H.) for 30 days. Guavas packed in LDPE bags, not subject to mechanical damage, presented the best quality standards. The fruits suffered only one kind of damage, when packaged, presented satisfactory pattern compared to the fruits without package and not exposed to any mechanical damages. Applying the two kinds of damages, the LDPE packaging was not adequate to decrease the metabolic rate of these fruits, making them unfit for marketing.

Key words - Amazônia. Respiratory metabolism. *Psidium guajava* L. Quality.

¹Recebido para publicação em 14/12/2010 e aprovado em 30/03/2011.....

²Mestranda POSAGRO/UFRR, Boa Vista-RR, Brasil, luizagrigio@hotmail.com,

³Departamento de Fitotecnia CCA/UFRR, Boa Vista-RR, Brasil, rapelbtu@hotmail.com

⁴Acadêmica de agronomia CCA/UFRR, Boa Vista-RR, Brasil, jessica.mtosin@hotmail.com

⁵Acadêmica de agronomia CCA/UFRR, Boa Vista-RR, Brasil, cassianascimento01@yahoo.com.br

⁶Pesquisador Embrapa Roraima, Boa Vista-RR, Brasil, echagas@cpafrr.embrapa.br

⁷Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial FCA/UNESP, Botucatu-SP, Brasil, vietes@fca.unesp.br

Introdução

O Brasil é considerado o segundo maior produtor mundial de goiabas (*Psidium guajava* L.), com produção estimada em 316 mil toneladas (IBGE, 2007). Contudo, o País exporta menos que 1% do que é produzido. A alta perecibilidade e sensibilidade desse fruto às condições de manejo durante a colheita, transporte e comercialização têm se tornado problemas constantes frente à qualidade *in natura*, tanto para a exportação como para o mercado interno e regional na América do Sul (NEVES *et al.*, 2009).

Os danos mecânicos podem ser definidos como deformações plásticas, rupturas superficiais e/ou destruição dos tecidos vegetais provocados por forças externas. Posteriormente, como ação subsequente a essas injúrias, pode-se visualizar modificações físicas e/ou alterações fisiológicas, químicas e bioquímicas que descaracterizam a coloração, o aroma, o sabor e a textura normal dos vegetais (SANCHES *et al.*, 2008).

Mattiuz *et al.* (2002) constataram que a injúria por impacto não apresenta sintomas externos prontamente visíveis, ou seja, o pericarpo externo do fruto permanece intacto no momento da injúria e evolui para regiões lesionadas com o passar do tempo. Já o dano mecânico por compressão pode ser causado pela aplicação de pressão variável contra a superfície externa do fruto durante o transporte e/ou comercialização inadequada dos mesmos (SANCHES *et al.*, 2008). Após a compressão indevida dos frutos, observa-se o desencadear de respostas fisiológicas que podem promover a ruptura das células da epiderme, causando o desenvolvimento de reações enzimáticas e, com isso, o surgimento de composto de coloração marrom, responsáveis pela depreciação do produto (RADI *et al.*, 1997).

Os danos ocasionados pelas injúrias mecânicas quase sempre são irreparáveis, como observado em goiabas var. Paluma e Pedro Sato (MATTIUZ; DURIGAN, 2001). Esses tipos de danos estimulam a produção de etileno, acelerando a maturação e, conseqüentemente, reduzindo a vida útil dos frutos (NEVES, 2009).

Nesse sentido, o correto emprego da atmosfera modificada (AM), pode contribuir minimizando as perdas induzidas pelas injúrias mecânicas, pois reduz a atividade metabólica e a perda de umidade, melhorando o aspecto comercial dos frutos (VILA *et al.*, 2007). Segundo Neves *et al.* (2006), o uso de embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD), associada ao armazenamento refrigerado (AR), contribui para a preservação da integridade dos tecidos dos frutos, possibilitando melhor manutenção da qualidade em pós-colheita.

Devido ao escasso desenvolvimento de estudos relativos à adaptação de frutos tropicais às condições amazônicas, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o

efeito da AM com o uso de sacolas plásticas de PEBD, em goiabas var. Paluma, submetidas a injúrias mecânicas de compressão e de impacto.

Material e métodos

As goiabas var. Paluma foram colhidas em pomar comercial na região metropolitana de Boa Vista/RR (latitude 2° 50' 06" N e longitude 60° 40' 28" W), de forma casualizada e os frutos transportados cuidadosamente, em caixas de 20 kg. Os frutos foram selecionados pelo tamanho e pela ausência de danos ou defeitos visuais, tanto mecânicos quanto fitopatológicos, visando a padronização das amostras e higienizados em solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a 0,02%, por 30 minutos, segundo as recomendações da ANVISA. O enxágue e a secagem dos frutos foram realizados em bandejas perfuradas expostas ao ar atmosférico do laboratório (22,0 ± 1,0 °C e 75 ± 3% de U.R.).

