

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MARIA SILVANA NUNES

**INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO MANEJO PÓS-COLHEITA DA
ANTRACNOSE EM MANGA ‘TOMMY ATKINS’**

AREIA

2021

MARIA SILVANA NUNES

**INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO MANEJO PÓS-COLHEITA DA
ANTRACNOSE EM MANGA ‘TOMMY ATKINS’**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de **Mestre** em Agronomia, Área de concentração Agricultura Tropical.

Orientador(a): Luciana Cordeiro do Nascimento

AREIA

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

N972i Nunes, Maria Silvana.

Indutores de resistência no manejo pós-colheita da antracnose em manga 'Tommy Atkins' / Maria Silvana Nunes. - Areia:UFPB/CCA, 2021.

61 f.

Orientação: Luciana Cordeiro do Nascimento.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Colletotrichum sp. 3. Mangifera indica. 4. Controle alternativo. 5. Conversão para cultivo orgânico. I. Nascimento, Luciana Cordeiro do. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.3)

MARIA SILVANA NUNES

**INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO MANEJO PÓS-COLHEITA DA
ANTRACNOSE EM MANGA ‘TOMMY ATKINS’**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de **Mestre** em Agronomia, Área de concentração Agricultura Tropical.

Aprovado em 19 de Fevereiro de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dra. Luciana Cordeiro do Nascimento - UFPB
Orientadora



Prof.^a Dra. Neilza Reis Castro de Albuquerque - UFRPE
1º Examinador



Prof.^o Dr. Guilherme Silva de Podestá - UFPB
2º Examinador

AREIA

2021

AGRADECIMENTOS

À minha querida orientadora que me inspira todos os dias, Professora Dra. Luciana Cordeiro do Nascimento, que com toda a paciência e tranquilidade disponível me orientou, me guiou e compartilhou comigo esse desafio. Agradeço por cada ensinamento, cada conselho e pela minha evolução por tê-la como professora e orientadora.

À Universidade Federal da Paraíba, por meio do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, pela oportunidade de estágio no Laboratório de Fitopatologia, onde pude desenvolver conhecimentos do ensino, pesquisa e extensão.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (UFPB) pela oportunidade da realização do Curso de Mestrado.

À empresa FINOAGRO (Finobrasa Agroindustrial S.A) pela doação dos frutos utilizados neste estudo.

À minha família pelo exemplo passado a cada dia de minha vida, de honra, caráter, luta e dedicação, pela ajuda sempre que me foi necessária, sem medir esforços e pelo amor de cada dia, transmitido de todas as maneiras possíveis.

Aos companheiros de trabalho do Laboratório de Fitopatologia/CCA/UFPB (LAFIT), Hilderlande, Mirelly, Edcarlos, Jakeline, Hortência, Eloysa, José Manoel, Otília, Kátia e todos que passaram pela equipe Lafit.

À Dona Francisca Souto pelas colaborações, suporte técnico, conversas e amizade durante todo o período de convivência.

À Banca Examinadora por todo o empenho, dedicação, compreensão e competência na avaliação desse trabalho científico.

A todos que, com palavras de apoio, pensamentos positivos ou sorrisos, me impulsionaram cada vez mais alto, meus sinceros agradecimentos.

MUITO OBRIGADA!

NUNES, M. S. (Dissertação de Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Fevereiro de 2021. Indutores de resistência no manejo pós-colheita da antracnose em manga ‘Tommy Atkins’. Orientador (a): Luciana Cordeiro do Nascimento.

RESUMO GERAL

Um dos maiores problemas da fruticultura, na atualidade, é o resíduo deixado pela utilização de grandes quantidades de agrotóxicos, comprometendo a saúde humana, animal e do meio ambiente. Assim, o alimento orgânico vem ganhando cada vez mais valorização por parte dos consumidores, por ser produzido em um modelo de agricultura mais seguro e sustentável. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de indutores de resistência no manejo pós-colheita da antracnose e as alterações físico-químicas e enzimáticas provocadas em mangas ‘Tommy Atkins’ produzidas em sistema de cultivo convencional e em período de conversão para o sistema orgânico. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia, da Universidade Federal da Paraíba. Os tratamentos utilizados foram: T₁- Agro-Mos[®], T₂- Bion 500 WG[®], T₃- Caulim, T₄- Ecolife[®], T₅- Eco-Shot[®], T₆- Pró-Agrim[®], T₇- Rocksil[®], T₈- Controle e T₉- Fungicida Tiabendazol. Foi avaliada a severidade da antracnose, observando-se a infecção natural utilizando uma escala de notas. As análises de firmeza, pH, vitamina C, Sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT foram realizadas ao 3^o, 6^o, 9^o e 12^o dia de armazenamento e a avaliação da perda de massa fresca foi determinada diariamente. A atividade enzimática da Peroxidase, Polifenoloxidase e Fenilalanina amônia-liase foi determinada na casca dos frutos através de espectrofotometria. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida. Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) entre tratamentos e submetidas à análise de regressão entre os períodos de armazenamento. Os resultados da avaliação da severidade em mangas convencionais mostraram que a utilização de Caulim e Rocksil[®] proporcionaram, proporcionalmente, uma redução de 8,1% e 11,3% da severidade determinada em mangas do tratamento Controle. A aplicação de Caulim, Eco-shot[®] e Rocksil[®] foram os tratamentos com potencial elicitador na atividade enzimática dos frutos. Para mangas em período de conversão, todos os tratamentos foram eficientes na redução severidade de antracnose. Não foi identificada ação elicitora sob a enzima Polifenoloxidase e o tratamento com Rocksil[®] foi o mais eficiente no estímulo da atividade enzimática da Fenilalanina amônia-liase. As características físico-químicas não foram comprometidas com aplicação dos tratamentos elicitores testados neste estudo em mangas oriundas dos sistemas de cultivo convencional e em período de conversão para o sistema orgânico. Os elicitores Caulim, Ecolife[®] e Rocksil[®] apresentaram elevado potencial como alternativas mais sustentáveis no manejo da antracnose em mangas oriundas do sistema de cultivo convencional. Para mangas produzidas em período de conversão para o sistema orgânico, a utilização de Rocksil[®] é uma alternativa ao tratamento convencional com uso de fungicida químico.

PALAVRAS-CHAVE: *Colletotrichum* sp.. Controle alternativo. *Mangifera indica*. Conversão para o cultivo orgânico. Severidade.

NUNES, M. S. (Dissertação de Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Fevereiro de 2021. Indutores de resistência no manejo pós-colheita da antracnose em manga 'Tommy Atkins'. Orientador (a): Luciana Cordeiro do Nascimento.

GENERAL ABSTRACT

One of the biggest problems of fruit growing today is the residue left by the use of large amounts of pesticides, compromising human, animal and environmental health. Thus, organic food is gaining more and more appreciation from consumers, as it is produced in a safer and more sustainable model of agriculture. The objective of the work was to evaluate the influence of resistance inducers in the postharvest management of anthracnose and the physical-chemical and enzymatic changes caused in 'Tommy Atkins' mangoes produced in a conventional cultivation system and in a period of conversion to the organic system. The experiments were conducted at the Laboratory of Phytopathology, of Universidade Federal da Paraíba. The treatments used were: T1- Agro-Mos®, T2- Bion 500 WG®, T3- Kaolin, T4- Ecolife®, T5- Eco-Shot®, T6- Pro-Agrim®, T7- Rocksil®, T8- Control and T9- Tiabendazole fungicide. The severity of anthracnose was evaluated, observing the natural infection using a scale of grades. The analyzes of firmness, pH, vitamin C, soluble solids, titratable acidity and SS / AT ratio were performed on the 3rd, 6th, 9th and 12th day of storage and the assessment of fresh weight loss was determined daily. The enzymatic activity of Peroxidase, Polyphenoloxidase and Phenylalanine ammonia lyase was determined in the peel of the fruits through spectrophotometry. The experiment was conducted in a completely randomized design in a split plot scheme. The data were subjected to analysis of variance, the means were compared by the Scott-Knott test ($p \leq 0.05$) between treatments and subjected to regression analysis between the storage periods. The results of the evaluation of the severity in conventional mangoes showed that the use of Kaolin and Rocksil® provided, proportionally, a reduction of 8.1% and 11.3% of the severity determined in Control treatment mangoes. The application of Kaolin, Eco-shot® and Rocksil® were the treatments with potential elicitor in the enzymatic activity of the fruits. For mangoes in conversion period, all treatments were effective in reducing the severity of anthracnose. No eliciting action was identified under the enzyme Polyphenoloxidase and the treatment with Rocksil® was the most efficient in stimulating the enzymatic activity of Phenylalanine ammonia lyase. The physical-chemical characteristics were not compromised with the application of the elicitor treatments tested in this study on mangoes from conventional cultivation systems and in a period of conversion to the organic system. The elicitors Caulim, Ecolife® and Rocksil® showed high potential as more sustainable alternatives in the management of anthracnose in mangoes from the conventional cultivation system. For mangoes produced in a period of conversion to the organic system, the use of Rocksil® is an alternative to conventional treatment with the use of chemical fungicide.

KEYWORDS: Alternative control. *Colletotrichum* sp. *Mangifera indica*. Conversion to organic farming. Severity.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Severidade da antracnose em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ oriundos de cultivo convencional, tratados com elicitores de resistência.....pág. 32
- Figura 2.** Perda de massa fresca em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ oriundos de cultivo convencional, tratados com elicitores ao 12º dia de armazenamento.....pág. 33
- Figura 3.** Teor de sólidos solúveis (°Brix) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ tratados com elicitores e avaliados em quatro períodos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 dias).....pág. 35
- Figura 4.** Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ tratados com elicitores e avaliados em quatro períodos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 dias).....pág. 36
- Figura 5.** Atividade enzimática da Polifenoloxidase (PPO) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ oriundos de cultivo convencional tratados com elicitores em diferentes períodos de armazenamento (3 e 12 dias).....pág. 37
- Figura 6.** Atividade enzimática da fenilalanina amônia-liase (PAL) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ oriundos de cultivo convencional, tratados com elicitores em diferentes períodos de armazenamento (3 e 12 dias).....pág. 38

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO III

- Figura 1.** Severidade da antracnose em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ tratados com elicitores, ao 12º dia de armazenamento.....pág. 49
- Figura 2.** A- Teor de sólidos solúveis (°Brix) e B- Acidez titulável (g 100 g⁻¹) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ tratados com elicitores e avaliados em quatro períodos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 dias).....pág. 52
- Figura 3.** A- Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) e B- Potencial hidrogeniônico (pH) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ tratados com elicitores e avaliados em quatro períodos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 dias).....pág. 53
- Figura 4.** Atividade enzimática da fenilalanina amônia-liase (PAL) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ tratados com elicitores em diferentes períodos de armazenamento.....pág. 54

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Valores médios e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação para firmeza (N) e vitamina C (mg 100 g⁻¹) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ oriundos de cultivo convencional, tratados com elicitores de resistência e avaliados em quatro períodos de armazenamento.....pág. 34

CAPÍTULO III

Tabela 1. Valores médios e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação para firmeza (N) e vitamina C (mg 100 g⁻¹) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ tratados com elicitores e avaliados em quatro períodos de armazenamento.....pág. 51

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	10
INTRODUÇÃO GERAL	11
REFERENCIAL TEÓRICO	13
REFERÊNCIAS	20
CAPÍTULO II.....	25
INTRODUÇÃO	27
MATERIAL E MÉTODOS	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
CONCLUSÃO	39
AGRADECIMENTOS	39
REFERÊNCIAS	40
CAPÍTULO III.....	43
INTRODUÇÃO	44
MATERIAL E MÉTODOS	45
RESULTADOS	49
DISCUSSÃO.....	54
CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	58
CONCLUSÕES GERAIS	61

CAPÍTULO I

MANEJO PÓS-COLHEITA DA ANTRACNOSE EM MANGA ‘TOMMY ATKINS’

INTRODUÇÃO GERAL

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é considerada uma das frutíferas comerciais mais importantes em todo o mundo em termos de produção, comercialização e consumo (WETUNGU et al., 2018). No Brasil em 2019, as exportações dos frutos foram de 221.913 mil toneladas, o que significa uma receita de 227,573 milhões, tornando a manga à fruta com maior valor de exportação do país (SOUSA et al., 2020).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de manga, com uma produção de 1.319 milhões de toneladas em 2018. A produção na região nordeste representa 77,3% desta produção total, sendo os estados de Pernambuco e Bahia os estados mais participativos, com uma produção de 518 mil e 442 mil toneladas, respectivamente (IBGE, 2019).

Um dos fatores que comprometem a produção e comercialização da cultura são as doenças, principalmente a antracnose, causada por fungos do gênero *Colletotrichum* spp. que depreciam os frutos nas fases de pré e pós-colheita (ARDILA; RAMIREZ; ORTIZ, 2020). De acordo com relatórios recentes, existem 18 espécies de *Colletotrichum* causando antracnose em mangueira (BENATAR; WIBOWO; SURYANTI, 2021).

A aplicação de fungicidas sintéticos é a principal medida de controle de doenças em plantas, mas possuem efeitos deletérios sobre a saúde humana e ao meio ambiente. Além disso, o desenvolvimento de resistência em fungos patogênicos exigiu o uso de doses mais altas, aumentando os custos de produção e a presença de resíduos tóxicos nos alimentos (MARTINEZ et al., 2020). Fungicidas como mancozeb e procloraz são os mais utilizados no manejo da antracnose em mangueira (PHAN et al., 2019).

O uso de produtos alternativos como os elicitores de resistência de plantas a patógenos tem sido bastante promissor, pois apresenta alto potencial fungitóxico e induz a resistência vegetal. Este tipo de tratamento pode promover frutos de alta qualidade e prolongar a vida útil pós-colheita sem alterar as características agronômicas e comerciais desejáveis (DEMARTELAERE et al., 2017).

Os eliciadores sintéticos são pequenas moléculas que servem como ferramentas promissoras para proteger as culturas, e funcionam através da ativação do mecanismo de resistência sistêmica induzida (ZHOU et al., 2020). Vários produtos químicos podem atuar sobre as plantas auxiliando na defesa contra o ataque do patógeno, sendo esta uma técnica que

visa adquirir imunidade contra o invasor, tornando-se mais barata e menos perigosa que os métodos convencionais (DEVI et al., 2020).

Face o exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a aplicação de indutores de resistência no manejo pós-colheita da antracnose e as alterações físico-químicas e enzimáticas em mangas ‘Tommy Atkins’ produzidas em sistemas de cultivo convencional e orgânico.

REFERENCIAL TEÓRICO

A cultura da mangueira – Aspectos econômicos e nutricionais

A mangueira (*Mangifera indica* L.) pertence à família Anacardiaceae, ordem Sapindales e é uma espécie comum em várias partes do mundo (SOUSA et al., 2020). Cada parte da mangueira como as folhas, flores, caule e frutos, incluindo a polpa, caroço e casca contêm nutrientes essenciais e funcionais que são utilizados para processamento de vários produtos na agroindústria (SAUTHIER et al., 2019).

A manga é uma das frutas mais produzidas na Índia, China, Tailândia, Indonésia e Paquistão e consumida mundialmente, ficando atrás apenas do consumo da banana (*Musa* sp.) (BENATAR; WIBOWO; SURYANTI, 2021). Existe uma grande variedade de mangas que diferem em diversos aspectos como tamanho, cor, textura e propriedades nutricionais, sendo ‘Kent’, ‘Keitt’, ‘Haden’ e ‘Tommy Atkins’ as variedades mais consumidas (LABAKY et al., 2020).

Em condições naturais e sem práticas de manejo adequadas, a mangueira floresce apenas uma vez por ano, quando alguns fatores ambientais como temperatura, luz, fotoperíodo e estado nutricional são ideais (SILVA et al., 2021). Estes mesmos autores afirmam que pomares comerciais do semiárido brasileiro são controlados para interromper o crescimento vegetativo e induzir o desenvolvimento reprodutivo na época economicamente mais conveniente por meio de poda, irrigação, uso de bioestimulantes e reguladores de crescimento.

O período de amadurecimento dos frutos ocorre entre 4 e 9 dias após a colheita, dependendo da variedade, e é caracterizado pelo aumento do teor de açúcar e mudanças na coloração. A cor da casca da manga facilita a identificação do estágio de maturação adequado para a colheita e consumo, embora nem todas as variedades mudem de verde para amarelo/laranja no amadurecimento (LAWSON et al., 2019).

A cor atraente dos frutos deve-se principalmente à presença de β -caroteno abundante, sendo a polifenoloxidase (PPO) e a peroxidase (POD) as enzimas que provocam a degradação da cor devido ao escurecimento enzimático (LIU et al., 2013). Estes autores afirmam que a ingestão de seus abundantes compostos bioativos, incluindo carotenoides, compostos fenólicos e vitamina C tem sido relacionada à prevenção de processos degenerativos, como doenças cardiovasculares e câncer.

Os frutos de mangueira são altamente perecíveis e a perda da qualidade está relacionada às mudanças bioquímicas e fisiológicas durante o amadurecimento, pois desencadeia o aumento da taxa respiratória, produção de etileno e atividade enzimática. Estas alterações deterioram rapidamente a qualidade dos frutos, sendo a perda de peso, amolecimento dos tecidos, e elevação do teor de açúcares e pigmentos as principais características da perda de qualidade (SOUSA et al., 2020). Também devem ser consideradas como causas de perdas, as doenças pós-colheita (ESQUIVEL-CHÁVEZ et al., 2021).