Para composição dos tratamentos foram selecionados dois tipos de injúrias predominantes na pós-colheita dos frutos: impacto e compressão. A injúria por impacto foi simulada com a queda livre dos frutos da altura de 1 m, em superfície plana e rígida. A injúria por compressão foi simulada colocando os frutos em um aparelho onde um bloco exercendo massa de 9 N era apoiado, por 5 minutos, provocando duas lesões em lados opostos e no sentido longitudinal dos frutos.

Para os tratamentos com uso de embalagem, os frutos foram acondicionados em sacolas plásticas de PEBD com subsequente selagem a vácuo (parcial). As embalagens utilizadas nos tratamentos apresentavam espessura de 0,008 mm (único lado). Assim obtiveram-se os seguintes tratamentos: T1 (testemunha) - sem injúrias e sem PEBD; T2 - sem injúrias + PEBD; T3 - queda de 1 m + PEBD; T4 - compressão de 9 N + PEBD; T5 - queda de 1 m + compressão de 9 N + PEBD e T6 - queda de 1 m + compressão de 9 N + sem PEBD. Os frutos foram então armazenados em câmara frigorífica a 10 ± 1 °C e 94 ± 2% de U.R por 30 dias, e a cada 10 dias (24 h após a retirada da câmara - 22 ± 1 °C e 75 ± 3% de U.R.) os frutos eram analisados segundo:

1 - Produção de CO₂ e etileno: foram acondicionados 6 frutos (aproximadamente 1 kg por repetição) em recipientes herméticos com capacidade unitária de 5 L, durante 1 hora, a 22 ± 1 °C. Passado esse período, foram coletados, com auxílio de uma seringa hipodérmica, 5 mL da atmosfera gasosa de cada recipiente (tratamentos) para dosagem de etileno e CO₂. As concentrações de etileno foram quantificadas por cromatografia gasosa, utilizando cromatógrafo a gás marca Varian®, modelo 3300,

equipado com uma coluna de aço inox 1/8", preparado com Porapak® N e detector de ionização de chama. Já a concentração de CO₂ foi quantificada em cromatógrafo Shimadzu® CR 950, equipado com sistema de detecção por condutividade térmica. Utilizaram-se como padrões soluções de etileno e CO₂ a 100ppm e 5%, respectivamente, para cada um dos gases. Os resultados foram expressos em mL de CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ e µL de etileno.kg⁻¹.h⁻¹;

2- Enzimas: a pectinametilesterase (PME) foi determinada segundo Jen e Robinson (1984) onde, analisou-se a capacidade da enzima em catalisar a desmetilação de pectina correspondente a 1µmol de NaOH por minuto nas condições de ensaio. Os resultados foram expressos em µmol de NaOH.g⁻¹.min⁻¹; a enzima poligalacturonase (PG), foi determinada segundo Pressey e Avants (1973) onde, analisou-se a capacidade da enzima em catalisar a formação de 1µmol de açúcar redutor por minuto por grama. Os resultados foram expressos em µmol de açúcar redutor. g⁻¹.min⁻¹;

3- Pectina total e solúvel: extraídas seguindo a técnica adaptada por McCready e McCoomb (1952) e determinadas colorimetricamente pela reação com carbazol, segundo Bitter e Muir (1962). Os conteúdos foram expressos em % de ácido galacturônico. 100 g⁻¹ de polpa;

4- Firmeza de polpa: detectada com penetrômetro manual Fruit Pressure Tester FT 327 e mensurada na região equatorial do fruto (dois lados), depois de retirada a casca, sendo expresso em N (Newtons). Para efeito da qualidade final dos frutos, estipulou-se a firmeza de polpa em no mínimo 20 N;

5- Açúcares redutores: foram determinados segundo a metodologia de Nelson (1944) e expressos em porcentagem (%) de açúcares;

6- Teor de sólidos solúveis (SS): foi determinado pela leitura refratométrica direta, com o refratômetro portátil RT-30ATC e os resultados expressos em °Brix;

7- Teor de acidez titulável (AT): foi determinado por titulometria de neutralização, pela titulação de 10 g de polpa, homogeneizada e diluída para 100 mL em água destilada, com solução padronizada de NaOH a 1 N, com ponto de viragem no pH 8,2 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). Os resultados foram expressos em mL de ácido cítrico. 100 g⁻¹ de polpa; e,

8- Teor de ácido ascórbico: foi determinado segundo método de Carvalho *et al.* (1990), que se baseia na redução do indicador 2,6 – diclorobenzenoindolfenol (DCF) pelo ácido ascórbico. Os resultados foram expressos em mg. 100 mL⁻¹ de polpa.

Assim, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e a comparação de médias foi efetuada

pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3x2x3), sendo: tipo de injúria (testemunha, queda e compressão), acondicionamento em PEBD (presença ou ausência) e dias de avaliação (10 + 1, 20 + 1 e 30 + 1), com três repetições, cada repetição contendo duas unidades amostrais, que por sua vez eram compostas por três frutos cada.

Resultados e discussão

Conforme análises realizadas, com exceção da variável pectina total, as demais variáveis estudadas apresentaram efeitos significativos, sendo o tratamento sem injúria e com embalagem o que apresentou resultados mais satisfatórios ao contrário dos tratamentos com dois tipos de injúrias, com ou sem embalagem, que apresentaram os piores resultados em todas as variáveis estudadas.

Comportamento respiratório

Foram detectados, durante o período experimental, os picos climatéricos nos frutos analisados, a exceção daqueles submetidos às duas injúrias mecânicas simultaneamente, independente do uso ou não das embalagens plásticas de PEBD (Figura 1).

Nesses frutos, a produção de CO₂ foi baixa e decrescente, o que afetou, significativamente, a perda de qualidade dos mesmos no decorrer dos 30 dias de AR. Nesse sentido, pode-se observar que a máxima descarboxilação e/ou pico climatérico desses frutos tenha ocorrido antes do primeiro período de análise, ou seja, antes dos 5 dias de AR, face ao acelerado metabolismo decorrente de injúrias mecânicas as quais os frutos foram submetidos. Dados esses concordantes com Chitarra e Chitarra (2005),

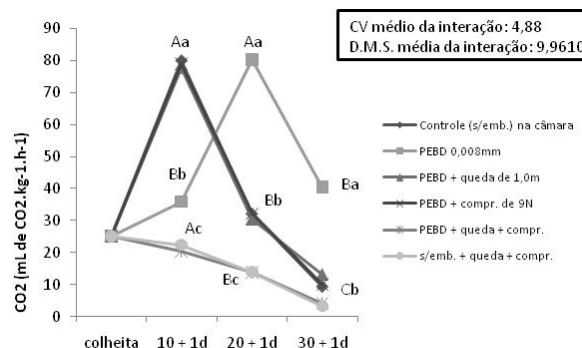


Figura 1 - Produção de CO₂ em goiabas var. Paluma frigoarmazenadas a 10 ± 1°C e 94 ± 2% de U.R por 30 dias. Boa Vista/RR/Brasil. Médias seguidas da mesma letra maiúscula (tempo) e minúscula (tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

que detectaram o aumento da respiração e da produção de etileno pelos tecidos vegetais minutos após a ocorrência de injúrias, promovendo reações bioquímicas e fisiológicas responsáveis pelas modificações da qualidade sensorial dos frutos. Segundo Cavalini (2004), as goiabas var. Paluma e Kumagai possuem comportamento climatérico, no entanto, apresentam o pico de produção de CO₂ e de etileno após a completa maturação dos frutos. Assim, presume-se que os frutos submetidos às duas injúrias encontravam-se no pós-climatérico, evidenciado pela senescência antecipada dos frutos já aos 10 dias de AR.

Os frutos do tratamento sem injúrias e acondicionados nas sacolas de PEBD apresentaram os picos climatéricos no vigésimo dia de AR. Isso demonstrou o metabolismo desacelerado e maior potencial de vida útil desses frutos quando comparado aos demais. Contudo, a resposta da embalagem de PEBD frente aos resultados da produção de CO₂ nos frutos submetidos à queda ou a compressão também foi satisfatória, principalmente, quando comparado aos frutos expostos, simultaneamente, aos dois tipos de injúrias. Dessa maneira, é possível afirmar que a modificação da atmosfera pôde retardar a maturação dos frutos.

Outro fator que contribuiu para a aceleração do amadurecimento e a antecipação da senescência nos frutos mais injuriados, independente do acondicionamento nas embalagens de PEBD, foi a produção de etileno (Figura 2). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), em geral, os tecidos vegetais climatéricos apresentam elevada atividade respiratória em resposta ao etileno. Desse modo, os elevados teores de etileno proporcionaram também a aceleração do metabolismo celular, em referência a produção de CO₂, reduzindo por sua vez a vida útil dos frutos. O mesmo sugerido por Winkler *et al.* (2002), onde afirmam que aumentos significativos na taxa respiratória são consequência da elevada produção de etileno.

Nos frutos não injuriados, com ou sem embalagem, e nos frutos embalados submetidos às injúrias individuais (de compressão ou de impacto), o pico de produção de etileno foi detectado no mesmo período de máxima descarboxilação, o que evidenciou a ocorrência normal do metabolismo climatérico nesses tratamentos. Porém, observou-se novamente a diferença temporal no pico de produção de etileno.

A partir dos estudos de Cavalini (2004), pressupõe-se que a menor sensibilidade à ação do etileno nos frutos não submetidos aos danos e acondicionados em embalagens de PEBD esteja relacionada ao menor número de sítios receptores presentes nos tecidos vegetais. Entretanto, com o avanço da maturação, aumentou-se o número desses sítios, permitindo assim maior ação desse fitoregulador e, consequentemente, diminuição da vida útil dos frutos.