As propriedades relacionadas à nutrição e terapia (antioxidantes, antitumorais, imunomoduladoras, antialérgicas, anti-inflamatórias, antidiabéticas, antiúlcera, antivirais, antifúngicas, antibacterianas e antiparasitárias) podem ter efeitos importantes na preferência do consumidor (MA et al., 2018). O maior teor de compostos fenólicos é encontrado na fração não comestível, como casca e caroço, que durante o processamento industrial representam 35 a 60% em forma de resíduos (ALANÓN et al. 2021), Estes resíduos não são destinados para fins comerciais, resultando em desperdício de uma fonte de compostos fenólicos de baixo custo.

Devido ao seu forte sabor ácido, a manga in natura é utilizada na preparação de chutneys, pickles e bebidas de manga verde. A manga amadurecida é consumida predominantemente fresca, com algumas partes sendo processadas em vários produtos enlatados, congelados, concentrados e desidratados de alto valor agregado como balas, compotas, geleias, sucos, néctares, polpas, sorvetes, doces e fatias em calda (RAMALINGAM et al., 2021).

Sistemas de produção orgânico e convencional

Como a origem dos alimentos às vezes é desconhecida dos consumidores surgiu uma demanda global por alimentos sustentáveis e que sejam seguros para a saúde humana, surgindo os alimentos orgânicos como uma alternativa para consumidores que desejam evitar riscos à saúde por contaminação química (KANTAMATURAPOJ; MARSHALL, 2020).

O termo “alimentos orgânicos” é atribuído às plantações que são cultivadas sem o uso de pesticidas prejudiciais, irradiação, fertilizantes e outros materiais sintéticos, que podem incluir cereais, produtos de origem animal, frutas e vegetais (ASHAOLU; ASHAOLU, 2020).

A sustentabilidade das práticas de proteção de culturas na agricultura orgânica e convencional tem sido frequentemente discutida na literatura e o uso de produtos de cobre é um dos principais motivos de preocupação. As barreiras ao consumo orgânico permanecem, principalmente atribuídas aos preços mais altos, falta de confiança do consumidor e marketing insuficiente (SUCIU; FERRARI; TREVISAN, 2019).

As vendas globais no varejo de alimentos orgânicos já atingiram US \$ 114,2 bilhões, em comparação com US \$ 17,9 bilhões comercializados no ano de 1999. Espera-se que as vendas cresçam ainda mais, cerca de 25%, com a maioria de seus consumidores sendo residentes de países desenvolvidos como Estados Unidos, Alemanha e França (SADIQ et al., 2020).

O cultivo convencional da manga no Brasil se divide em duas fases: a primeira é caracterizada por áreas esparsas e a segunda pelo uso intensivo de tecnologias. Devido às exigências por qualidade em frutos de manga, fez-se necessário o desenvolvimento de estratégias de expansão da cultura, como aplicação de reguladores de crescimento, stress hídrico e mudança de variedade, predominando-se atualmente a variedade ‘Tommy Atkins’ e ‘Palmer’ (ARAÚJO; MORAES; DE CARVALHO, 2017).

De acordo com (SENA et al., 2019), existem diversos fatores que influenciam na produtividade da mangueira oriunda da agricultura convencional. Estes autores relatam que estes fatores estão relacionados às práticas de manejo que são adotados para a cultura, como uso de adubação química, realização de podas, indução floral, uso de sistemas de irrigação, manejo fitossanitário de pragas, doenças e plantas daninhas.

Segundo (OLIVEIRA, 2020), O sucesso da mangicultura no Brasil, se da devido o escalonamento da produção do sistema de cultivo convencional, através da aplicação de estratégias como uso de reguladores de crescimento, que proporcionam a oferta durante o ano todo de frutos de boa qualidade e em boa quantidade que atendem a demanda interna e de exportação.

Antracnose da mangueira

A antracnose da mangueira (*Colletotrichum* sp.) nos frutos é caracterizada por manchas negras, irregulares, deprimidas e com pequenas rachaduras. As manchas coalescem e acabam envolvendo todo o fruto ao atingir a fase final de desenvolvimento e nas folhas novas a doença causa pequenas manchas salientes, arredondadas ou irregulares e coloração marrom, que evoluem rapidamente, coalescem, causando deformações da folha e tornando-as retorcidas, necrosadas e crestadas (KIMARI et al., 1997).

No passado, a ocorrência de antracnose na manga era atribuída exclusivamente a *C. gloeosporioides*, mas estudos moleculares recentes identificaram diferentes espécies de *Colletotrichum* como prevalentes em lesões (GÓMEZ-MALDONADO et al., 2020). De acordo com REYES-ESTEBANEZ et al. (2020), *Colletotrichum* é considerado um dos dez patógenos mais importantes do mundo, infectando mais de 1000 espécies vegetais.

O agente causal da antracnose foi originalmente declarado como *Gloeosporium mangiferae* Rac., que está associado a *C. gloeosporioides* Penz. No entanto, relatórios recentes demonstram que existem 18 espécies de *Colletotrichum* causando antracnose em mangueira (BENATAR; WIBOWO; SURYANTI, 2021). Um estudo filogenético recente identificou como agentes etiológicos da antracnose, em mangueiras cultivadas no Nordeste do Brasil, fungos das espécies *C. asianum*, *C. fructicola*, *C. tropicale*, *C. siamense* e *C. karstii* (LIMA OLIVEIRA et al., 2018).

Os conídios são a fonte de inóculo primária mais importante da doença. Com a presença de água livre, de no mínimo 12 horas na superfície do hospedeiro, os conídios germinam e agem sob temperaturas que variam de 2 °C até 32 °C e infectam o hospedeiro, sendo entre 24 a 26 °C a temperatura ótima para desenvolvimento do fungo (ASSUMPÇÃO; NUNES, 2020).

O fungo *Colletotrichum* sp. quando infecta os frutos da mangueira se encontra na fase assexuada, e a maioria das mangas imaturas infectadas parecem saudáveis, pois o fungo fica latente na superfície até o momento do armazenamento e amadurecimento, quando as lesões se desenvolvem rapidamente (PHAN et al., 2019).

Manejo da antracnose da mangueira

A aplicação de fungicidas sintéticos é o principal método de controle de doenças em frutas, mas seu uso por longos períodos pode levar ao surgimento de cepas resistentes a fungicidas e resíduos desses produtos químicos nas frutas que podem futuramente ser prejudiciais aos consumidores e ao meio ambiente (AGUIRRE-GÜITRÓN et al. 2019; GÓMEZ-MALDONADO et al., 2020).

Tradicionalmente, fungicidas sintéticos como mancozeb, carbendazim, prochloraz e Tecto 60 para o manejo da antracnose em frutos (SHI et al., 2021). Embora estes fungicidas sejam eficientes, sua toxicidade para a saúde humana estimulou o desenvolvimento de novas estratégias de biocontrole ecologicamente corretas (ASSUNÇÃO; AMARAL; LINS, 2018). Estas novas estratégias demonstraram não apresentar toxicidade e, em alguns casos, podem ter melhor eficácia do que fungicidas sintéticos.

A necessidade de procurar novos e melhores agentes antifúngicos para controlar doenças de plantas, incluindo a antracnose, atraiu a atenção nos últimos anos para o uso de Radiação UV, água quente, extratos vegetais e óleos essenciais. Estes tratamentos são eficazes para o controle de patógenos e são considerados pelos consumidores como mais seguros para a saúde humana e o meio ambiente (MARTINEZ et al., 2020).

Diversos meios de controle da antracnose são considerados por BORDOH et al. (2020). Dentre elas está destruição de partes infectadas de plantas que serviram como inóculo para patógenos, evitar água contaminada para irrigação, usar materiais de plantio limpos, termoterapia, irradiação, atmosfera modificada e controlada, extratos vegetais brutos, óleos essenciais e outros compostos bioativos. Um composto de origem animal apontado por estes autores como muito promissor é a quitosana, que possui um mecanismo de ação expressando propriedades antimicrobianas e eliciadoras.

Alguns microrganismos podem inibir efetivamente doenças pós-colheita de frutas, sendo assim, o controle biológico é uma estratégia alternativa promissora (YE et al., 2021). Estes autores relatam que diversas cepas de *Bacillus* spp. foram avaliadas como excelentes agentes de biocontrole contra patógenos fúngicos, usando estratégias como competição por espaço ou nutrientes, produção de várias substâncias com atividade antibiótica e compostos de degradação da parede celular e indução de resistência sistêmica.

Outra alternativa é a utilização de embalagem adequada para reduzir os efeitos da doença na fase pós-colheita. A embalagem ativa pode ser definida como um sistema ambiente-embalagem-alimento que funciona liberando substâncias com propriedades para conservação. Dentre elas temos a embalagem antimicrobiana que busca reduzir, retardar ou inibir o crescimento de microrganismos patogênicos, liberando compostos antimicrobianos diretamente nos alimentos ou em seu ambiente (SOLANO; SIERRA; ÁVILA, 2020).

Indução a resistência de plantas a patógenos

Vários produtos químicos podem atuar sobre as plantas para induzir a resistência sistêmica adquirida (SAR), agindo sobre os genes responsáveis pela SAR, conhecidos como genes PR (relacionados à patogênese), que servem como gatilho de defesa para o subsequente ataque do patógeno. Não há efeito direto sobre o patógeno, essa técnica visa adquirir imunidade contra o invasor, tornando-se mais barata e menos perigosa para o meio ambiente (DEVI et al., 2020).

Substâncias eliciadoras são aquelas capazes de induzir a resistência do hospedeiro ao estimular a atividade de enzimas bioquímicas relacionadas à defesa vegetal em diversas plantas cultivadas, protegendo assim de vários fitopatógenos em casa de vegetação e em campo (JOGAIAH et al., 2020).

A resistência induzida a doenças em frutas armazenadas com aplicação de substâncias exógenas, como óxido nítrico, benzotriazol e ácido γ -aminobutírico, tem recebido atenção crescente nos últimos anos. O metil jasmonato, um regulador natural do crescimento das plantas, é considerado um método promissor para aumentar a resistência do hospedeiro a patógenos, pois é uma molécula sinalizadora de plantas envolvida em mecanismos de defesa, induzindo efetivamente metabólitos secundários (PAN et al., 2020).

A ativação da SAR depende de ácido salicílico de plantas hospedeiras, com a aplicação de elicitores, melhora a expressão de proteínas relacionadas à patogênese (PRs) que funcionam como marcadores primários na via de sinalização SAAs (CHENG et al., 2020). A ativação de reações de defesa em plantas é medida em termos de produção aumentada de enzimas da via do fenilpropanóide, sendo elas a polifenoloxidase (PPO), fenilalanina amônia-liase (PAL), peroxidase (POX) (DHANYA et al., 2020).

Enzimas relacionadas à indução de resistência

A PPO é uma importante enzima oxidativa envolvida na inibição do patógeno. PAL, uma enzima precursora tanto da lignina quanto das fitoalexinas, previne a parede da célula hospedeira contra a entrada do patógeno. POX é uma proteína relacionada ao patógeno que estimula principalmente a via do ácido salicílico e auxiliam na degradação da parede celular do patógeno (JOGAIAH et al., 2020).

A enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) neutraliza o processo de infecção pela formação de fitoalexinas e hidrólise de beta glucanos na parede celular fúngica (JOSHI; DE BRITTO; JOGAIAH, 2021). A PPO catalisa a oxidação de fenóis dependente de oxigênio em quinonas que podem causar modificação substituintes de aminoácidos e proteínas, e acredita-se que exerçam um efeito antinutritivo servindo de defesa contra patógenos (JIANG et al., 2019).

A peroxidase (POX) é uma enzima importante para ligar fenilpropanóides a outros componentes da parede celular, como proteínas, pectinas ou fibras de celulose, e acredita-se que essa parede celular modificada evite a penetração na planta hospedeira (LUKACOVA et al., 2019), De acordo com estes autores, a atividade da POX gera espécies reativas de oxigênio (ROS), que polimeriza compostos da parede celular e regula os níveis de peróxido de hidrogênio, promovendo a morfogênese das estruturas de aderência.

RASTEGAR et al., (2020) determinaram em seu estudo que a aplicação pós-colheita de melatonina é capaz de aumentar a atividade da peroxidase e controlar a atividade da polifenoloxidase em mangas. De acordo com (KAUSHIK; RAO; MISHRA, 2017), a atividade das enzimas PPO e POD em mangas diminuem com o aumento do nível de temperatura. A aplicação de cloreto de cálcio e ácido salicílico aprimora a atividade das enzimas PAL e PPO em frutos de mangueira (SHAO et al., 2019).

REFERÊNCIAS

AGUIRRE-GÜITRÓN, L. et al. Application of powder formulation of *Meyerozyma caribbica* for postharvest control of *Colletotrichum gloeosporioides* in mango (*Mangifera indica* L.). **Lwt**, v. 113, p. 108271, 2019.

ALANÓN, M. E. et al. HPLC-DAD-Q-ToF-MS profiling of phenolic compounds from mango (*Mangifera indica* L.) seed kernel of different cultivars and maturation stages as a preliminary approach to determine functional and nutraceutical value. **Food Chemistry**, v. 337, p. 127764, 2021.

ARAÚJO, D. O.; MORAES, J. A. A.; DE CARVALHO, J. L. M. Fatores determinantes na mudança do padrão de produção e consumo da manga no mercado nacional. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, p. 51–73, 2017.

ARDILA, C. E. C.; RAMIREZ, L. A.; ORTIZ, F. A. P. Spectral analysis for the early detection of anthracnose in fruits of Sugar Mango (*Mangifera indica*). **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 173, p. 105357, 2020.

ASHAOLU, T. J.; ASHAOLU, J. O. Perspectives on the trends, challenges and benefits of green, smart and organic (GSO) foods. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 22, p. 100273, 2020.

ASSUMPCÃO, R.; NUNES, R. S. C. Antracnose em frutos nativos da amazônia e metodologias alternativas naturais de controle de fungos toxigênicos causadores da doença. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 99676, 2020.

ASSUNÇÃO, M. C.; AMARAL, A. G. G.; LINS, F. J. A. Efeito da temperatura e de embalagens sobre a antracnose em frutos de manga cv. Tommy Atkins. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 35, 2018.

BENATAR, G. V.; WIBOWO, A.; SURYANTI. First report of *Colletotrichum asianum* associated with mango fruit anthracnose in Indonesia. **Crop Protection**, v. 141, p. 105432, 2021.

BORDOH, P. K. et al. A review on the management of postharvest anthracnose in dragon fruits caused by *Colletotrichum* spp. **Crop Protection**, v. 130, p. 105067, 2020.

CHENG, T. et al. Endophytic *Bacillus megaterium* triggers salicylic acid-dependent resistance and improves the rhizosphere bacterial community to mitigate rice spikelet rot disease. **Applied Soil Ecology**, v. 156, p. 103710, 2020.

DEMARTELAERE, A. C. F. et al. Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 2, p. 211, 2017.

DEVI, B. et al. Chemically induced systemic acquired resistance in the inhibition of French bean rust. **Current Plant Biology**, v. 23, p. 100151, 2020.

DHANYA, S. et al. *Pseudomonas taiwanensis* (MTCC11631) mediated induction of systemic resistance in *Anthurium andreanum* L against blight disease and visualisation of defence related secondary metabolites using confocal laser scanning microscopy. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 24, p. 101561, 2020.

ESQUIVEL-CHÁVEZ, F. et al. Control of mango decay using antifungal sachets containing of thyme oil/modified starch/agave fructans microcapsules. **Future Foods**, v. 3, p. 100008, 2021.

GÓMEZ-MALDONADO, D. et al. Antifungal activity of mango kernel polyphenols on mango fruit infected by anthracnose. **Lwt**, v. 126, p. 109337, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola - Lavoura Permanente**. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0>>. Acesso em: 06 jan. 2021.

JIANG, S. et al. The accumulation of phenolic compounds and increased activities of related enzymes contribute to early defense against walnut blight. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 108, p. 101433, 2019.

JOGAIAH, S. et al. Exogenous priming of chitosan induces upregulation of phytohormones and resistance against cucumber powdery mildew disease is correlated with localized biosynthesis of defense enzymes. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 162, p. 1825, 2020.

JOSHI, S. M.; DE BRITTO, S.; JOGAIAH, S. Myco-engineered selenium nanoparticles elicit resistance against tomato late blight disease by regulating differential expression of cellular, biochemical and defense responsive genes. **Journal of Biotechnology**, v. 325, p. 196, 2021.

KANTAMATURAPOJ, K.; MARSHALL, A. Providing organic food to urban consumers: case studies of supermarkets in Bangkok and metropolitan area. **Heliyon**, v. 6, n. 5, p. 04003, 2020.

KAUSHIK, N.; RAO, P. S.; MISHRA, H. N. Effect of high pressure and thermal processing on spoilage-causing enzymes in mango (*Mangifera indica*). **Food Research International**, v. 100, p. 885, 2017.

KIMARI, H. et al. **Manual de Fitopatologia Volume 2: Doenças das Plantas Cultivadas**. 3ª Edição ed. SÃO PAULO/ SP, 1997.