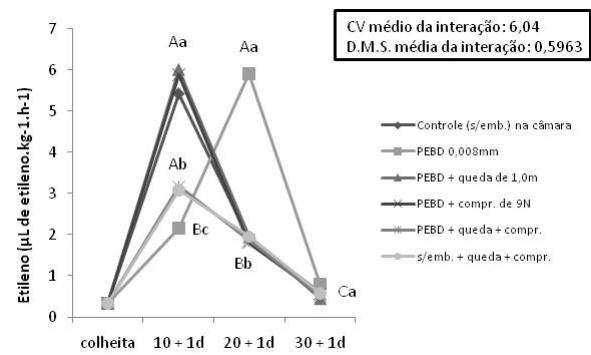


Figura 2 - Produção de etileno em goiabas var. Paluma frigoarmazenadas a 10 ± 1 °C e $94 \pm 2\%$ de U.R por 30 dias. Boa Vista/RR/Brasil. Médias seguidas da mesma letra maiúscula (tempo) e minúscula (tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Assim, a aceleração do metabolismo nos frutos injuriados permitiu a rápida produção e a ação do etileno e, mesmo que a AM tenha capacidade de favorecer o aumento nos teores de CO₂, concorrente pelo mesmo sítio ativo do etileno (NEVES *et al.*, 2009), sua ação foi prejudicada. Entretanto, esse comportamento ainda foi considerado satisfatório para os frutos que sofreram somente um tipo de dano mecânico, visto que, ainda apresentavam condições de consumo ao final dos 30 dias de AR. Ao contrário dos frutos submetidos às duas injúrias simultaneamente, que ao final do experimento não possuíam qualquer qualidade mercadológica. O incremento na produção de etileno também foi detectado em outros frutos climatéricos submetidos a danos mecânicos, como em maçãs 'Gala' (STEFFENS *et al.*, 2008) e mamões 'Golden' (GODOY, 2008), comprometendo da mesma maneira a qualidade final e reduzindo a vida útil dos mesmos.

Comportamento enzimático

Os mesmos períodos em que foram detectados os picos de CO₂ e de etileno nas goiabas, em cada tratamento, corresponderam aos períodos em que foram observadas as maiores atividades da enzima PME nos frutos (Figura 3). Nesse sentido, assim como a enzima PG, a PME foi dependente do metabolismo dos frutos e, por conseguinte, da produção e da ação do etileno nos mesmos. Segundo Manrique e Lajolo (2004), a PME aumenta a suscetibilidade das pectinas da parede celular à PG durante a maturação, pois ela desesterifica o polímero de ácido galacturônico, enquanto que a PG catalisa as ligações entre os resíduos desse ácido no interior das cadeias pécicas, assim como observado neste trabalho, esses autores revelam que a PG depende da atividade da PME para despolimerização dos componentes pécicos da parede celular, tornando os frutos menos duros e mais suculentos.

Observou-se então a diferença temporal nos picos de máxima atividade da PME, que na maioria dos tratamentos ocorreu aos 10 dias, excetuando-se nos frutos acondicionados em embalagens de PEBD sem injúrias. Nesses frutos, a maior atividade da PME aconteceu aos 20 dias de AR. Dessa forma, a precocidade do pico da atividade da PME nos frutos já aos 10 dias de AR, segundo Werner *et al.* (2009), pode ser explicado pela saturação

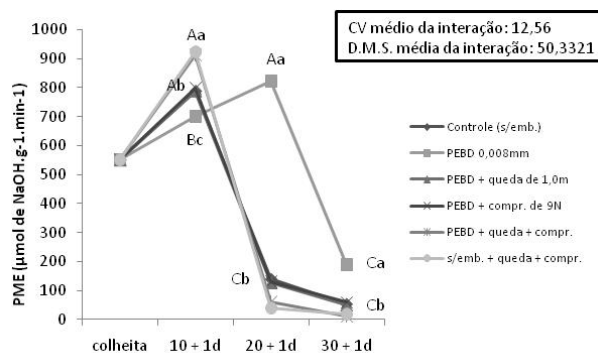


Figura 3 - Atividade da PME em goiabas var. Paluma frigoarmazenadas a 10 ± 1 °C e $94 \pm 2\%$ de U.R por 30 dias. Boa Vista/RR/Brasil. Médias seguidas da mesma letra maiúscula (tempo) e minúscula (tratamento) não diferem entre si a de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

antecipada da parede celular e a decorrente aceleração dos processos metabólicos ao que diz respeito a maturação e a senescência desses frutos. Subsequente ao decréscimo da PME, ocorrido aos 20 dias para os frutos não submetidos aos danos mecânicos e aos 10 dias para os demais, a atividade da PG manteve incrementos progressivos durante a maturação (Figura 4).

Desta maneira, constatou-se que a elevada atividade inicial da PME pode ser considerada como fase preparatória à ação da PG, seguido do declínio da mesma e o gradativo aumento da atividade da PG, que resultou no amolecimento dos frutos de todos os tratamentos. Contudo, a velocidade dessas transformações e as variações observadas durante os 30 dias de AR podem definir, a comparação entre os tratamentos a respeito dos diferentes estádios de maturação que os frutos se encontravam. A redução da atividade enzimática da PME, em decorrência, supostamente, do aumento progressivo da atividade da PG, é relatada em estudos que avaliaram maturação de goiabas (WERNER *et al.*, 2009).