LABAKY, P. et al. Innovative non-destructive sorting technique for juicy stone fruits: textural properties of fresh mangos and purees. **Food and Bioproducts Processing**, v. 123, p. 188, 2020.

LAWSON, T. et al. Characterization of Southeast Asia mangoes (*Mangifera indica* L) according to their physicochemical attributes. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 189, 2019.

LIMA OLIVEIRA, P. D. et al. Control of anthracnose caused by *Colletotrichum* species in guava, mango and papaya using synergistic combinations of chitosan and *Cymbopogon citratus* (D.C. ex Nees) Stapf. essential oil. **International Journal of Food Microbiology**, v. 266, p. 87, 2018.

LIU, F. X. et al. Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China. **Food Chemistry**, v. 138, n. 1, p. 396, 2013.

LUKACOVA, Z. et al. Tobacco plants (*Nicotiana benthamiana*) were influenced by silicon and were not infected by dodder (*Cuscuta europaea*). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 139, p. 179, 2019.

MA, X. et al. Carotenoid accumulation and expression of carotenoid biosynthesis genes in mango flesh during fruit development and ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 237, p. 201, 2018.

MARTINEZ, J. et al. Controlling anthracnose by means of extracts, and their major constituents, from *Brosimum rubescens* Taub. **Biotechnology Reports**, v. 25, p. 00405, 2020.

OLIVEIRA, G. P. Uso do paclobutrazol na produção de manga. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1, 2020.

PAN, L. et al. Effect of exogenous methyl jasmonate treatment on disease resistance of postharvest kiwifruit. **Food Chemistry**, v. 305, p. 125483, 2020.

PHAN, K. T. K. et al. Gliding arc discharge non-thermal plasma for retardation of mango anthracnose. **Lwt**, v. 105, p. 142, 2019.

RAMALINGAM, S. et al. Functional, nutritional, antinutritional, and microbial assessment of novel fermented sugar syrup fortified with pre-mature fruits of Totapuri mango and star gooseberry. **Lwt**, v. 136, p. 110276, 2021.

RASTEGAR, S.; KHANKAHDANI, H.H.; RAHIMZADEH, M. Effects of melatonin treatment on the biochemical changes and antioxidant enzyme activity of mango fruit during storage. **Scientia Horticulturae**, v. 259, p. 108835, 2020.

REYES-ESTEBANEZ, M. et al. Characterization of a native *Bacillus velezensis*-like strain for the potential biocontrol of tropical fruit pathogens. **Biological Control**, v. 141, p. 104127, 2020.

SADIQ, M. A. et al. The role of food eating values and exploratory behaviour traits in predicting intention to consume organic foods: A extended planned behaviour approach. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 59, p. 102352, 2020.

SAUTHIER, M. C. S. et al. Screening of *Mangifera indica* L. functional content using PCA and neural networks (ANN). **Food Chemistry**, v. 273, p. 115, 2019.

SENA, F. H. S. DE et al. Levantamento Fitossociológico De Plantas Daninhas Em Pomares De Mangueira No Semiárido Mineiro. **Nativa**, v. 7, n. 5, p. 500, 2019.

SHAO, Y. ZHI et al. The chemical treatments combined with antagonistic yeast control anthracnose and maintain the quality of postharvest mango fruit. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 18, n. 5, p. 1159, 2019.

SHI, X. C. et al. Biocontrol strategies for the management of *Colletotrichum* species in postharvest fruits. **Crop Protection**, v. 141, p. 105454, 2021.

SILVA, L. DOS SANTOS et al. Advances in mango 'Keitt' production system: PBZ interaction with fulvic acids and free amino acids. **Scientia Horticulturae**, v. 277, p. 109787, 2021.

SOLANO, R. J.; SIERRA, C. A.; ÁVILA MURILLO, M. Antifungal activity of LDPE/lauric acid films against *Colletotrichum tamarilloi*. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 24, p. 100495, 2020.

SOUSA, F. F. et al. Conservation of "Palmer" mango with an edible coating of hydroxypropyl methylcellulose and beeswax. **Food Chemistry**, v. 346, p. 128925, 2020.

SUCIU, N. A.; FERRARI, F.; TREVISAN, M. Organic and conventional food: Comparison and future research. **Trends in Food Science and Technology**, v. 84, p. 49, 2019.

WETUNGU, M. W. et al. Volatile aroma chemical constituents of fruit pulp of some Kenyan varieties of mango (*Mangifera indica* L.). **American Journal of Essential Oils and Natural Products**, v. 6, n. 2, p. 29, 2018.

YE, W. Q. et al. Biocontrol potential of a broad-spectrum antifungal strain *Bacillus amyloliquefaciens* B4 for postharvest loquat fruit storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 174, p. 111439, 2021.

ZHOU, Y. et al. Molecular mechanism of nanochitin whisker elicits plant resistance against *Phytophthora* and the receptors in plants. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 165, p. 2660, 2020.

CAPÍTULO II
MANEJO PÓS-COLHEITA DA ANTRACNOSE EM FRUTOS DE MANGUEIRA
TRATADOS COM ELICITORES

NUNES, M. S. (Dissertação de Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Fevereiro de 2021. Indutores de resistência no manejo pós-colheita da antracnose em manga 'Tommy Atkins'. Orientador (a): Luciana Cordeiro do Nascimento.

Abstract: One of the biggest challenges for fruit growing is post-harvest conservation to meet domestic and export demand. Another challenge for the sector is to reduce the application of pesticides in the conventional cultivation system, which must always be used in a conscious and controlled manner. The objective of the work was to evaluate the influence of the application of resistance elicitors in the post-harvest management of anthracnose and the physical-chemical changes and enzymatic activity in 'Tommy Atkins' mangoes from the conventional cultivation system during storage. The experiment was conducted at the Phytopathology Laboratory, of Universidade Federal da Paraíba. The treatments used were: T1- Agro-Mos®, T2- Bion 500 WG®, T3- Kaolin, T4- Ecolife®, T5- Eco-Shot®, T6- Pro-Agrim®, T7- Rocksil®, T8- Control (ADE) and T9- Tiabendazole fungicide. The severity of anthracnose was evaluated, observing the natural infection using a scale of grades. The analyzes of firmness, pH, Vitamin C, soluble solids, titratable acidity and SS / TA ratio were performed on the 3rd, 6th, 9th and 12th day of storage and the assessment of fresh weight loss was determined daily. The enzymatic activity of Peroxidase, Polyphenoloxidase and Phenylalanine ammonia lyase was determined by macerating the peel of the fruits to form the extract, with subsequent centrifugation at 12,000 rpm for 15 minutes at -4°C. The experiment was carried out in DIC in a split plot scheme. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA), the means were compared by the Scott-Knott test ($p \leq 0.05$) between treatments and to the regression analysis between the storage periods. The results show that the use of Kaolin and Rocksil® provided a severity of 8.1% and 11.3% less than the severity determined in mangos submitted to the Control. The physical-chemical characteristics were not compromised with the application of the elicitor treatments and the application of Kaolin, Eco-shot® and Rocksil® were the treatments with the greatest elicitor potential in the enzymatic activity of the fruits. The Caulim and Rocksil® elicitors have high potential as a more sustainable alternative in the management of anthracnose in mangoes from the conventional cultivation system.

Index Terms: Enzymatic activity. *Colletotrichum*. Induction resistance. *Mangifera indica*. Conventional Production. Severity.

Resumo: Um dos maiores desafios da fruticultura é a conservação pós-colheita para atender a demanda interna e de exportação. Outro desafio do setor é a redução da aplicação de agrotóxicos no sistema de cultivo convencional, que deve ser utilizado sempre de maneira consciente e controlada. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da aplicação de elicitores de resistência no manejo pós-colheita da antracnose e as alterações físico-químicas e atividade enzimática em mangas 'Tommy Atkins' oriundas do sistema de cultivo convencional durante o armazenamento. O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia, da Universidade Federal da Paraíba. Os tratamentos utilizados foram: T₁- Agro-Mos®, T₂- Bion 500 WG®, T₃- Caulim, T₄- Ecolife®, T₅- Eco-Shot®, T₆- Pró-Agrim®, T₇-

Rocksil[®], T₈- Controle (ADE) e T₉- Fungicida Tiabendazol. Foi avaliada a severidade da antracnose, observando-se a infecção natural utilizando uma escala de notas. As análises de firmeza, pH, Vitamina C, Sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT foram realizadas ao 3º, 6º, 9º e 12º dia de armazenamento e a avaliação da perda de massa fresca foi determinada diariamente. A atividade enzimática da Peroxidase, Polifenoloxidase e Fenilalanina amônia-liase foi determinada pela maceração da casca dos frutos para formação do extrato, com posterior centrifugação a 12.000 rpm durante 15 minutos a -4°C. O experimento foi conduzido em DIC em esquema de parcela subdividida. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) entre tratamentos e à análise de regressão entre os períodos de armazenamento. Os resultados mostram que a utilização de Caulim e Rocksil[®] proporcionou uma severidade 8,1% e 11,3% menor que a severidade determinada em mangas submetidas ao Controle. As características físico-químicas não foram comprometidas com aplicação dos tratamentos elicitores e a aplicação de Caulim, Eco-shot[®] e Rocksil[®] foram os tratamentos com maior potencial elicitador na atividade enzimática dos frutos. Os elicitores Caulim e Rocksil[®] apresentam elevado potencial como alternativa mais sustentável no manejo da antracnose em mangas oriundas do sistema de cultivo convencional.

Termos para indexação: Atividade enzimática. *Colletotrichum* sp.. Indução de resistência. *Mangifera indica*. Produção Convencional. Severidade.

INTRODUÇÃO

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma espécie frutífera cultivada em mais de 100 países, tanto em climas tropicais quanto subtropicais (Esquivel-Chávez et al., 2021). Reconhecida por sua cor atraente e sabor exótico, é uma rica fonte de carotenoides e fornece alto teor de ácido ascórbico e compostos fenólicos. É consumida principalmente crua, como fruta de sobremesa, mas pode também, ser processada em diversos produtos, como polpa congelada, fatias enlatadas em calda e geleias (Liu et al., 2013).

No Brasil, quantidades significativas de manga cv. ‘Tommy Atkins’ passam pelo mercado interno e de exportação (Lima Oliveira et al., 2018). De acordo com os dados do IBGE (2019), a produção de manga no Brasil em 2019 foi de 1.414.338 toneladas de frutos em uma área plantada de 67.754 hectares, o que representa um rendimento médio de 21.000 kg/ha.

As doenças mancha angular (*Xanthomonas campestris*), antracnose (*Colletotrichum* sp.) e podridão peduncular (*Lasiodyplodia theobromae*) são as principais doenças pós-colheita da mangueira. Destes, a antracnose pode reduzir a qualidade dos frutos e causar até 60% de perdas na colheita devido às infecções quiescentes em frutas imaturas que causam danos no período pós-colheita (Reyes-Estebanez et al., 2020). A antracnose é uma doença causada pelo fungo *Colletotrichum* sp., que danifica caules, folhas, flores e frutos. Essa doença prejudica o rendimento de várias culturas e causa perdas econômicas mundialmente (Ardila et al., 2020).

A aplicação de fungicidas sintéticos é a principal medida de controle de doenças na fruticultura, mas seu uso por períodos prolongados pode levar ao surgimento de fungos resistentes e seu poder residual pode ser prejudicial aos consumidores e ao meio ambiente (Gómez-Maldonado et al., 2020). Métodos como indução de resistência, radiação UV, termoterapia, extratos vegetais e óleos essenciais têm sido considerados com potencial no

manejo de doenças de plantas, pois são eficazes para o controle de patógenos e mais seguros para a saúde humana e o meio ambiente (Martinez et al., 2020).

Substâncias eliciadoras são aquelas capazes de induzir a resistência do hospedeiro ao estimular a atividade de enzimas bioquímicas relacionadas à defesa vegetal em diversas plantas cultivadas, protegendo assim de vários fitopatógenos em casa de vegetação e em campo (Jogaiah et al., 2020). O controle alternativo utilizando elicitores pode estimular a produção de metabólitos secundários que induzem a resistência vegetal, bem como a formação de diferentes compostos fenólicos com características antifúngicas (Demartelaere et al., 2017).

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da aplicação de elicitores no manejo pós-colheita da antracnose e sobre características físico-químicas e atividade enzimática durante o armazenamento de mangas ‘Tommy Atkins’ oriunda do sistema de cultivo convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia, do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

Origem e Obtenção dos frutos

As mangas da variedade ‘TOMMY ATKINS’ foram obtidas por meio de doação da empresa FINOAGRO (Finobrasa Agroindustrial S.A), localizada na zona rural da cidade de Ipanguaçu, sob as coordenadas geográficas -5°29’54” latitude sul e -36°5’18” longitude oeste, no estado do Rio Grande do Norte. A produção da empresa é toda voltada para o mercado de exportação, ficando no mercado interno apenas os frutos que não atendem aos pré-requisitos de qualidade, seja por defeito visual ou por apresentar problemas fitossanitários.

Foram utilizadas mangas colhidas em Dezembro de 2019 produzidas em sistema de cultivo convencional, com manejo fitossanitário e nutricional, de acordo com a demanda da cultura, com a aplicação de Cultar® 250 SC, Tutor®, Codamax®, Ethrel®, Bulk®, Argenfrut®, Sulfocal®, Manzate® 800, Metiltiofan®, Fujimite® 50 SC, Sulfu-M, Vantigo®, Kaiso® 250 CS, Folicur® 200 EC, Seacrop®, Comet®, Progibb 400®, Score®, Dithane® NT, Zinco, Molibdato de Sódio, Manganês, Nitrato de Potássio, Nitrato De Cálcio, Sulfato de Potássio e Carbonato de Potássio, entre os meses de abril e dezembro de 2019.

Tratamentos

Os tratamentos utilizados neste estudo foram: T₁- Agro-Mos® (3 mL. L⁻¹), T₂- Bion 500 WG® (0,1 g. L⁻¹), T₃- Caulim (3 g. L⁻¹), T₄- Ecolife® (3 mL. L⁻¹), T₅- Eco-Shot® (4 g. L⁻¹), T₆- Pró-Agrim® (3 g. L⁻¹), T₇- Rocksil® (3 g. L⁻¹), T₈- Controle (ADE) e T₉- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L⁻¹).

As manga utilizadas neste estudo foram padronizadas no estágio 1 de maturação (Verde Escuro). Os frutos foram desinfestados com água corrente e sabão e imersos por três minutos em solução de hipoclorito de sódio a 1% e dupla lavagem em água destilada esterelizada (ADE). A aplicação dos tratamentos foi realizada por imersão dos frutos durante um minuto e posterior secagem em bandejas plásticas contendo papel absorvente por 30 minutos à temperatura ambiente. Em seguida os mesmos foram distribuídos em bandejas de poliestireno expandido e armazenados em ambiente com temperatura controlada de $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 12 dias após aplicação dos tratamentos.

Severidade pós-colheita de antracnose

A severidade da antracnose, observada com infecção natural, foi avaliada no 12º dia de armazenamento utilizando a escala de notas adotada por Assunção et al. (2018) variando de 1 a 5, levando em consideração a área lesionada pelas manchas de antracnose nos frutos. Utilizaram-se quatro repetições por tratamento, sendo cada unidade experimental composta por dois frutos. A escala é caracterizada de acordo com as seguintes atribuições:

1. Ausência de mancha de antracnose;
2. Menos de 5% da área do fruto afetada com mancha de antracnose;
3. De 5-10% da área do fruto afetada com mancha de antracnose;
4. 10,1- 30% da área do fruto afetada com mancha de antracnose;
5. Mais de 30,1% da área do fruto afetada com mancha de antracnose.

Análises físico-químicas

As análises de firmeza e atributos químicos foram realizadas durante o armazenamento no 3º, 6º, 9º e 12º, totalizando quatro avaliações. A avaliação da perda de massa fresca foi determinada diariamente. Utilizaram-se quatro repetições por tratamento, sendo cada unidade experimental composta por dois frutos.

Os atributos físicos avaliados foram:

- Perda de massa fresca total (PMFT): determinada pela diferença da massa no primeiro e no décimo primeiro dia de armazenamento, através da fórmula $PMFT(\%) = \frac{(P_i - P_j)}{P_i} \times 100$, onde P_i = peso inicial do fruto e P_j = peso do fruto no décimo primeiro. A determinação da massa foi realizada por uma balança semi-analítica UX4200 – SHIMADZU e expressa em porcentagem.
- Firmeza: determinada por meio da resistência à penetração pela utilização do penetrômetro digital (Magness Taylor PressureTester), pressionado em duas extremidades opostas na região mediana dos frutos com casca e os resultados expressos em Newtons (N).

Os atributos químicos avaliados foram:

- Potencial hidrogeniônico (pH): medido por meio de um pHmetro digital de acordo com a metodologia descrita por (AOAC, 1990).
- Vitamina C: foi determinado o teor de ácido ascórbico (mg/100g de polpa) através da titulometria, utilizando-se a solução de DFI (2,6 diclo-fenol-indofenol 0,02%), para obtenção da coloração final rósea clara permanente (Strohecker e Henning, 1967).
- Teor de sólidos solúveis (SS): determinado diretamente da polpa triturada, com refratômetro digital (Milwaukee MA871 Digital Brix/Sugar) e expresso em °Brix (IAL, 2008).

- Acidez titulável (AT): determinado o teor de ácido cítrico pela titulação em um extrato (1g de polpa/50 mL de água destilada), com hidróxido de sódio (NaOH, 0,1 N), utilizando-se 2 gotas de fenolftaleína como indicador e expressa em porcentagem (IAL, 2008).
- Relação SS/AT: obtida por meio do quociente entre as duas variáveis analisadas.

Atividade enzimática

As avaliações foram realizadas no 3º e 12º dia após aplicação dos tratamentos nos frutos, utilizando quatro repetições e a unidade experimental composta por dois frutos cada. Foi determinada a atividade enzimática da Peroxidase (POD), Polifenoloxidase (PPO) e Fenilalanina amônia-liase (PAL).

A extração da amostra para avaliação foi realizada pela maceração de 0,625g da casca em 10 mL de acetato de sódio, após a obtenção de uma massa homogênea e depositada em microtubos, centrifugadas a 12.000 rpm durante 15 minutos a -4 °C. O sobrenadante foi utilizado para determinar a atividade das enzimas. Os resultados das atividades enzimáticas foram expressos em Unidades de Absorbância (UA).min⁻¹.mg⁻¹ de proteína.

Foi realizada a quantificação das proteínas totais pelo método proposto por Bradford (1976) utilizando Soro Albumina Bovina (BSA) como padrão. Este método consiste na detecção e quantificação de proteínas pela junção em uma cubeta de 1 mL da solução de Bradford e adicionando-se 100 µL da amostra. As amostras foram incubadas em temperatura ambiente por 15 minutos. Ao término da reação realizou-se a leitura da amostra com a absorbância de 595 nm em espectrofotômetro GENESYSTM 10S UV VIS.

A atividade da peroxidase (POD) foi determinada a partir da adição de 0,25 mL de extrato enzimático ao meio de reação contendo 0,25 mL de guaiacol (1,7%), 0,75 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 6,0) e 0,25 mL de H₂O₂ (1,8%), totalizando um volume de 1,5 mL. Para o branco, utilizado para zerar o espectrofotômetro, a composição foi à mesma do meio de reação, exceto o extrato enzimático que foi substituído por ADE. A atividade enzimática foi determinada em espectrofotômetro, pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 470 nm, a 25 °C. A atividade da POX foi determinada utilizando o cálculo proposto por Chance e Maehley (1955).

Para determinação da atividade da polifenoloxidase (PPO) foram adicionados 0,25 mL de extrato enzimático ao meio de reação contendo 0,25 mL de S-metil-catecol 0,6 mM e 0,75 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 6,8). Para o branco, utilizado para zerar o espectrofotômetro, a composição foi à mesma do meio de reação, exceto o extrato enzimático que substituído por ADE. As amostras foram incubadas por 15 minutos, em banho-maria a 40 °C. Após esse período, foi realizada a paralisação da atividade das amostras com adição de 0,8 mL de ácido perclórico. A determinação da atividade enzimática foi determinada em espectrofotômetro, pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 395 nm, à 25 °C Chance e Maehley (1955).

A atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) foi determinada adicionando 0,5 mL do extrato enzimático em tubos de ensaio com a adição de 1,5 mL da solução de tampão TRIS (0,01M, pH 8,8), 0,5 mL de solução de fenilalanina (substrato) e 0,5 mL de ADE. No branco, utilizado para zerar o espectrofotômetro, foi composto por todas as soluções do meio de reação exceto o extrato enzimático que foi substituído por ADE.

Os tubos contendo as amostras foram incubados em banho-maria a 40 °C, durante 60 minutos. Em seguida as amostras foram paralisadas com a adição de 0,1 mL de ácido clorídrico a 5,0 M. A leitura foi realizada em cubeta de quartzo no espectrofotômetro pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 290 nm, a 25 °C, conforme os cálculos da metodologia proposta por Zucker (1965).

Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições de dois frutos cada, em esquema de parcelas subdivididas no tempo (9 x 4). Consideraram-se os tratamentos como parcela e os períodos de armazenamento como subparcela. As características de severidade e perda de massa fresca foram avaliadas ao 12º dias de armazenamento, enquanto a análise enzimática foi avaliada 3º e 12º dia de armazenamento.

A análise estatística foi realizada com o software estatístico R (R Core Team, 2020) e os resultados submetidos à análise de variância e regressão polinomial, testando-se os modelos linear e quadrático em função do tempo de armazenamento, e as médias dos tratamentos comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observada diferença significativa entre os tratamentos com base na severidade da antracnose (Figura 1). O resultado mostra que os frutos utilizados como controle (T₈), tratados apenas com ADE, apresentaram uma severidade de 13,5%, sendo este caracterizado como um alto grau de lesão provocado pela antracnose Assunção et al. (2018). Os tratamentos utilizando Agro-mos®, Bion® e Eco-shot® (T₁, T₂ e T₃, respectivamente) não foram eficientes no controle da antracnose, sem apresentar diferença significativa.

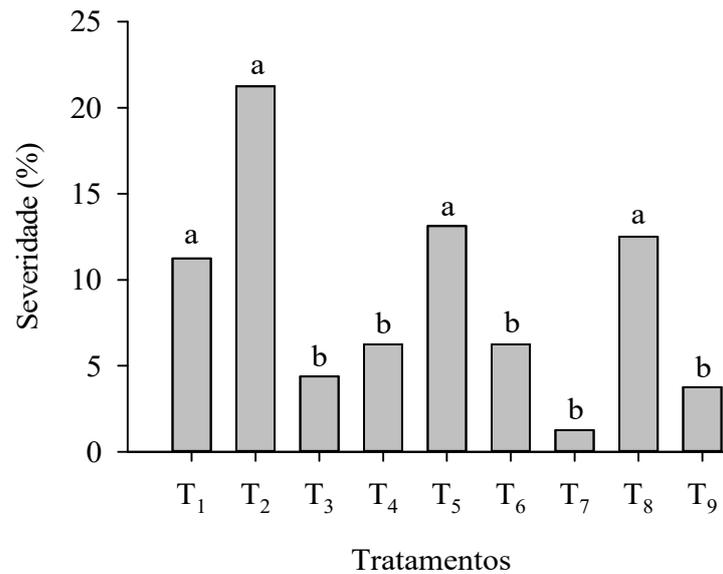


Figura 1. Severidade da antracnose em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ oriundos de cultivo convencional, tratados com elicitores de resistência.

T₁- Agro-Mos[®] (3 mL. L⁻¹), T₂- Bion 500 WG[®] (0,1 g. L⁻¹), T₃- Caulim (3 g. L⁻¹), T₄- Ecolife[®] (3 mL. L⁻¹), T₅- Eco-Shot[®] (4 g. L⁻¹), T₆- Pró-Agrim[®] (3 g. L⁻¹), T₇- Rocksil[®] (3 g. L⁻¹), T₈- Controle (ADE) e T₉- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L⁻¹).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Embora a aplicação de agrotóxicos (Tutor[®], Argenfrut[®], Manzate[®] 800, Metiltiofan[®], Vantigo[®], Folicur[®] 200 EC, Comet[®], Score[®] e Dithane[®] NT) em campo seja eficiente, atuando na redução da concentração do inóculo de patógenos, e com isso proporcionando um desenvolvimento menos expressivo das lesões nos frutos, é possível reduzir ainda mais os danos das lesões provocadas pela antracnose com a aplicação de fungicidas químicos ou aplicação dos produtos alternativos T₃, T₄, T₆ e T₇, respectivamente, pois estes apresentaram valores de severidade menores que os frutos controle.

A qualidade sanitária durante o armazenamento pode ser prolongada com aplicação de produtos alternativos que atuam na ativação da defesa vegetal latente, prolongando a vida útil de prateleira e reduzindo a incidência de patógenos pós-colheita como o *Colletotrichum* sp., que causa danos na superfície do fruto durante o período de armazenamento, deteriorando a qualidade e reduzindo valor de mercado (Gómez-Maldonado et al., 2020; Reyes-Estebanez et al., 2020).

Os resultados da perda de massa fresca (Fig. 2) mostraram que a utilização de Agro-mos[®], Rocksil[®] e Fungicida químico são eficientes na redução da perda de massa durante o período de armazenamento. Os frutos utilizados como controle perderam um total de 8,5% do seu peso inicial, o que representa um grande prejuízo econômico para toda cadeia produtiva. A aplicação de Bion[®], Caulim, Ecolife[®], Eco-Shot[®] e Pró-Agrim[®] não foram eficientes na prevenção da perda de massa fresca, pois não diferiram dos frutos controle.

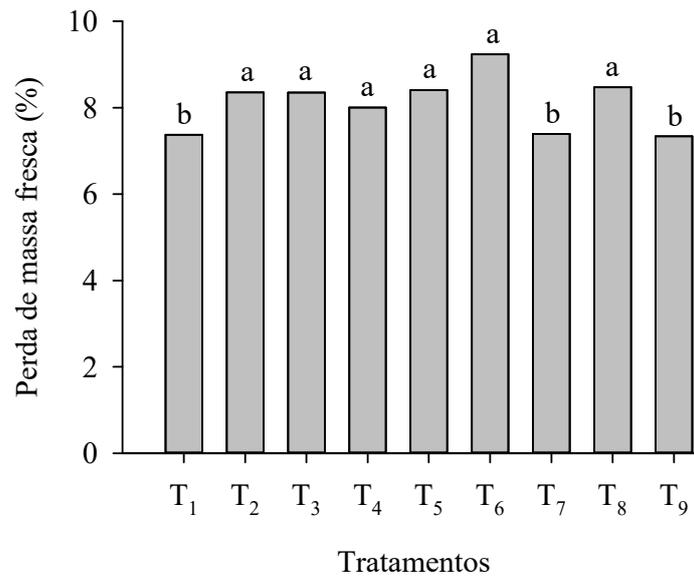


Figura 2. Perda de massa fresca em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ oriundos de cultivo convencional, tratados com elicitores ao 12º dia de armazenamento.

T₁- Agro-Mos® (3 mL. L⁻¹), T₂- Bion 500 WG® (0,1 g. L⁻¹), T₃- Caulim (3 g. L⁻¹), T₄- Ecolife® (3 mL. L⁻¹), T₅- Eco-Shot® (4 g. L⁻¹), T₆- Pró-Agrim® (3 g. L⁻¹), T₇- Rocksil® (3 g. L⁻¹), T₈- Controle (ADE) e T₉- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L⁻¹).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

De acordo com Silva et al. (2017), a perda de massa fresca está relacionada à respiração e transpiração dos frutos, que resulta em uma combinação de perda de água e solutos, sendo este o principal atributo para manutenção da qualidade durante o período de armazenamento. Lawson et al. (2019) constataram que em mangas ‘Chokanan’, sem aplicação de tratamento pós-colheita, a maior taxa de perda de peso (6,98%) foi observada no 8º dia armazenamento.

Os resultados da determinação de firmeza (Tab. 1) demonstram que ao longo do período de armazenamento os frutos vão perdendo firmeza da casca e da polpa e que a aplicação de tratamento pós-colheita é eficiente até o 9º dia de armazenamento. No 12º dia, nenhum tratamento apresentou diferença estatística dos frutos controle. Os frutos tratados com Rocksil® foram os que apresentaram um melhor desempenho na conservação da firmeza nos três primeiros períodos de avaliação consecutivos, diferindo dos frutos controle que apresentaram uma redução média da firmeza de 6,36N por dia.

O resultado da determinação do teor de ácido ascórbico (Vitamina C), apresentado na Tabela 1, mostra que este atributo tende a crescer ao longo do processo de amadurecimento dos frutos. A aplicação dos elicitores para conservação pós-colheita de mangas não alterou o teor de vitamina C dos frutos no período de armazenamento de 12 dias, pois nenhum produto utilizado neste estudo apresentou diferença estatística do tratamento controle.

Tabela 1. Valores médios e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação para firmeza (N) e vitamina C (mg 100 g⁻¹) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ oriundos de cultivo convencional, tratados com elicitores de resistência e avaliados em quatro períodos de armazenamento.

Tratamentos	Firmeza (N)				Eq. regressão	R ²
	Períodos de armazenamento (dias)					
	3	6	9	12		
T ₁	18,36 b	17,50 b	11,34 d	1,11 a	$\hat{y} = 14,84 + 1,97 x - 0,26^{**} x^2$	0,99
T ₂	13,94 c	17,78 b	11,72 d	0,58 a	$\hat{y} = 3,81 + 4,71 x - 0,42^{**} x^2$	0,99
T ₃	17,41 b	18,59 a	15,31 c	1,42 a	$\hat{y} = 7,15 + 4,57 x - 0,42^{**} x^2$	0,99
T ₄	19,75 a	13,38 c	16,19 b	1,22 a	$\hat{y} = 15,08 + 1,82 x - 0,24^{**} x^2$	0,81
T ₅	21,52 a	13,06 c	17,95 b	1,89 a	$\hat{y} = 17,61 + 1,37 x - 0,21^{**} x^2$	0,73
T ₆	20,35 a	16,42 b	17,83 b	1,98 a	$\hat{y} = 12,68 + 3,17 x - 0,33^{**} x^2$	0,87
T ₇	20,23 a	20,61 a	20,37 a	1,36 a	$\hat{y} = 5,62 + 6,18 x - 0,54^{**} x^2$	0,93
T ₈	21,03 a	16,07 b	19,13 a	1,06 a	$\hat{y} = 12,14 + 3,57 x - 0,36^{**} x^2$	0,82
T ₉	21,57 a	17,22 b	21,23 a	1,01 a	$\hat{y} = 9,83 + 4,69 x - 0,44^{**} x^2$	0,81
CV (%)	12,82					
Tratamentos	Vitamina C (mg 100 g ⁻¹)				Eq. regressão	R ²
	Períodos de armazenamento (dias)					
	3	6	9	12		
T ₁	4,11 a	3,65 a	1,98 c	3,70 a	$\hat{y} = 6,80 - 1,0009 x + 0,06^{**} x^2$	0,60
T ₂	3,17 a	2,59 a	2,10 c	5,70 a	$\hat{y} = 6,85 - 1,51 x + 0,12^{**} x^2$	0,89
T ₃	3,22 a	3,21 a	2,49 b	4,27 a	$\hat{y} = 3,30$	–
T ₄	2,64 b	2,24 b	2,47 b	3,87 a	$\hat{y} = 2,81$	–
T ₅	2,05 b	2,36 b	2,85 b	4,80 a	$\hat{y} = 0,8314 + 0,2912^{**} x$	0,83
T ₆	2,22 b	1,85 b	3,49 b	3,36 a	$\hat{y} = 1,4599 + 0,1691^{**} x$	0,63
T ₇	2,38 b	2,08 b	2,89 b	4,62 a	$\hat{y} = 3,65 - 0,60 x + 0,057^{*} x^2$	0,99
T ₈	3,78 a	2,15 b	9,03 a	5,31 a	$\hat{y} = 5,07$	–
T ₉	3,08 a	2,15 b	2,80 b	3,22 a	$\hat{y} = 4,23 - 0,53 x + 0,038^{*} x^2$	0,75
CV (%)	21,35					

T₁- Agro-Mos[®] (3 mL. L⁻¹), T₂- Bion 500 WG[®] (0,1 g. L⁻¹), T₃- Caulim (3 g. L⁻¹), T₄- Ecolife[®] (3 mL. L⁻¹), T₅- Eco-Shot[®] (4 g. L⁻¹), T₆- Pró-Agrim[®] (3 g. L⁻¹), T₇- Rocksil[®] (3 g. L⁻¹), T₈- Controle (ADE) e T₉- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L⁻¹).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). *, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

De acordo com Mishra et al.(2020) o processo de amadurecimento de frutos da mangueira é uma combinação de alterações físicas e químicas, que inclui o amolecimento da polpa, quebra do amido, aumento dos açúcares solúveis e os componentes da parede celular como a pectina e a hemicelulose são enzimaticamente degradados, promovendo a redução da firmeza. A firmeza de manga 'Chokanan' diminuiu significativamente ($p < 0,05$) durante o armazenamento de 138,18 N para 12,67 N após oito dias (Lawson et al., 2019).

Liu et al. (2013) relataram em um estudo feito na China com mangas das variedades 'Tainong No.1', 'Irwin', 'JinHwang' e 'Keitt' que o teor de vitamina C variou de 3,20 a 23,80 mg/100 de polpa, sendo a variedade 'Irwin' a que apresentou o maior teor.

O teor de sólidos solúveis (Fig. 3) atingiu seu valor máximo no sexto dia de armazenamento. A aplicação de Pró-agrim® e fungicida tiabendazol não apresentaram interferência no desenvolvimento desta característica, pois não foi verificada diferença estatística com os frutos controle. Oliveira et al. (2016) explicaram que o aumento dos sólidos solúveis presentes em mangas se dá pela ação da enzima amilase que age degradando o amido e resulta na produção de açúcares solúveis como sacarose, glicose e frutose na polpa.