Neste sentido, observou-se que os frutos apresentaram três padrões distintos em relação à atividade enzimática e a maturação. Primeiramente, nos frutos onde foram realizados os dois tipos de injúrias, contatou-

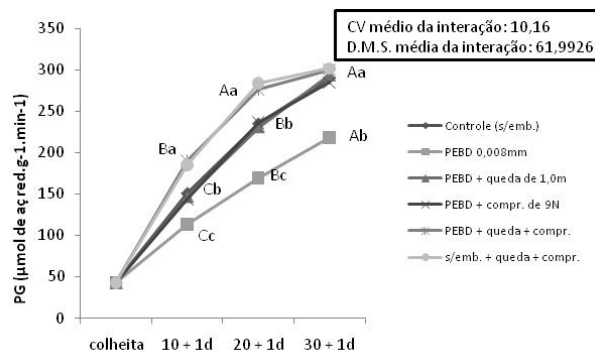


Figura 4 - Atividade da PG em goiabas var. Paluma frigoarmazenadas a 10 ± 1 °C e $94 \pm 2\%$ de U.R por 30 dias. Boa Vista/RR/Brasil. Médias seguidas da mesma letra maiúscula (tempo) e minúscula (tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

se intensa atividade da PME e da PG logo no início do AR, resultando na acelerada degradação da parede celular e no avanço da maturação. O segundo padrão refere-se aos frutos testemunha e aqueles submetidos a somente um tipo de dano mecânico, nos quais a atividade enzimática aparentou certa semelhança com os frutos anteriormente citados, verifica-se a redução da intensidade na atividade da PME e da PG quando comparados no mesmo período, supondo um estágio menos avançado de maturação em relação aos frutos submetidos às duas injúrias. Por outro lado, ficou claro que as goiabas que não sofreram qualquer tipo de dano apresentavam-se em estágio menos avançado de maturação que todos os demais frutos.

Comportamento físico, químico e físico-químico

A aceleração do metabolismo respiratório, bem como, a atividade das enzimas PME e PG, corroboraram para a solubilização da pectina presente na parede celular de todas as goiabas durante os 30 dias AR (Figura 5). Essa transformação, ao final do experimento, foi mais preponderante nos frutos submetidos aos dois tipos de injúrias, independente do uso da embalagem, seguido pelos frutos testemunha, os embalados após compressão ou queda e em menor intensidade para os frutos embalados sem danos. Nesse tratamento, as goiabas apresentaram os menores conteúdos médios de pectinas solúveis, o que supostamente denota maior estabilidade e resistência dos tecidos e, portanto, maior potencial de durabilidade. Comportamento semelhante foi constatado por Carvalho *et al.* (2001), no qual goiabas da var. Kumagai, quando embaladas, apresentaram menor intensidade da atividade da PME, coerente com a firmeza de polpa mais consistente e o menor percentual de solubilização da pectina. Já os conteúdos de pectina total se mantiveram estáveis durante todo período de análise.

Sendo assim, a redução da firmeza de polpa (Figura 6), observada em todos os frutos, foi proporcional ao incremento do conteúdo de pectinas solúveis e resultantes da ação das enzimas pectinolíticas nas goiabas. Contudo, a velocidade dessas transformações determinou a diferença de qualidade entre os tratamentos testados ao final do experimento. Nesse sentido, os frutos submetidos às duas injúrias mecânicas, já aos 10 dias de AR, não possuíam firmeza de polpa suficiente para o transporte e a comercialização dos frutos segundo as condições mínimas de firmeza de polpa (20 N) inicialmente estabelecidas. Godoy (2008) também relatou quedas consideráveis da firmeza de polpa em mamões ‘Golden’, independente do tipo da injúria praticada. A mesma consideração quanto aos frutos duplamente injuriados pode ser aplicada aos frutos testemunha, que apresentaram, ao final dos 30 dias de AR, valores médios de firmeza de polpa na ordem de 17,74 N.

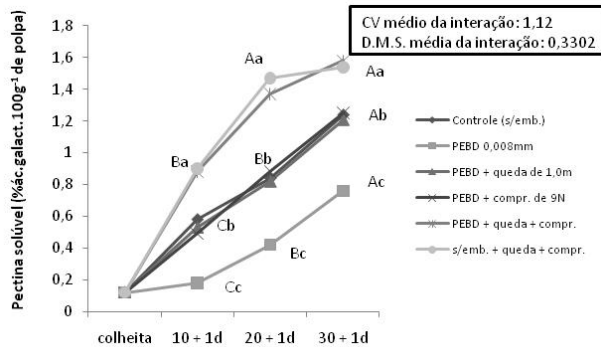


Figura 5 - Teor de pectina solúvel em goiabas var. Paluma frigoarmazenadas a 10 ± 1 °C e $94 \pm 2\%$ de U.R por 30 dias. Boa Vista/RR/Brasil. Médias seguidas da mesma letra maiúscula (tempo) e minúscula (tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Entretanto, tanto os frutos que sofreram apenas um tipo de dano mecânico quanto aqueles intactos, ambos acondicionados em sacolas de PEBD, apresentaram valores médios satisfatórios para a firmeza de polpa durante o período experimental. Quanto aos frutos injuriados, confirmando o relato de Vila *et al.* (2007), constatou-se que o uso da AM contribuiu para minimizar as perdas induzidas pelas injúrias mecânicas que ocorrerem na instalação do experimento, visto que, os frutos testemunha, mesmo não sofrendo qualquer dano mecânico, tampouco apresentavam condições aceitáveis de firmeza ao final dos 30 dias de AR. Esses mesmos resultados foram alcançados para goiabas var. Kumagai (CARVALHO *et al.*, 2001) e Pedro Sato (VILA *et al.*, 2007), em caquis ‘Fuyu’ (NEVES *et al.*, 2006) e em mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Haden’ (NEVES *et al.*, 2008).

Os teores de ácido ascórbico (Figura 7) e AT (Figura 8) decresceram continuamente, durante todo o período experimental. Sendo esses resultados considerados característicos para goiabas segundo Cavalini (2004). Pois, os ácidos orgânicos estariam servindo como fonte de energia para as transformações metabólicas ocorridas nos tecidos vegetais. Entretanto, observou diferenças significativas entre os tratamentos testados quanto à preservação dos teores de AT e da concentração final de ácido ascórbico. Os frutos submetidos às duas injúrias,

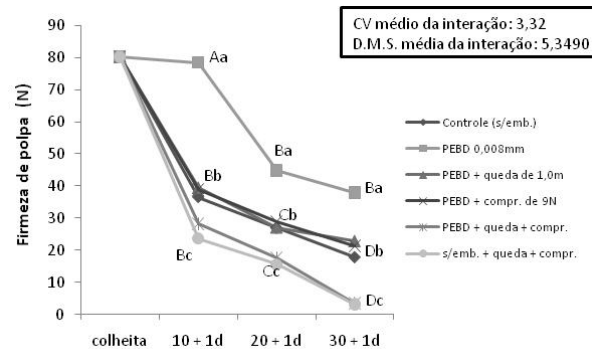


Figura 6 - Firmeza de polpa em goiabas var. Paluma frigoarmazenadas a 10 ± 1 °C e $94 \pm 2\%$ de U.R por 30 dias. Boa Vista/RR/Brasil. Médias seguidas da mesma letra maiúscula (tempo) e minúscula (tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

independente do uso ou não das embalagens, foram os que apresentaram as maiores perdas e aos 30 dias de AR sequer havia presença do ácido ascórbico.

Contudo, os frutos acondicionados nas embalagens de PEBD que sofreram apenas um tipo de dano mecânico, pela ação AM na diminuição das trocas gasosas entre o fruto e a atmosfera, apresentaram teores médios finais na ordem de 10,27 mg de ácido ascórbico.100 mL⁻¹. Esse resultado, apesar de representar apenas 15,1% do teor médio de ácido ascórbico encontrado ao final dos 30 dias de AR nos frutos que não sofreram qualquer tipo de injúria, ainda sim pode ser considerado relevante. Portanto, o diferencial apresentado não esteve somente relacionado a quantidade detectada, e sim, por quanto tempo cada fruto conseguiu manter estável a concentração de ácido ascórbico, mesmo após os tratamentos que aceleraram a maturação das goiabas.

Contrariamente ao comportamento dos ácidos orgânicos, os teores de açúcares redutores (Figura 9) e SS (Figura 10), a exceção dos frutos submetidos aos dois tipos de injúrias, apresentaram aumentos progressivos no decorrer da maturação das goiabas var. Paluma. Assim, esses frutos, a partir dos 10 dias de AR, já utilizaram essas macromoléculas como substrato para manutenção do metabolismo respiratório, que por sua vez, apresentavam

indícios da senescência nesse período. Nesses frutos, em comparação àqueles submetidos a somente um tipo de dano mecânico o teor máximo de SS possivelmente tenha ocorrido antes do primeiro dia de análise, visto os constantes decréscimos visualizados durante todo o experimento.

A utilização da embalagem de PEBD nos frutos injuriados por compressão ou por impacto proporcionou, estatisticamente, a mesma tendência metabólica quanto à evolução dos açúcares redutores e dos SS nos frutos testemunha. Se por um lado os danos mecânicos foram capazes de diferenciar esses tratamentos dos frutos sem injúria, que aparentavam estágio menos avançado de maturação aos 30 dias de AR, mesmo assim o uso da embalagem foi considerado imprescindível.