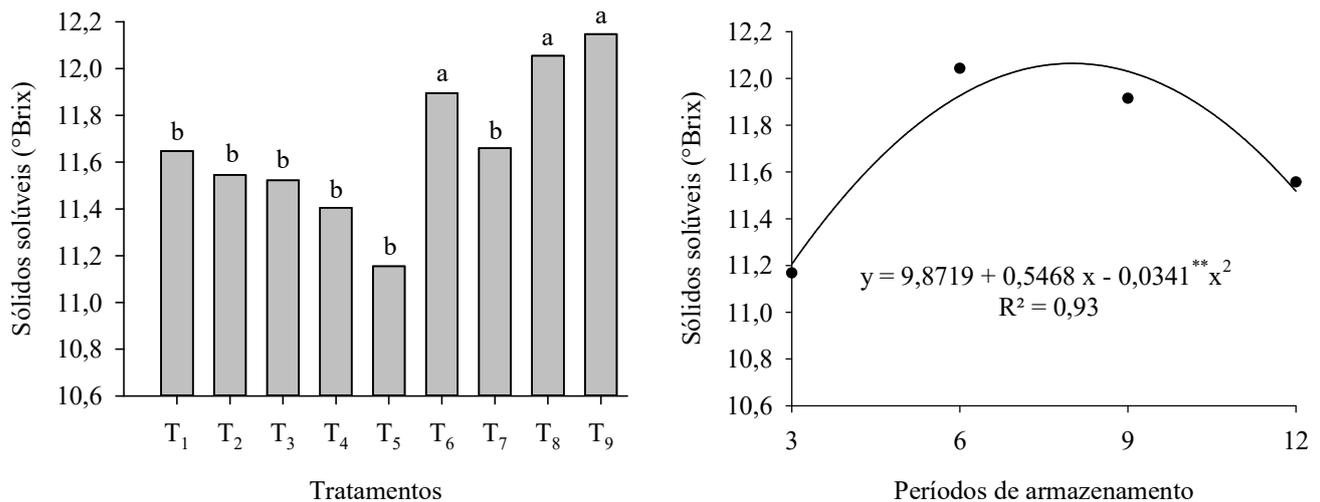


Figura 3. Teor de sólidos solúveis (°Brix) em frutos de *Mangifera indica* 'Tommy Atkins' tratados com elicitores e avaliados em quatro períodos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 dias).

T₁- Agro-Mos® (3 mL. L⁻¹), T₂- Bion 500 WG® (0,1 g. L⁻¹), T₃- Caulim (3 g. L⁻¹), T₄- Ecolife® (3 mL. L⁻¹), T₅- Eco-Shot® (4 g. L⁻¹), T₆- Pró-Agrim® (3 g. L⁻¹), T₇- Rocksil® (3 g. L⁻¹), T₈- Controle (ADE) e T₉- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L⁻¹).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Resultados semelhantes ao teor de sólidos solúveis foram encontrados em estudos desenvolvidos por CAI et al. (2020) em mangas 'Tainung n°1' após 10 dias de armazenamento e por NTSOANE et al. (2019) em mangas 'Shelly' após armazenamento por 21 dias à 13 °C, e posteriormente submetendo os frutos à condição de prateleira do mercado por sete dias à 18 °C.

A acidez titulável dos frutos apresentou o mesmo comportamento descrito em outras pesquisas (Ebrahimi et al., 2020; Hu et al., 2021), ou seja, ocorreu uma redução dos valores médios durante o período de armazenamento e não houve interferência da aplicação dos tratamentos, pois nenhum apresentou diferença estatística dos frutos controle, o que significa que a utilização de elicitores no manejo pós-colheita não desenvolve distúrbios fisiológicos nos frutos. Os frutos controle apresentaram uma redução de 5,53g de ácido cítrico no intervalo de armazenamento testado neste estudo.

A relação sólidos solúveis/ acidez titulável (SS/AT) está descrita na Figura 5, e apresentou um incremento ao longo do período de armazenamento. Os frutos tratados com T₃, T₆ e T₇ apresentaram médias superiores às médias dos frutos controle, podendo então ser aplicados objetivando a oferta de produtos com alto padrão de qualidade e boa aceitação do mercado consumidor.

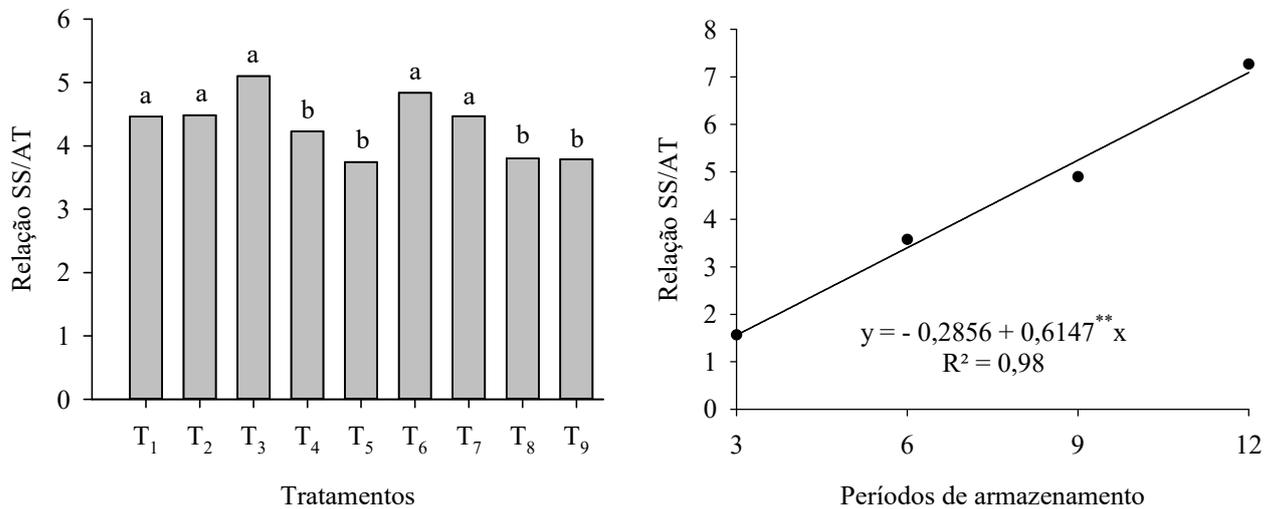


Figura 4. Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ tratados com elicitores e avaliados em quatro períodos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 dias).

T₁- Agro-Mos® (3 mL. L⁻¹), T₂- Bion 500 WG® (0,1 g. L⁻¹), T₃- Caulim (3 g. L⁻¹), T₄- Ecolife® (3 mL. L⁻¹), T₅- Eco-Shot® (4 g. L⁻¹), T₆- Pró-Agrim® (3 g. L⁻¹), T₇- Rocksil® (3 g. L⁻¹), T₈- Controle (ADE) e T₉- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L⁻¹).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

O pH dos frutos não foi alterado com a aplicação dos elicitores testados neste estudo, pois não foi identificada diferença estatística entre os tratamentos, mas apresentou diferença entre os períodos de armazenamento e promoveu uma ascensão desta variável ao longo dos dias ($r^2 = 0,98$), o que significa que os frutos vão reduzindo a acidez com o processo de amadurecimento.

Oliveira et al. (2016) encontraram os menores valores de pH e os maiores valores de AT em mangas ‘ubá’ em estágio 1 de maturação, e valores inversamente proporcionais aos frutos avaliados no estágio 4, em que estes apresentaram os maiores valores de pH e menos valores de AT. De acordo com estes autores, a acidez é atribuída aos ácidos orgânicos encontrados na forma livre ou associados a sais, ésteres e glicosídeos. Uma redução desses ácidos é comum à medida que a fruta se desenvolve e amadurece, ocorrendo uma redução da AT e aumento no pH, proporcionando uma polpa menos ácida. Este processo de transformação foi identificado no presente estudo.

Nos frutos não foi determinada atividade da enzima Peroxidase em nenhum período de armazenamento, necessitando assim de estudos complementares para investigar a causa da inibição desta enzima nos frutos, incluindo as fases da pré-colheita, do transporte, da pós-colheita e preparação dos extratos enzimáticos.

A determinação da atividade enzimática da PPO (Fig. 5) mostra que houve diferença estatística entre os períodos nos tratamentos T₃ e T₆, com maior atividade enzimática determinada no 12º dia, e T₂ com a maior atividade enzimática no 3º dia. Os demais tratamentos não apresentaram diferença entre períodos. Os tratamentos T₁ e T₂ não tiveram efeito sobre a indução da atividade enzimática, pois foram iguais ao controle em todos os períodos. Os tratamentos T₃, T₅, T₆ e T₇ apresentaram um incremento na atividade enzimática da PPO, 12 dias após aplicação dos tratamentos.

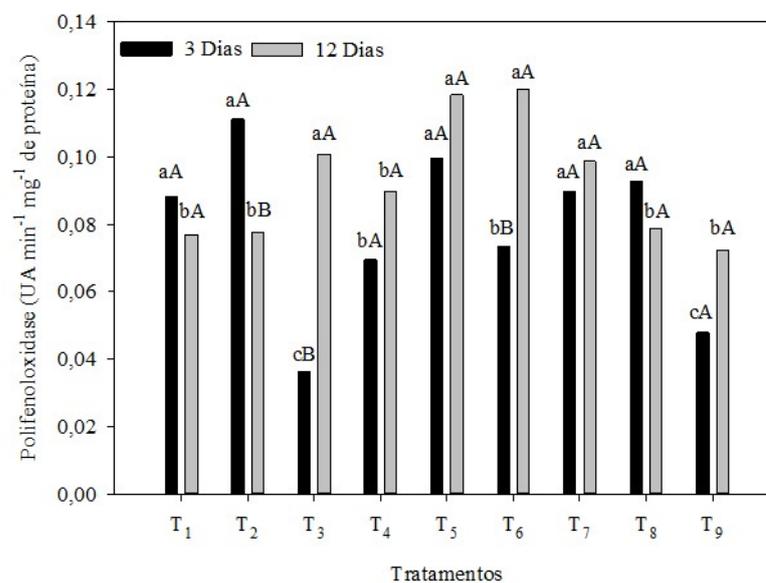


Figura 5. Atividade enzimática da Polifenoloxidase (PPO) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ oriundos de cultivo convencional tratados com elicitores em diferentes períodos de armazenamento (3 e 12 dias).

T1- Agro-Mos® (3 mL. L-1), T2- Bion 500 WG® (0,1 g. L-1), T3- Caulim (3 g. L-1), T4- Ecolife® (3 mL. L-1), T5- Eco-Shot® (4 g. L-1), T6- Pró-Agrim® (3 g. L-1), T7- Rocksil® (3 g. L-1), T8- Controle (ADE) e T9- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L-1).

Médias seguidas por mesmas letras minúsculas (compara tratamentos dentro de cada período) e maiúsculas (compara períodos dentro de cada tratamento), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Na maioria das espécies frutíferas, a PPO é associada ao escurecimento da polpa por meio da oxidação dos compostos fenólicos em quinonas, portanto, o nível da atividade desta enzima está associado ao grau de escurecimento da polpa (Rastegaret al., 2020). Isso explica sua maior atividade no segundo período avaliado, onde a polpa foi visivelmente identificada com uma coloração mais escura.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 6, a atividade da enzima PAL foi incrementada durante o período de armazenamento com aplicação dos tratamentos T₃ e T₉, que apresentaram a maior atividade ao 12º dia. Os demais tratamentos não apresentaram diferença estatística entre os períodos. O tratamento T₆ não apresentou efeito elicitor, pois não diferiu do controle em nenhum período avaliado. Com exceção do tratamento T₆, todos os tratamentos testados apresentaram uma atividade enzimática da PAL mais expressiva do que os frutos controle.

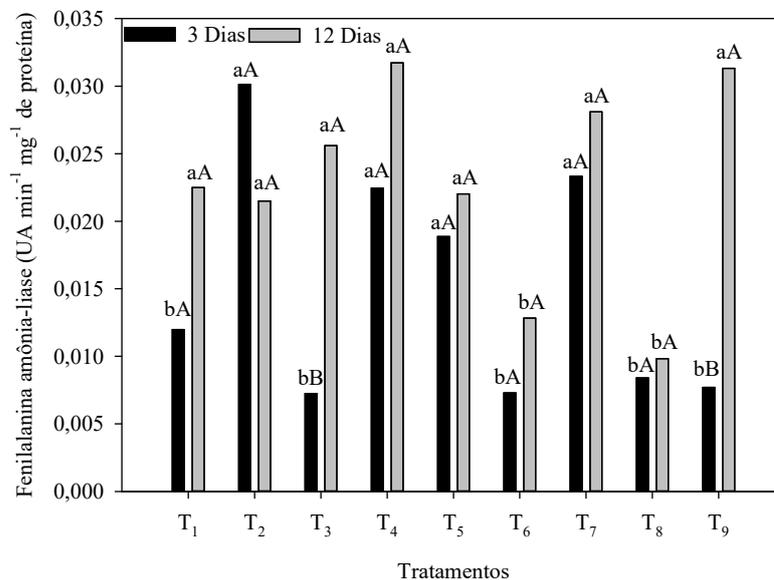


Figura 6. Atividade enzimática da fenilalanina amônia-liase (PAL) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ oriundos de cultivo convencional, tratados com elicitores em diferentes períodos de armazenamento (3 e 12 dias).

T1- Agro-Mos® (3 mL. L-1), T2- Bion 500 WG® (0,1 g. L-1), T3- Caulim (3 g. L-1), T4- Ecolife® (3 mL. L-1), T5- Eco-Shot® (4 g. L-1), T6- Pró-Agrim® (3 g. L-1), T7- Rocksil® (3 g. L-1), T8- Controle (ADE) e T9- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L-1).

Médias seguidas por mesmas letras minúsculas (compara tratamentos dentro de cada período) e maiúsculas (compara períodos dentro de cada tratamento), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

PAL é uma enzima relacionada à defesa vegetal crucial que participa da síntese do ácido transcinâmico, um precursor vital do ácido salicílico e compostos da defesa vegetal, como flavonoides e lignina. A supressão epigenética da PAL leva a uma diminuição do acúmulo de ácido salicílico, aumento da suscetibilidade dos vegetais e incapacidade de induzir a resistência sistêmica adquirida Wang et al. (2020).

De acordo com Maia et al. (2020) o aumento da atividade da PPO evidencia uma indução de resistência das plantas a patógenos, considerando que esta enzima participa do processo de lignificação durante a invasão por patógenos, além de produzir compostos tóxicos e fenólicos com ação fungitóxica. Estes mesmos autores afirmam que um incremento na atividade da PAL, que é uma enzima fundamental no mecanismo de defesa, é um indicador relevante da ativação da resistência latente do fruto.

Considerando a atividade enzimática da PPO e da PAL, os tratamentos com Caulim, Eco-shot® e Rocksil®T₃ foram os com maior efeito elicitor sobre ambas as enzimas, atuando na indução de resistência em mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas. Parada et al. (2018) afirmaram que algumas substâncias são reconhecidas por receptores de padrão moleculares associados a patógenos (PAMP), presentes na superfície da parede celular dos vegetais, que agem ativando a imunidade desencadeada por PAMP, exercendo atividade elicitora para o controle de diversos fitopatógenos.

O controle da severidade da antracnose determinado em frutos com aplicação dos tratamentos T₃ e T₇, pode ser atribuído à indução de resistência comprovado com os dados da atividade enzimática determinada neste estudo (figs. 7 e 8). O controle utilizando o fungicida químico pode ser atribuído à melhoria nas características físicas dos frutos, servindo de barreira física, comprovado pelos resultados da perda de massa fresca (fig. 2) e de firmeza (tab. 1).

CONCLUSÃO

Dado o exposto, é possível concluir que a utilização de Caulim e Rocksil® são alternativas sustentáveis que podem ser integradas no manejo da antracnose em mangas, considerando sua eficiência equivalente ao tratamento convencional com fungicida químico.

A utilização de Caulim, Ecolife®, Pró-agrim®, Rocksil® e Fungicida Tiabendazol não alteram as características físico-químicas de mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas. Os tratamentos Caulim e Rocksil® apresentam potencial como elicitores da atividade das enzimas Polifenoloxidase e Fenilalanina amônia-liase.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por fornecer a bolsa de mestrado. Agradecemos também ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, a Universidade Federal da Paraíba e empresa FinoAgro pelo suporte necessário para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis. *In: Assoc Anal Chem*. 15. ed. Washington, 1990.
- ARDILA, Carlos Eduardo; RAMIREZ, Leonardo Alberto; ORTIZ, Flavio Augusto Prieto. Spectral analysis for the early detection of anthracnose in fruits of Sugar Mango (*Mangifera indica*). **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 173, p. 105357, 2020.
- ASSUNÇÃO, Mayara Castro; AMARAL, Ana Gabriele Gurgel; LINS, Fernando Josias Alcântara. Efeito da temperatura e de embalagens sobre a antracnose em frutos de manga cv. tommy atkins. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 35, 2018.
- BRADFORD, Marion. M. Um método rápido e sensível para a quantificação de quantidades de microgramas de proteína utilizando o princípio da ligação proteína-corante. **Bioquímica analítica**, v. 72, pág. 248, 1976.
- CAI, Chenchen et al. Effect of starch film containing thyme essential oil microcapsules on physicochemical activity of mango. **Lwt**, v. 131, p. 109700, 2020.
- CHANCE, Britton; MAEHLY A.C. Assay of catalase and peroxidase. **Methods Enzymol**. v. 2, p. 764, 1955.
- DEMARTELAERE, Andréa Celina Ferreira et al. Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, p. 211, 2017.
- EBRAHIMI, Fariba; RASTEGAR, Somayeh. Preservation of mango fruit with guar-based edible coatings enriched with *Spirulina platensis* and Aloe vera extract during storage at ambient temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 265, p. 109258, 2020.
- ESQUIVEL-CHÁVEZ, Fabiola et al. Control of mango decay using antifungal sachets containing of thyme oil modified starch agave fructans microcapsules. **Future Foods**, v. 3, p. 100008, 2021.
- GÓMEZ-MALDONADO, Deysi et al. Antifungal activity of mango kernel polyphenols on mango fruit infected by anthracnose. **Lwt**, v. 126, p. 109337, 2020.
- HU, Kai et al. Effect of mild high hydrostatic pressure treatments on physiological and physicochemical characteristics and carotenoid biosynthesis in postharvest mango. **Postharvest Biology and Technology**, v. 172, p. 111381, 2021.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2008.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola - Lavoura Permanente**. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0>. Acesso em: 06 jan. 2021.
- JOGAIAH, Sudisha et al. Exogenous priming of chitosan induces upregulation of phytohormones and resistance against cucumber powdery mildew disease is correlated with localized biosynthesis of defense enzymes. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 162, p. 1825, 2020.

- LAWSON, Tamunonengiyeofori et al. Characterization of Southeast Asia mangoes (*Mangifera indica* L) according to their physicochemical attributes. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 189, 2019.
- LIMA OLIVEIRA, Priscila Dinah et al. Control of anthracnose caused by *Colletotrichum* species in guava, mango and papaya using synergistic combinations of chitosan and *Cymbopogon citratus* (D.C. ex Nees) Stapf. essential oil. **International Journal of Food Microbiology**, v. 266, p. 87, 2018.
- LIU, Feng Xia et al. Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China. **Food Chemistry**, v. 138, p. 396, 2013.
- MAIA, Leonardo Dantas Marques et al. *Mangifera Indica* Postharvest: Evaluation of the Potential of Alternative Treatments To Control Anthracnose. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 53977, 2020.
- MARTINEZ, Janio et al. Controlling anthracnose by means of extracts, and their major constituents, from *Brosimum rubescens* Taub. **Biotechnology Reports**, v. 25, p. e00405, 2020.
- MISHRA, Puneet; WOLTERING, Ernst; EL HARCHIOUI, Najim. Improved prediction of 'Kent' mango firmness during ripening by near-infrared spectroscopy supported by interval partial least square regression. **Infrared Physics and Technology**, v. 110, p. 103459, 2020.
- NTSOANE, Makgafele Lucia; LUCA, Alexandru; ZUDE-SASSE, Manuela; SIVAKUMAR, Dharini; MAHAJAN, Pramod V. Impact of low oxygen storage on quality attributes including pigments and volatile compounds in 'shelly' mango. **Scientia Horticulturae**, v. 250, p. 174, 2019.
- OLIVEIRA, Bruno G. et al. Chemical profile of mango (*Mangifera indica* L.) using electrospray ionisation mass spectrometry (ESI-MS). **Food Chemistry**, v. 204, p. 37, 2016.
- PARADA, Roxana Y. et al. Optimization of nanofibrillation degree of chitin for induction of plant disease resistance: Elicitor activity and systemic resistance induced by chitin nanofiber in cabbage and strawberry. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 118, p. 2185, 2018.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Austria, 2020. URL <https://www.R-project.org/>.
- RASTEGAR, Somayeh; KHANKAHDANI, Hamed Hassanzadeh; RAHIMZADEH, Mahsa. Effects of melatonin treatment on the biochemical changes and antioxidant enzyme activity of mango fruit during storage. **Scientia Horticulturae**, v. 259, p. 108835, 2020.
- REYES-ESTEBANEZ, Manuela et al. Characterization of a native *Bacillus velezensis*-like strain for the potential biocontrol of tropical fruit pathogens. **Biological Control**, v. 141, p. 104127, 2020.
- SILVA, Gláucia Michelle et al. The chitosan affects severely the carbon metabolism in mango (*Mangifera indica* L. cv. Palmer) fruit during storage. **Food Chemistry**, v. 237, p. 372, 2017.
- STROHECKER, Rolf; ZARAGOZA, Frederico Mayor; HENNING, Heinz Max. **Análises de vitaminas: métodos comprovados**. Madrid, 428p, 1967.

WANG, Delong et al. Reticine A, a new potent natural elicitor: isolation from the fruit peel of *Citrus reticulata* and induction of systemic resistance against tobacco mosaic virus and other plant fungal diseases. **Pest Management Science**, v. 77, p. 354, 2020.

ZUCKER, Milton. Indução da fenilalanina desaminase pela luz e sua relação com a síntese do ácido clorogênico no tecido do tubérculo da batata. **Plant Physiology**, v. 40, p. 779, 1965.

CAPÍTULO III

INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO MANEJO PÓS-COLHEITA DA ANTRACNOSE EM MANGAS DURANTE O PERÍODO DE CONVERSÃO PARA O SISTEMA ORGÂNICO

NUNES, M. S. (Dissertação de Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Fevereiro de 2021. Indutores de resistência no manejo pós-colheita da antracnose em manga 'Tommy Atkins'. Orientador (a): Luciana Cordeiro do Nascimento.

RESISTANCE INDUCERS IN POST-HARVEST MANAGEMENT OF MANGOS ANTHRACNOSE DURING THE CONVERSION PERIOD TO THE ORGANIC SYSTEM

INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO MANEJO PÓS-COLHEITA DA ANTRACNOSE EM MANGAS DURANTE O PERÍODO DE CONVERSÃO PARA O SISTEMA ORGÂNICO

ABSTRACT: Due to the large amount of pesticides used in conventional agriculture, organic food is gaining more and more acceptance for being produced in a model of sustainable agriculture for the environment. The objective of the work was to evaluate the influence of the application of resistance elicitors in the post-harvest management of anthracnose and the physical-chemical and enzymatic changes caused during the storage of treated 'Tommy Atkins' mangoes. The experiment was conducted at the Phytopathology Laboratory, of Universidade Federal da Paraíba. The treatments used were: T1- Agro-Mos[®], T2- Bion 500 WG[®], T3- Kaolin, T4- Ecolife[®], T5- Eco-Shot[®], T6- Pro-Agrim[®], T7- Rocksil[®], T8- Control (ADE) and T9- Tiabendazole fungicide. The severity of anthracnose, physical-chemical analyzes and determination of the enzymatic activity of Peroxidase, Polyphenoloxidase and Phenylalanine ammonia lyase were evaluated. The experiment was carried out in DIC in a split plot scheme. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA), the means were compared using the Scott-Knott test ($p \leq 0.05$) between treatments and subjected to regression analysis between storage periods. The results show that the elicitors tested were efficient in reducing the severity of anthracnose and did not cause damage to physiological quality, without interfering in the physical-chemical attributes. No eliciting action was identified under the PPO enzyme and treatment with Rocksil[®] was the most efficient in stimulating the enzymatic activity of PAL at the 12th day of storage.

KEYWORDS: *Colletotrichum* sp. Disease severity. Enzymatic activity. *Mangifera indica*. Organic production. Severity.

INTRODUÇÃO

A cultura da mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma das frutíferas tropicais mais populares entre os consumidores, devido sua alta qualidade sensorial, ótimo valor nutricional, cor e sabor atraentes (Gómez-Maldonado et al., 2020; Phan et al., 2019). É abundante em compostos bioativos e antioxidantes, incluindo carotenoides, compostos fenólicos, açúcares redutores e vitamina C e sua ingestão diária tem sido relacionada à prevenção de processos degenerativos, como doenças cardiovasculares e câncer (Liu et al., 2013).

A produção de manga no Brasil em 2019 foi de 1.414.338 toneladas de frutos em uma área plantada de 67.754 hectares, o que representa um rendimento médio de 21.000 kg/ha (IBGE, 2019). O Brasil é o quarto maior exportador de frutas, atrás da Índia, México e Holanda. No entanto, cerca de 30 a 40% da produção não tem valor comercial, resultando em perdas significativas para o mercado interno e de exportação (Maia et al., 2020).

De acordo com Lima Oliveira et al. (2018), fungos da espécie *Colletotrichum gloesporioides* são relatados como os principais agentes causadores da antracnose em frutos de mangueira, mas, um recente estudo filogenético em mangueira cultivada no Nordeste brasileiro, caracterizou as espécies *C. asianum*, *C. fructicola*, *C. tropicale*, *C. siamense* e *C. karstii* como sendo também agentes etiológicos da doença.

Fungicidas sintéticos e produtos químicos são usados para estender a vida útil pós-colheita de mangas, mas estas são substâncias que podem ser tóxicas para o homem e para o meio ambiente. Portanto, métodos alternativos como radiação UV, termoterapia, extratos vegetais e óleos essenciais, além da indução de resistência de plantas a patógenos são utilizados para o manejo de doenças, sendo menos nocivos aos homens e ecossistemas (Ebrahimi; Rastegar, 2020; Martinez et al., 2020).

A resistência sistêmica induzida por elicitores é um método indireto de controle que promove uma resposta fisiológica e metabólica da planta hospedeira, levando a uma síntese de proteínas relacionadas à defesa da planta contra a infecção, bem como a formação de diferentes compostos fenólicos com características antifúngicas (Demartelaere et al., 2017; Liu et al., 2016). De acordo com Dhanya et al., (2020), a ativação de reações de defesa vegetal é medida em termos de produção aumentada de enzimas da via do fenilpropanóide, sendo elas a polifenoloxidase (PPO), fenilalanina amônia-liase (PAL), peroxidase (POX)

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da aplicação de elicitores de resistência alternativos no manejo pós-colheita da antracnose e características físico-químicas e enzimáticas durante o armazenamento de mangas 'Tommy Atkins' produzidas em período de conversão para o sistema orgânico.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia, do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

Origem e Obtenção dos frutos

As mangas da variedade 'TOMMY ATKINS' foram obtidas por meio de doação da empresa FINOAGRO (Finobrasa Agroindustrial S.A), localizada na zona rural da cidade de Ipangaçu, sob as coordenadas geográficas -5°29'54" latitude sul e -36°5'18" longitude oeste, no estado do Rio Grande do Norte.

Foram utilizadas mangas colhidas em Abril de 2019 produzidas durante o primeiro ano do período de conversão para o sistema orgânico. A utilização de agrotóxicos que não estão na lista de produtos autorizados pela IN 46/2011 foi cessada e o manejo obedece às normas do decreto nº 6.323/2007.

Tratamentos

Os tratamentos utilizados neste estudo foram: T₁- Agro-Mos[®] (3 mL. L⁻¹), T₂- Bion 500 WG[®] (0,1 g. L⁻¹), T₃- Caulim (3 g. L⁻¹), T₄- Ecolife[®] (3 mL. L⁻¹), T₅- Eco-Shot[®] (4 g. L⁻¹), T₆- Pró-Agrim[®] (3 g. L⁻¹), T₇- Rocksil[®] (3 g. L⁻¹), T₈- Controle (ADE) e T₉- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L⁻¹).

As manga utilizadas neste estudo foram padronizadas no estágio 1 de maturação (Verde Escuro) . Os frutos foram desinfestados com água corrente e sabão e imersos por três minutos em solução de hipoclorito a 1% e dupla lavagem em ADE. A aplicação dos tratamentos foi realizada por imersão dos frutos durante um minuto e posterior secagem em bandejas plásticas contendo papel absorvente por 30 minutos à temperatura ambiente. Em seguida os mesmos foram distribuídos em bandejas de poliestireno expandido e armazenados em ambiente com temperatura controlada de 25° ± 2 °C durante 12 dias após aplicação dos tratamentos.

Avaliação da severidade

A severidade da antracnose, oriunda de infecção natural foi avaliada no 12º dia de armazenamento utilizando a escala de notas adotada por Assunção et al. (2018) que variou de 1 a 5, levando em consideração a área lesionada pelas manchas necróticas nos frutos. Utilizaram-se quatro repetições por tratamento, sendo cada unidade experimental composta por dois frutos. A escala é caracterizada de acordo com as seguintes atribuições:

1. Ausência de mancha de antracnose;
2. Menos de 5% da área do fruto afetada com mancha de antracnose;
3. De 5-10% da área do fruto afetada com mancha de antracnose;
4. 10,1- 30% da área do fruto afetada com mancha de antracnose;
5. Mais de 30,1% da área do fruto afetada com mancha de antracnose.

Análises físico-químicas

As análises de firmeza e atributos químicos foram realizadas durante o armazenamento no 3º, 6º, 9º e 12º dia após o armazenamento, totalizando quatro avaliações. A avaliação da perda de massa fresca foi determinada diariamente. Utilizaram-se quatro repetições por tratamento, sendo cada unidade experimental composta por dois frutos.

Os atributos físicos avaliados foram:

- Perda de massa fresca total (PMFT): determinada pela diferença da massa no primeiro e no décimo primeiro dia de armazenamento, através da fórmula $PMFT(\%) = (P_i - P_j / P_i) \times 100$, onde P_i = peso inicial do fruto e P_j = peso do fruto no décimo primeiro. A determinação da massa foi realizada por uma balança semi-analítica UX4200 – SHIMADZU e expressa em porcentagem.
- Firmeza: determinada por meio da resistência à penetração pela utilização do penetrômetro digital (Magness Taylor PressureTester), pressionado em duas extremidades opostas na região mediana dos frutos com casca e os resultados expressos em Newtons (N).

Os atributos químicos avaliados foram:

- Potencial hidrogeniônico (pH): medido por meio de um pHmetro digital de acordo com a metodologia descrita por (AOAC, 1990).
- Vitamina C: determinado o teor de ácido ascórbico (mg/100g de polpa) através da titulometria, utilizando-se a solução de DFI (2,6 diclo-fenol-indofenol 0,02%), para obtenção da coloração final rósea clara permanente (Strohecker e Henning, 1967).
- Teor de sólidos solúveis (SS): determinado diretamente da polpa triturada, com refratômetro digital (Milwaukee MA871 Digital Brix/Sugar) e expresso em °Brix (IAL, 2008).
- Acidez titulável (AT): determinado o teor de ácido cítrico pela titulação em um extrato (1g de polpa/50 mL de água destilada), com hidróxido de sódio (NaOH, 0,1 N), utilizando-se 2 gotas de fenolftaleína como indicador e expressa em porcentagem (IAL, 2008).
- Relação SS/AT: obtida por meio do quociente entre as duas variáveis analisadas.

Atividade enzimática

As avaliações foram realizadas no 3^o e 12^o dia após aplicação dos tratamentos nos frutos, utilizando quatro repetições e a unidade experimental composta por dois frutos cada. Foi determinada a atividade enzimática da Peroxidase (POD), Polifenoloxidase (PPO) e Fenilalanina amônia-liase (PAL).

A extração da amostra para avaliação foi realizada pela maceração de 0,625g da casca em 10 mL de acetato de sódio, após a obtenção de uma massa homogênea e depositada em microtubos, centrifugadas a 12.000 rpm durante 15 minutos a -4 °C. O sobrenadante foi utilizado para determinar a atividade das enzimas. A atividade enzimática foi expressa em Unidades de Absorbância (UA).min⁻¹.mg⁻¹ de proteína.

Foi realizada a quantificação das proteínas totais pelo método proposto por Bradford (1976), utilizando Soro Albumina Bovina (BSA) como padrão. Este método consiste na detecção e quantificação de proteínas pela junção em uma cubeta de 1 mL da solução de Bradford e adicionando-se 100 µL da amostra. As amostras foram incubadas em temperatura ambiente por 15 minutos. Ao término da reação realizou-se a leitura da amostra com a absorbância de 595 nm em espectrofotômetro (GENESYSTEM 10S UV VIS).

A atividade da peroxidase (POD) foi determinada a partir da adição de 0,25 mL de extrato enzimático ao meio de reação contendo 0,25 mL de guaiacol (1,7%), 0,75 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 6,0) e 0,25 mL de H₂O₂ (1,8%), totalizando um volume de 1,5 mL. Para o branco, utilizado para zerar o espectrofotômetro, a composição foi à mesma do meio de reação, exceto o extrato enzimático que foi substituído por ADE. A atividade enzimática foi determinada em espectrofotômetro, pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 470 nm, a 25 °C. A atividade da POX foi determinada de acordo com Chance e Maehley (1955).

Para determinação da atividade da polifenoloxidase (PPO), foram adicionados 0,25 mL de extrato enzimático ao meio de reação contendo 0,25 mL de S-metil-catecol 0,6 mM e 0,75 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 6,8). Para o branco, utilizado para zerar o espectrofotômetro, a composição foi à mesma do meio de reação, exceto o extrato enzimático que substituído por ADE. As amostras foram incubadas por 15 minutos, em banho-maria a 40 °C. Após esse período, foi realizada a paralisação da atividade das amostras com adição de 0,8 mL de ácido perclórico. A determinação da atividade enzimática foi determinada em espectrofotômetro, pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 395 nm, a 25 °C, conforme Chance e Maehley (1955).

A atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) foi determinada adicionando-se 0,5 mL do extrato enzimático em tubos de ensaio com a adição de 1,5 mL da solução de tampão TRIS (0,01M, pH 8,8), 0,5 mL de solução de fenilalanina (substrato) e 0,5 mL de ADE. O branco, utilizado para zerar o espectrofotômetro, foi composto por todas as soluções do meio de reação exceto o extrato enzimático que foi substituído por ADE. Os tubos contendo as amostras foram incubados em banho-maria a 40 °C, durante 60 minutos. Em seguida as amostras foram paralisadas com a adição de 0,1 mL de ácido clorídrico a 5,0 M. A leitura foi realizada em cubeta de quartzo no espectrofotômetro pela variação da absorbância, no comprimento de onda de 290 nm, a 25 °C, conforme Zucker (1965).

Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições de dois frutos cada, em esquema de parcelas subdivididas no tempo (9 x 4). Consideraram-se os tratamentos como parcela e os períodos de armazenamento como subparcelas. As características de severidade e perda de massa fresca foram avaliadas ao 12º dias de armazenamento, enquanto a análise enzimática foi avaliada ao 3º e 12º dia de armazenamento.

A análise estatística foi realizada com o software estatístico R (R Core Team, 2020) e os resultados submetidos à análise de variância e regressão polinomial, testando-se os modelos lineares e quadrático em função do tempo de armazenamento, e as médias dos tratamentos comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS

Avaliação da severidade

A avaliação da severidade da antracnose (Fig. 1) mostrou que a aplicação de todos os elicitores testados foi eficiente para redução dos danos causados nos frutos. Os frutos controle apresentaram uma severidade média de 52,5%, o que representa o grau máximo de lesões (Assunção et al.,2018), evidenciando assim a necessidade de um manejo pós-colheita para prolongar a vida útil dos frutos.

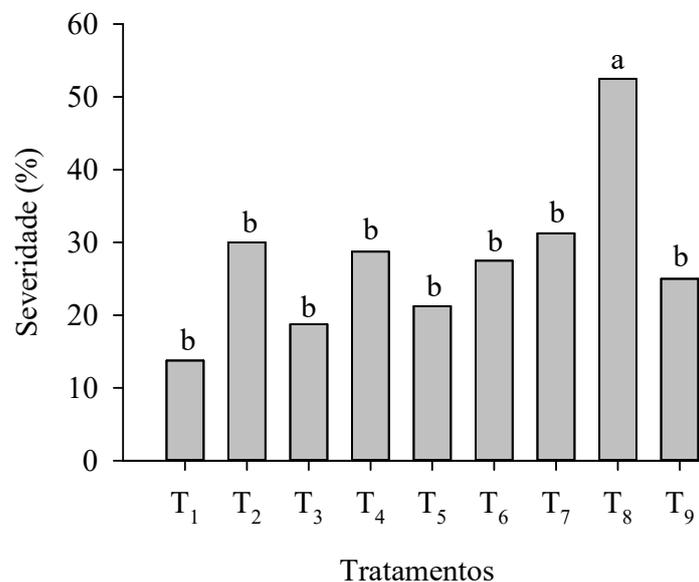


Figura 1. Severidade da antracnose em frutos de *Mangifera indica* 'Tommy Atkins' tratados com elicitores, ao 12º dia de armazenamento.

T₁- Agro-Mos[®] (3 mL. L⁻¹), T₂- Bion 500 WG[®] (0,1 g. L⁻¹), T₃- Caulim (3 g. L⁻¹), T₄- Ecolife[®] (3 mL. L⁻¹), T₅- Eco-Shot[®] (4 g. L⁻¹), T₆- Pró-Agrim[®] (3 g. L⁻¹), T₇- Rocksil[®] (3 g. L⁻¹), T₈- Controle (ADE) e T₉- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L⁻¹). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Análises físico-químicas

A perda de massa fresca dos frutos não foi comprometida com a aplicação dos elicitores testados neste estudo, pois nenhum tratamento apresentou diferença estatística. Os frutos controle ao final do período de armazenamento, que durou 12 dias em temperatura ambiente, apresentaram uma perda média equivalente a 7,9% de sua massa fresca inicial.

Os resultados da avaliação da firmeza (Tab. 1) mostraram que houve diferença significativa entre os períodos de armazenamento em todos os tratamentos, e foi verificada perda de firmeza durante a fase de armazenamento dos frutos. Ao 3º dia, T₃ e T₈ foram os que apresentaram a maior média de firmeza, ao 6º dia o T₃ se manteve com o melhor resultado junto com o T₁ e no 9º dia o T₅ foi o melhor tratamento na manutenção da firmeza dos frutos.

Não foi identificada diferença estatística ao 12º dia entre os tratamentos, sendo assim, é possível considerar que a aplicação dos tratamentos não causa danos fisiológicos ao metabolismo dos frutos, pois todos atingiram o mesmo estágio de maturação, de acordo com a uniformidade dos valores médios de firmeza. Este dado é relevante, pois garante que após o período de armazenamento, os frutos continuaram com a mesma qualidade de polpa.

Para o teor de vitamina C (Tab. 1), os tratamentos T1 e T9 não se ajustaram a nenhum modelo de regressão, para os demais tratamentos foi identificada diferença estatística entre os períodos de armazenamento avaliados, em que ocorreu uma elevação dos teores. Os tratamentos não apresentaram diferença entre si ao 3º e 6º dia, sendo o T2 e T7 os melhores tratamentos para elevar os teores, pois foram as maiores médias que se mantiveram ao 9º e 12º dia.

Tabela 1. Valores médios e equações de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação para firmeza (N) e vitamina C (mg 100 g⁻¹) em frutos de *Mangifera indica* ‘Tommy Atkins’ tratados com elicitores e avaliados em quatro períodos de armazenamento.

Tratamentos	Firmeza (N)				Eq. regressão	R ²
	Períodos de armazenamento (dias)					
	3	6	9	12		
T ₁	40,29 c	55,37 a	3,18 b	0,28 a	$\hat{y} = 45,37 + 1,75 x - 0,50^* x^2$	0,69
T ₂	58,01 b	28,41 c	4,44 b	0,16 a	$\hat{y} = 103,78 - 17,13 x + 0,70^{**} x^2$	0,99
T ₃	65,46 a	48,92 a	3,29 b	0,28 a	$\hat{y} = 89,77 - 8,04^{**} x$	0,90
T ₄	47,06 c	41,78 b	3,00 b	0,22 a	$\hat{y} = 67,84 - 5,98^{**} x$	0,86
T ₅	50,79 c	34,72 c	21,83 a	0,62 a	$\hat{y} = 67,84 - 5,45^{**} x$	0,99
T ₆	59,95 b	41,38 b	4,80 b	0,64 a	$\hat{y} = 80,32 - 7,15^{**} x$	0,92
T ₇	58,32 b	34,13 c	4,44 b	0,51 a	$\hat{y} = 100,46 - 15,21 x + 0,56^* x^2$	0,97
T ₈	71,97 a	29,40 c	5,02 b	0,40 a	$\hat{y} = 133,90 - 23,78 x + 1,05^{**} x^2$	0,99
T ₉	55,19 b	36,84 c	5,21 b	0,84 a	$\hat{y} = 73,19 - 6,49^{**} x$	0,93
CV (%)	34,54					
Tratamentos	Vitamina C (mg 100 g ⁻¹)				Eq. regressão	R ²
	Períodos de armazenamento (dias)					
	3	6	9	12		
T ₁	21,27 a	13,37 a	24,48 b	25,01 b	$\hat{y} = 21,03$	–
T ₂	20,33 a	12,75 a	31,56 a	30,36 a	$\hat{y} = 11,52 + 1,63^{**} x$	0,50
T ₃	16,74 a	11,94 a	27,90 b	32,36 a	$\hat{y} = 18,11 - 1,76 x + 0,26^* x^2$	0,80
T ₄	13,54 a	13,70 a	30,67 a	26,66 b	$\hat{y} = 7,06 + 1,88^{**} x$	0,67
T ₅	16,77 a	14,29 a	24,50 b	28,80 b	$\hat{y} = 9,52 + 1,54^{**} x$	0,78
T ₆	17,91 a	15,35 a	27,55 b	38,05 a	$\hat{y} = 22,88 - 3,02 x + 0,36^{**} x^2$	0,95
T ₇	19,67 a	13,50 a	31,44 a	33,88 a	$\hat{y} = 20,24 - 1,57 x + 0,24^* x^2$	0,72
T ₈	18,22 a	15,16 a	26,59 b	30,94 a	$\hat{y} = 10,32 + 1,65^{**} x$	0,76
T ₉	17,30 a	10,95 a	31,84 a	25,60 b	$\hat{y} = 21,42$	–
CV (%)	15,18					

T1- Agro-Mos® (3 mL. L-1), T2- Bion 500 WG® (0,1 g. L-1), T3- Caulim (3 g. L-1), T4- Ecolife® (3 mL. L-1), T5- Eco-Shot® (4 g. L-1), T6- Pró-Agrim® (3 g. L-1), T7- Rocksil® (3 g. L-1), T8- Controle (ADE) e T9- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L-1).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). *, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Os frutos apresentaram diferença estatística ($R^2 = 0,93$) entre os períodos de armazenamento para sólidos solúveis (SS) (Fig. 2A), sendo o máximo valor atingido ao 6º dia, com uma média de 11,5 °Brix. A acidez titulável (AT) (Fig. 2B) apresentou diferença estatística ($R^2 = 0,70$) entre os períodos de armazenamento, ocorrendo um declínio desta variável ao longo dos dias, com 4,1 sendo a maior média determinada ao 6º dia.

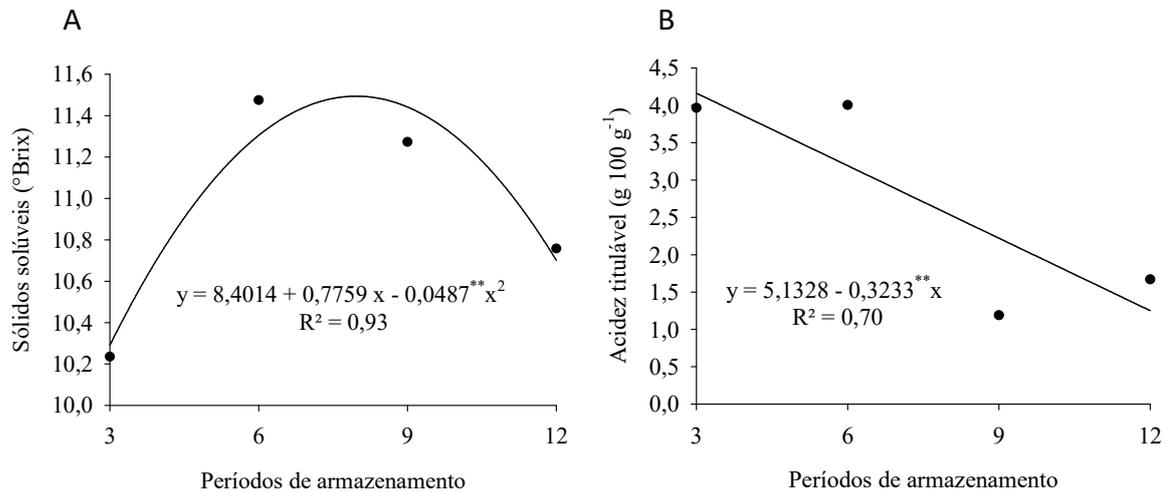


Figura 2. A- Teor de sólidos solúveis (°Brix) e B- Acidez titulável (g 100 g⁻¹) em frutos orgânicos de Mangifera indica ‘Tommy Atkins’ tratados com elicitores e avaliados em quatro períodos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 dias).

T1- Agro-Mos® (3 mL. L-1), T2- Bion 500 WG® (0,1 g. L-1), T3- Caulim (3 g. L-1), T4- Ecolife® (3 mL. L-1), T5- Eco-Shot® (4 g. L-1), T6- Pró-Agrim® (3 g. L-1), T7- Rocksil® (3 g. L-1), T8- Controle (ADE) e T9- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L-1).

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Não foi verificada diferença estatística entre os tratamentos testados neste estudo para os atributos sólidos solúveis e acidez titulável, podendo então entender-se que o manejo pós-colheita dos frutos com a aplicação de elicitores não influencia o metabolismo de açúcares e ácido cítrico em mangas ‘Tommy Atkins’ orgânicas.

Houve diferença estatística entre os períodos de armazenamento para a variável relação SS/AT (Fig. 3A), e seu clímax ocorreu no 9º dia de armazenamento com uma média de 10,4. O pH em mangas (Fig. 3B) que inicialmente era ácido (pH = 3,7), atingiu seu clímax ao 12º dia tornando-se um fruto de composição básica (pH = 11,4). Estas características não sofreram influência dos tratamentos, pois não foi verificada diferença estatística entre nenhum tratamento avaliado.

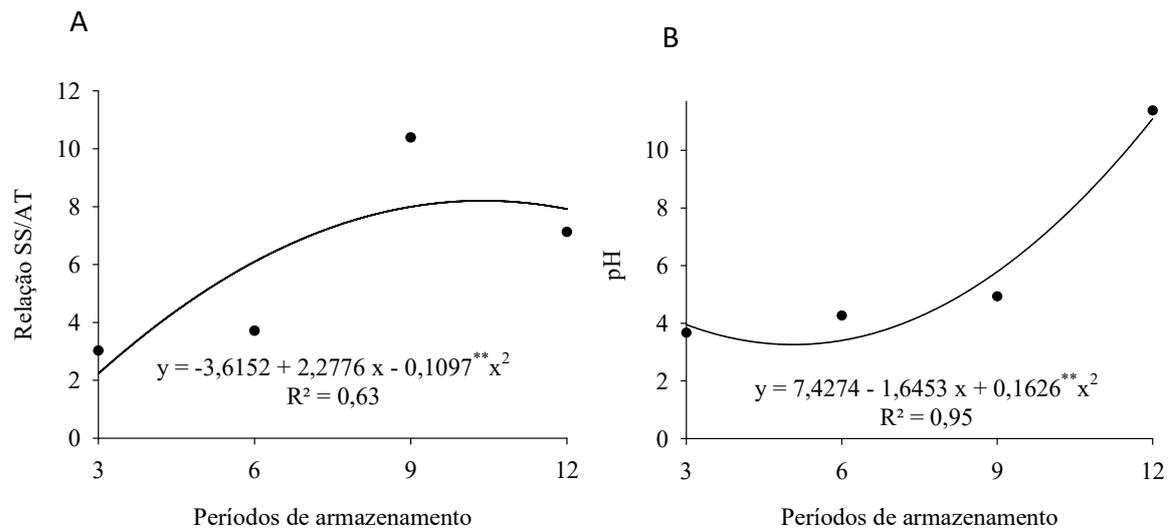


Figura 3. A- Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) e B- Potencial hidrogeniônico (pH) em frutos orgânicos de *Mangifera indica* 'Tommy Atkins' tratados com elicitores e avaliados em quatro períodos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 dias).

T1- Agro-Mos® (3 mL. L-1), T2- Bion 500 WG® (0,1 g. L-1), T3- Caulim (3 g. L-1), T4- Ecolife® (3 mL. L-1), T5- Eco-Shot® (4 g. L-1), T6- Pró-Agrim® (3 g. L-1), T7- Rocksil® (3 g. L-1), T8- Controle (ADE) e T9- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L-1).

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Atividade enzimática

Nos frutos utilizados neste estudo não foi determinada atividade significativa da enzima Peroxidase em nenhum período de armazenamento, necessitando assim de estudos complementares para investigar a causa da inibição desta enzima nos frutos, incluindo as fases da pré-colheita, do transporte, da pós-colheita e preparação dos extratos enzimáticos.

A atividade da Polifenoloxidase (PPO) em frutos de manga foi de 0,08 e 0,09 UA min⁻¹ mg⁻¹ de proteína no 3º e 12º dia, respectivamente. A aplicação de Ecolife® promoveu uma atividade enzimática de 0,17 UA min⁻¹ mg⁻¹ de proteína no 3º dia e a aplicação de Eco-shot® uma atividade enzimática de 0,2 UA min⁻¹ mg⁻¹ de proteína no 12º dia de armazenamento.

A enzima PPO não apresentou diferença estatística entre as amostras coletadas no 3º e no 12º dia de armazenamento, e também não apresentou diferença estatística entre os tratamentos aplicados. De acordo com estes resultados, foi verificado que a aplicação dos elicitores não foi eficiente para incrementar a atividade da PPO em mangas 'Tommy Atikins' orgânicas.

A atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) (Fig. 4) apresentou diferença entre os períodos avaliados e foi verificada uma maior atividade no 3º dia em frutos tratados com T₁, T₂, T₆ e T₉ e no 12º dia nos frutos tratados com Rocksil®. O tratamento com aplicação de Rocksil® gerou uma inibição da atividade da PAL no 3º dia, onde foi determinada uma média inferior à média dos frutos controle (T8), mas no 12º dia promoveu a maior atividade enzimática entre todos os tratamentos testados.