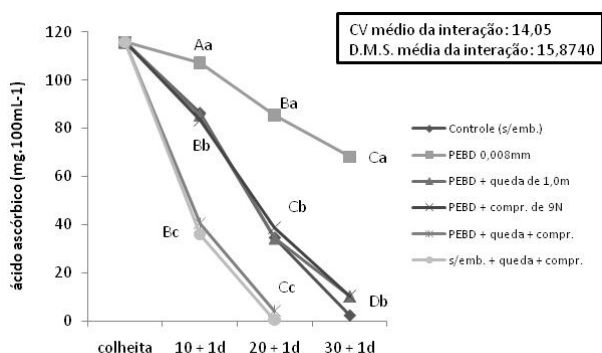


Figura 7 - Teor de ácido ascórbico em goiabas var. Paluma frigoarmazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e $94 \pm 2\%$ de U.R por 30 dias. Boa Vista/RR/Brasil. Médias seguidas da mesma letra maiúscula (tempo) e minúscula (tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

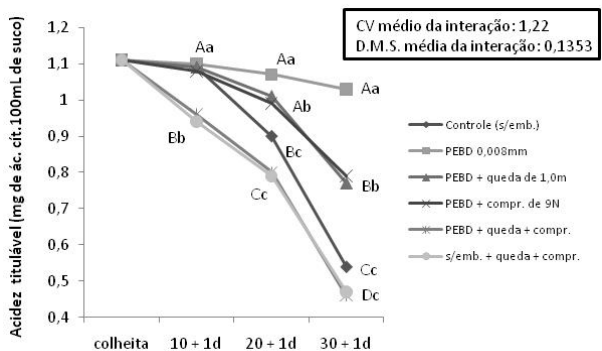


Figura 8 - Teor de acidez titulável em goiabas var. Paluma frigoarmazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e $94 \pm 2\%$ de U.R por 30 dias. Boa Vista/RR/Brasil. Médias seguidas da mesma letra maiúscula (tempo) e minúscula (tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A perda de massa fresca dos frutos (Figura 11) também foi influenciada pela incidência dos danos mecânicos e, devidamente controlada pelo uso da embalagem plástica de PEBD. Dados esses concordantes com Vila *et al.* (2007), no qual os autores relatam a redução da perda de umidade, pelo uso de embalagens plásticas na pós-colheita de goiabas, possibilitando a manutenção da qualidade comercial dos frutos. Nesse sentido, constatou-se o efeito positivo da AM nos frutos intactos, para os quais verificou-se, em média, perdas de 0,29% da massa inicial, e nos frutos submetidos a somente um tipo de injúria, as perdas médias ficaram em 3,90%. Entretanto, para os frutos duplamente injuriados pela queda e compressão, o diferencial da embalagem não foi suficiente para conter o metabolismo respiratório desses frutos. Nesses frutos, aos 10 dias de AR, as perdas médias de massa fresca estavam

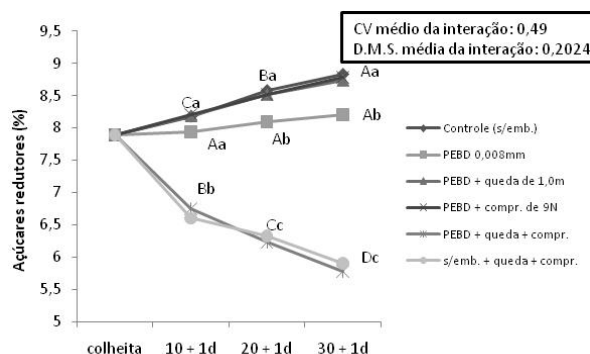


Figura 9 - Teor de açúcares redutores em goiabas var. Paluma frigoarmazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e $94 \pm 2\%$ de U.R por 30 dias. Boa Vista/RR/Brasil. Médias seguidas da mesma letra maiúscula (tempo) e minúscula (tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

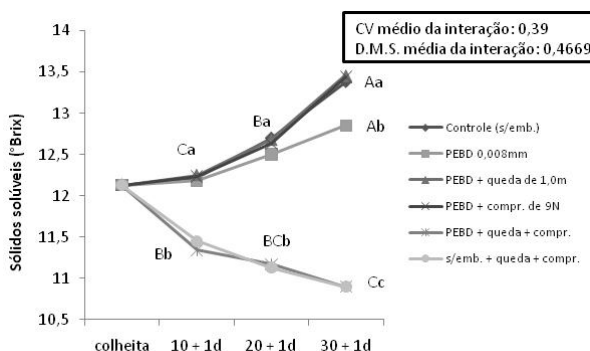


Figura 10 - Teor de sólidos totais em goiabas var. Paluma frigoarmazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e $94 \pm 2\%$ de U.R por 30 dias. Boa Vista/RR/Brasil. Médias seguidas da mesma letra maiúscula (tempo) e minúscula (tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

na ordem de 6,82%, chegando ao final dos 30 dias de AR com 11,55% a menos de massa em referência ao início dos trabalhos.

Com relação aos frutos não acondicionados nas sacolas de PEBD, independente da ocorrência ou não do dano mecânico, observou-se as maiores perdas de umidade. Nesse sentido, os frutos testemunha apresentaram, ao final dos 30 dias de AR, perdas médias de 15,23%, enquanto que os frutos expostos as duas injúrias simultaneamente, esse valores atingiram patamares mais elevados, chegando ao final do período experimental com perdas médias de massa fresca de 22,98%.