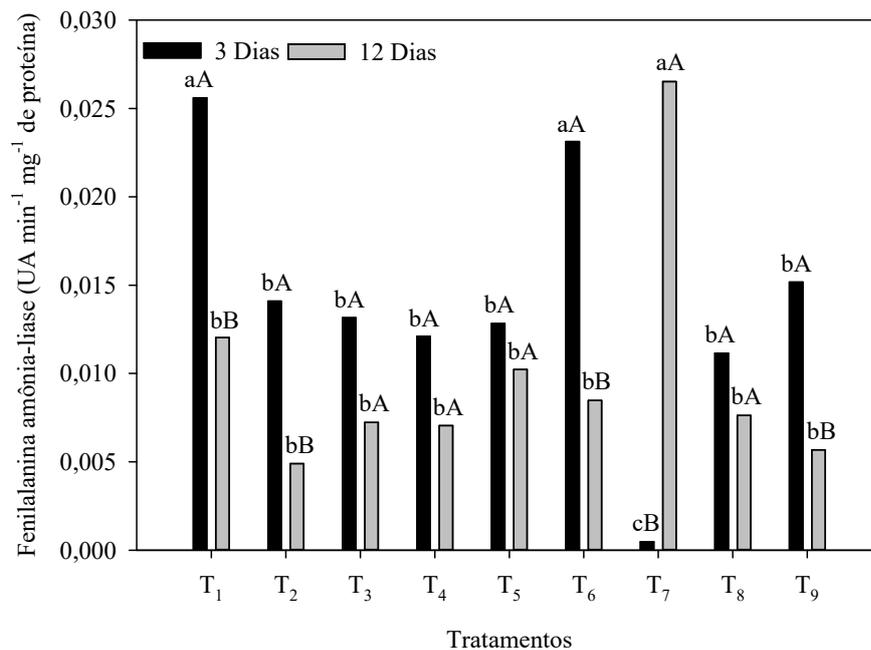


Figura 4. Atividade enzimática da fenilalanina amônia-liase (PAL) em frutos de *Mangifera indica* 'Tommy Atkins' tratados com elicitores em diferentes períodos de armazenamento.

T₁- Agro-Mos[®] (3 mL. L⁻¹), T₂- Bion 500 WG[®] (0,1 g. L⁻¹), T₃- Caulim (3 g. L⁻¹), T₄- Ecolife[®] (3 mL. L⁻¹), T₅- Eco-Shot[®] (4 g. L⁻¹), T₆- Pró-Agrim[®] (3 g. L⁻¹), T₇- Rocksil[®] (3 g. L⁻¹), T₈- Controle (ADE) e T₉- Fungicida Tiabendazol (4 mL. L⁻¹). Médias seguidas por mesmas letras minúsculas (compara tratamentos dentro de cada período) e maiúsculas (compara períodos dentro de cada tratamento), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

DISCUSSÃO

Em todos os tratamentos avaliados houve incidência de *Colletotrichum* sp.. LIMA OLIVEIRA et al.(2018) afirmaram que os tratamentos aplicados no controle da antracnose vão perdendo seu efeito inibitório ao longo do período de armazenamento devido ao amadurecimento dos frutos, onde a suscetibilidade a fungos fitopatogênicos aumenta.

A aplicação de todos os elicitores foram eficientes para reduzir a severidade de antracnose em mangas orgânicas devido à alta incidência natural de *Colletotrichum* sp. oriunda do campo de cultivo, uma vez que a ausência de manejo fitossanitário com agrotóxicos contribui para uma boa adaptação e desenvolvimento fúngico proporcionado pelo microclima dos pomares (oferta de luz, água e nutrientes)(Merle et al., 2020).

De acordo com OLIVEIRA et al.(2017a), a utilização de tratamentos pós-colheita utilizando quitosana combinada com óleo essencial em manga 'Tommy Atkins', durante 15 dias de armazenamento, apresentaram severidade semelhante ou inferior à aplicação de fungicidas químicos (tiofanato-metílico e difenoconazol).

Os resultados das análises físico-químicas estão de acordo com os resultados encontrados por Oliveira et al.(2017b); Pacheco et al.(2017); Silva et al.(2020) e Almeida et al.(2020). Lin et al., (2020) afirmam que a aplicação substâncias como quitosana e óxido nítrico possuem a capacidade de reduzir o conteúdo de espécies reativas de oxigênio (ROS), contribuindo assim para suprimir o desenvolvimento de doenças e estender a vida de armazenamento de produtos frescos. Com isso, é possível constatar que os tratamentos utilizados nesse estudo suprimem a produção de ROS e não provocam distúrbios fisiológicos nos frutos.

O processo de senescência, lesão por frio, infecção por patógenos, tratamento com fungicida e peróxido de hidrogênio podem induzir um acúmulo excessivo de espécies reativas de oxigênio ROS, que estimulam a peroxidação lipídica das membranas, resultando em um conteúdo aprimorado de malondialdeído, que é um produto final tóxico da peroxidação de lipídeos da membrana celular e leva à perda de capacidade de armazenamento, declínio da qualidade e encurtamento da vida útil de produtos frescos (Lin et al., 2020).

O teor de vitamina C é um atributo almejado devido sua propriedade antioxidante, sendo utilizada no tratamento e prevenção de um vasto número de doenças, tais como diabetes, cataratas, glaucoma, degeneração macular, arteriosclerose, derrame cerebral, doenças cardíacas e formação de colágeno (Soares; Silva, 2020).

De acordo com Jin et al. (2003) as injúrias provocadas pelo frio e falta de água são acompanhadas por um processo de aclimação, desencadeando um aumento da atividade da enzima ascorbatoperoxidase, que inativa peróxido de hidrogênio oxidando a vitamina C. De acordo com este estudo, a oxidação da vitamina C aumenta a capacidade de defesa dos vegetais.

A enzima PPO tem sido relacionada ao mecanismo de defesa contra herbívoros e patógenos porque oxidam compostos fenólicos quando o tecido é danificado. A enzima entra em contato com os compostos fenólicos após serem liberados com a ruptura do vacúolo pelo mecanismo de penetração dos patógenos, que servem de sinal para iniciar a ativação da resistência sistêmica adquirida (Zhang et al., 2008).

Assim, é possível concluir que o *Colletotrichum* sp. causador da antracnose em frutos de mangas infectam os frutos ainda no campo de produção e permanecem latentes até o amadurecimento, pois nenhum tratamento diferiu entre os períodos avaliados, ou seja, não houve invasão durante o período de armazenamento, já que não houve incremento da atividade da PPO.

A aplicação de Rocksil® foi o tratamento com melhor capacidade elicitora da atividade enzimática da PAL, o que indica que a interação com os frutos promoveu a ativação da resistência sistêmica adquirida. PAL é a primeira enzima na via fenilpropanóide que liga o metabolismo primário e secundário e está envolvida na biossíntese do ácido salicílico (SA), um hormônio vegetal importante associado à expressão do gene PR-1, que age na ativação das respostas protetoras contra patógenos (Abdelkhalek et al., 2020).

A indução de resistência das plantas a patógenos é constatada com aumento da atividade da PPO, pois esta é uma enzima que participa do processo de lignificação durante a invasão por patógenos, produz compostos fenólicos com ação fungitóxica (Maia et al., 2020). Estes mesmos autores afirmam que um incremento na atividade da PAL é um indicador relevante da ativação da resistência sistêmica adquirida, tendo em vista que ela é uma enzima fundamental para iniciar o mecanismo de defesa vegetal.

CONCLUSÃO

Por todos estes aspectos, é possível concluir que as aplicações dos tratamentos testados neste estudo foram eficientes no manejo pós-colheita da antracnose em mangas produzidas em período de conversão para o sistema de cultivo orgânico, e não provocaram desordens fisiológicas aos frutos armazenados.

Nenhum tratamento avaliado neste estudo apresentou efeito elicitor sob a enzima Polifenoloxidase em mangas 'Tommy Atikins'. O tratamento com aplicação de Rocksil® apresentou o maior incremento na atividade da Fenilalanina amônia-liase ao final do período de armazenamento.

A aplicação de Bion®, Caulim, Pró-agrim® e Rocksil® em frutos de manga promoveram os melhores teores de vitamina C ao final do período de armazenamento, enquanto que a aplicação de Agro-Mos®, Ecolife®, Eco-shot® e Fungicida Tiabendazol causou uma maior degradação, ou seja, os frutos apresentaram teores menores que os frutos controle.

RESUMO: Devido a grande quantidade de agrotóxicos utilizada na agricultura convencional, o alimento orgânico vem ganhando cada vez mais aceitação por ser produzido em um modelo de agricultura sustentável para o meio ambiente. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da aplicação de elicitores de resistência no manejo pós-colheita da antracnose e as alterações físico-químicas e enzimáticas provocadas durante o armazenamento de mangas 'Tommy Atkins' tratadas. O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia, da Universidade Federal da Paraíba. Os tratamentos utilizados foram: T₁- Agro-Mos[®], T₂- Bion 500 WG[®], T₃- Caulim, T₄- Ecolife[®], T₅- Eco-Shot[®], T₆- Pró-Agrim[®], T₇- Rocksil[®], T₈- Controle (ADE) e T₉- Fungicida Tiabendazol. Foram avaliadas a severidade da antracnose, análises físico-químicas e determinação da atividade enzimática da Peroxidase, Polifenoloxidase e Fenilalanina amônia-liase. O experimento foi conduzido em DIC em esquema de parcela subdividida. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) entre tratamentos e submetidas à análise de regressão entre os períodos de armazenamento. Os resultados mostram que os elicitores testados foram eficientes para redução severidade de antracnose e não gerou danos a qualidade fisiológica, não interferindo nos atributos físico-químicos. Não foi identificada ação elicitora sob a enzima PPO e o tratamento com Rocksil[®] foi o mais eficiente no estímulo da atividade enzimática da PAL ao 12^o dia de armazenamento.

PALAVRAS-CHAVE: Atividade enzimática. *Colletotrichum* sp. Gravidade da doença. *Mangifera indica*. Produção orgânica. Severidade.

REFERÊNCIAS

ABDELKHALEK, A.; AL-ASKAR, A. A.; HAFEZ, E. Differential induction and suppression of the potato innate immune system in response to *Alfalfa mosaic virus* infection. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 110, p. 101485, 2020. <<https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2020.101485>>.

ALMEIDA, C. V. D. M. et al. Avaliação da influência da temperatura nos parâmetros físico-químicos do subproduto da manga (*Mangifera indica* L. cv. Tommy Atkins) para fins de uso alimentício. **Revista Geama**, v. 6, n. 1, p. 51–57, 2020.

AOAC - Association Of Official Agricultural Chemists. Official methods of analysis. **Assoc Anal Chem**. 15^o ed, 1990. Washington, 1990.

ASSUNÇÃO, M. C.; AMARAL, A. G. G.; LINS, F. J. A. Efeito da temperatura e de embalagens sobre a antracnose em frutos de manga cv. Tommy Atkins. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 35, 2018.

BRADFORD, Marion. M. Um método rápido e sensível para a quantificação de quantidades de microgramas de proteína utilizando o princípio da ligação proteína-corante. **Bioquímica analítica**, v. 72, pág. 248, 1976.

CHANCE, Britton; MAEHLY A.C. Assay of catalase and peroxidase. **Methods Enzymol**. v. 2, p. 764, 1955.

DHANYA, S. et al. *Pseudomonas taiwanensis* (MTCC11631) mediated induction of systemic resistance in *Anthurium andreaeanum* L against blight disease and visualisation of defence related secondary metabolites using confocal laser scanning microscopy. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 24, p. 101561, 2020.

DEMARTELAERE, A. C. F. et al. Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 2, p. 211, 2017.

EBRAHIMI, F.; RASTEGAR, S. Preservation of mango fruit with guar-based edible coatings enriched with *Spirulina platensis* and *Aloe vera* extract during storage at ambient temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 265, p. 109258, 2020. <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109258>>.

GÓMEZ-MALDONADO, D. et al. Antifungal activity of mango kernel polyphenols on mango fruit infected by anthracnose. **Lwt**, v. 126, p. 109337, 2020. <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109337>>.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4^o ed. São Paulo, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola - Lavoura Permanente**. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0>. Acesso em: 06 jan. 2021.

JIN, Y. H. et al. Environmental stresses and redox status of ascorbate. **Acta Botanica Sinica**, v. 45, n. 7, p. 795, 2003.

LIMA OLIVEIRA, P. D. et al. Control of anthracnose caused by *Colletotrichum* species in guava, mango and papaya using synergistic combinations of chitosan and *Cymbopogon citratus* (D.C. ex Nees) Stapf. essential oil. **International Journal of Food Microbiology**, v. 266, p. 87, 2018. <<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.11.018>>.

LIN, YUZHAO; CHEN, G.; LIN, H.; et al. Chitosan postharvest treatment suppresses the pulp breakdown development of longan fruit through regulating ROS metabolism. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 165, p. 601, 2020. <<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.194>>.

LIU, F. X. et al. Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China. **Food Chemistry**, v. 138, n. 1, p. 396, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.111>>.

LIU, K. et al. Induction of systemic resistance in Chinese cabbage against black rot by plant growth-promoting rhizobacteria. **Biological Control**, v. 99, p. 8, 2016. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.04.007>>.

MAIA, L. D. M. et al. *Mangifera indica* Postharvest: Evaluation of the Potential of Alternative Treatments To Control Anthracnose. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 53977, 2020. <DOI:10.34117/bjdv6n7-880>.

MARTINEZ, J. et al. Controlling anthracnose by means of extracts, and their major constituents, from *Brosimum rubescens* Taub. **Biotechnology Reports**, v. 25, 2020. <<https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00405>>.

MERLE, I. et al. Forecast models of coffee leaf rust symptoms and signs based on identified microclimatic combinations in coffee-based agroforestry systems in Costa Rica. **Crop Protection**, v. 130, p. 105046, 2020. <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105046>>.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 46, de 06 de outubro de 2011. Regulamento Técnico Para Os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal . Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/vigilancia-agropecuaria/ivegetal/bebidas-arquivos/instrucao-normativa-no-46-de-6-de-outubro-de-2011.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

OLIVEIRA, K. Á. R. et al. Synergistic mixtures of chitosan and *Mentha piperita* L. essential oil to inhibit *Colletotrichum* species and anthracnose development in mango cultivar Tommy Atkins. **Food Microbiology**, v. 66, p. 96, 2017a. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2017.04.012>>.

OLIVEIRA, M. N. et al. Caracterização físico- química de polpas de manga ' Rosa ' liofilizadas Physical-chemical characterization of freeze-dried mango ' Rosa ' pulps. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, p. 902, 2017b. <DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v12i5.4756>>.

PACHECO, A. L. V. et al. Interação entre copa e porta-enxerto: 1. efeito nos componentes de produção da videira Cabernet Sauvignon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 1, p. 1, 2017. <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017939>>.

PHAN, K. T. K. et al. Gliding arc discharge non-thermal plasma for retardation of mango anthracnose. **Lwt**, v. 105, p. 142–148, 2019. <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.012>>.

Presidência da República. Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei no 10.831, de 23 de Dezembro de 2003, Que compõe Sobre A Agricultura Orgânica, e Dá Outras Providências . Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Decreto/D6323.htm. Acesso em: 05 jan. 2021>.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Austria, 2020. URL <https://www.R-project.org/>.

SILVA, M. E. DOS S. et al. Melhoramento Do Processamento Mínimo Da Manga (*Mangifera indica* L. Var Tommy Atkins). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 12409, 2020. <DOI:10.34117/bjdv6n3-197>.

SOARES, M. F.; SILVA, D. XAVIER. Investigação De Compostos Bioativos E Atividade Antioxidante Em Frutos Do Cerrado Tocantinense. **Revista Cereus**, v. 12, n. 1, p. 64, 2020. <DOI: 10.18605/2175-7275/cereus.v12n1p64-76>.

STROHECKER, Rolf; ZARAGOZA, Frederico Mayor; HENNING, Heinz Max. **Análises de vitaminas: métodos comprovados**. Madrid: Paz Montolvo; 1967. 428p.

ZHANG, S.; ZHANG, F.; HUA, B. Enhancement of Phenylalanine Ammonia Lyase, Polyphenoloxidase, and Peroxidase in Cucumber Seedlings by *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) Infestation. **Agricultural Sciences in China**, v. 7, n. 1, p. 82, 2008.

ZUCKER, Milton. Indução da fenilalanina desaminase pela luz e sua relação com a síntese do ácido clorogênico no tecido do tubérculo da batata. **Plant Physiology** , v. 40, n. 5, p. 779, 1965.

CONCLUSÕES GERAIS

Diante do exposto, é possível concluir que a utilização de elicitores não altera as características físico-químicas de mangas ‘Tommy Atikins’ convencionais e em período de conversão para o sistema orgânico, sendo uma alternativa sustentável para o manejo pós-colheita da cultura.

A utilização de Caulim, Ecolife®, e Rocksil® são alternativas eficientes no manejo da antracnose de mangas oriundas da agricultura convencional, considerando o potencial como eliciadores enzimáticos apresentado neste estudo.

Os elicitores alternativos testados neste estudo mostram-se como uma alternativa satisfatória para o manejo da antracnose em mangas ‘Tommy Atikins’ em período de conversão para o sistema orgânico, considerando sua eficiência equivalente ao tratamento convencional, sem comprometer a credibilidade do alimento orgânico.

Não foi verificado incremento na atividade da enzima Polifenoloxidase com aplicação dos elicitores testados em mangas produzidas em período de conversão para o sistema orgânico. A utilização de Rocksil® foi o tratamento com maior potencial elicitor sobre a enzima fenilalanina amônia-liase após o período de armazenamento de 12 dias.

A severidade da antracnose em mangas convencionais foi de 12,5%, enquanto em mangas em período de conversão para o sistema orgânico a severidade foi de 52,5%. Estes dados evidenciam que frutos que não recebem tratamento fitossanitário no campo durante a fase de produção, são mais susceptíveis ao fungo *Colletotrichum* spp.