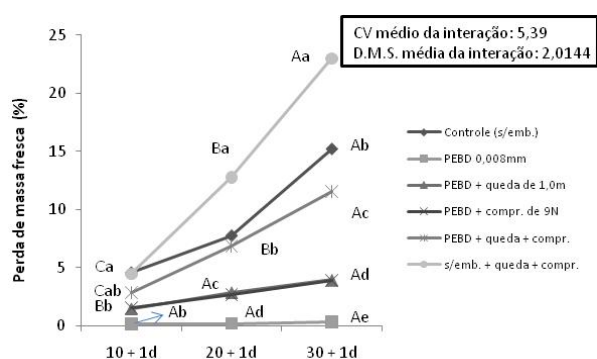


Figura 11 - Perda de massa fresca em goiabas var. Paluma frigoarmazenadas a 10 ± 1 °C e $94 \pm 2\%$ de U.R. por 30 dias. Boa Vista/RR/Brasil. Médias seguidas da mesma letra maiúscula (tempo) e minúscula (tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Conclusão

O uso da embalagem plástica de PEBD (0,008 mm de espessura), pode contribuir positivamente na manutenção da qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado (AR), atenuando os efeitos negativos quando submetidos a danos mecânicos ocasionais de compressão ou queda, porém quando os frutos são submetidos aos dois tipos de danos simultaneamente, as embalagem não tem essa mesma eficiência.

Literatura científica citada

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. *Analytical Chemistry*, v.34, 330-334, 1962.

CARVALHO, C. R. L. *et al.* **Análises químicas de alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1990. 121 p.

CARVALHO, H. A. *et al.* Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. *Ciência e Agrotecnologia*, v.25, n.3, 605-615, 2001.

CAVALINI, F. C. **Índices de maturação, ponto de colheita e padrão respiratório de goiabas 'Kumagai' e 'Paluma'**. 2004. **Dissertação mestrado**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo. 69 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-Colheita de Frutas e Hortalças: Fisiologia e manuseio. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 2005. 785 p.

GODOY, A. E. **Injúrias mecânicas e seus efeitos na fisiologia e na qualidade de mamões 'Golden'**. 2008. **Dissertação mestrado**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo. 70p.

IBGE, 2007. Produção Agrícola Municipal, (www.IBGE.com.br/home/estatística/indicadores/agropecuária/pam). Acesso:10/10/09

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo, SP). **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3. ed. São Paulo, 1985. 533 p.

JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. P. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annum* L.). *Journal of Food Science*, v.49, n.4, 1085-1087, 1984.

MANRIQUE, G. D.; LAJOLO, F. M. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). *Postharvest Biology and Technology*, v.33, 11-26, 2004.

MATTIUZ, B.; BISCEGLI, C. I.; DURIGAN, J. F. Aplicação da tomografia de ressonância magnética nuclear como método não-destrutivo para avaliar os efeitos de injurias mecânicas em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, n.3, 641-643, 2002.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas no processo respiratório e nos parâmetros químicos e goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, n.2, 282-287, 2001.

MCCREADY, R. M.; MCCOOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. *Analytical Chemistry*, v.42, n.12, 1586-1588, 1952.

NELSON, N. A. Photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry*, v.153, 375-380, 1944.

NEVES, L. C. *et al.* Comportamento pós - colheita de caquis cv. Fuyu, através da atmosfera modificada passiva e da adsorção de etileno armazenados sob refrigeração. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.28, n.3, 431-434, 2006.

NEVES, L. C. *et al.* Qualidade pós-colheita de mangas, não-refrigeradas, e submetidas ao controle da ação do etileno. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.30, n.1, 94-100, 2008.

PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Separation and characterization of exopolygalacturonase and endopolygalacturonase from peaches. **Plant Physiology**, v.52, n.3, 252-256, 1973.

RADI, M.; MAHROUZ, M.; JAQUAD, A. Phenolic composition, browning susceptibility, and carotenoid content of several apricot cultivars at maturity. **HortScience**, v.32, n.6, 1087-1091, 1997.

SANCHES, J.; DURIGAN, J. F.; DURIGAN, M. F. B. Aplicação de danos mecânicos em abacates e efeitos na qualidade dos frutos. **Eng. Agríc.**, v.28, n.1, 164-175, 2008.

STEFFENS, C.A. *et al.* Respiração, produção de etileno e qualidade de maçãs “Gala” em função do dano mecânico por impacto e da aplicação de 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, v.38, n.7, 1864-1870, 2008.

VILA, M. T. R. *et al.* Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.5, 1435-1442, 2007.

WERNER, E. L. *et al.* Efeito do cloreto de cálcio na pós-colheita de goiaba Cortibel. **Bragantia**, v.68, n.2, 511-518, 2009.

WINKLER, L. M. *et al.* Produção de etileno e atividade da enzima ACCoxidase em frutos de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.3, 634-636, 2002.