

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 24/02/2023.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESENVOLVIMENTO DE RECOBRIMENTOS CONTENDO
MICOSPORINA TIPO AMINOÁCIDO (MAA) PARA O
CONTROLE DE ESCALDADURA EM FRUTOS DE
LARANJEIRA (*Citrus sinensis* L.)**

Vanessa Maria Dantas Pedrosa

Engenheira Agrônoma

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESENVOLVIMENTO DE RECOBRIMENTOS CONTENDO
MICOSPORINA TIPO AMINOÁCIDO (MAA) PARA O
CONTROLE DE ESCALDADURA EM FRUTOS DE
LARANJEIRA (*Citrus sinensis* L.)**

Discente: Vanessa Maria Dantas Pedrosa

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Henrique de Almeida Teixeira

Coorientadora: Profa. Dra. Priscila Lupino Gratão

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

P372d Pedrosa, Vanessa Maria Dantas
Desenvolvimento de recobrimentos contendo micosporina tipo aminoácido (MAA) para o controle de escaldadura em frutos de laranjeira (*Citrus sinensis* L.) / Vanessa Maria Dantas Pedrosa. -- Jaboticabal, 2021
90 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Gustavo Henrique de Almeida Teixeira
Coorientadora: Priscila Lupino Gratão

1. Caracterização. 2. Emulsão. 3. Estabilidade. 4. Helioguard™ 365. 5. *Porphyra umbilicalis*. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

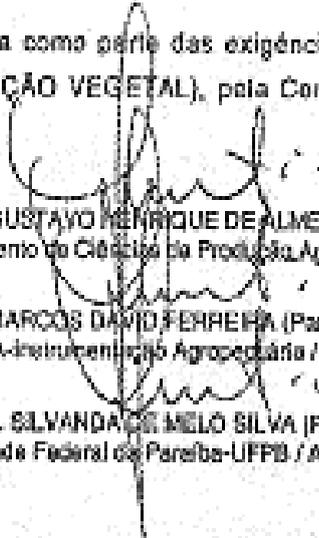
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DESENVOLVIMENTO DE RECOBRIMENTOS CONTENDO MICOSPORINA TIPO AMINOÁCIDO (MAA) PARA O CONTROLE DE ESCALDADURA EM FRUTOS DE LARANJEIRA (Citrus sinensis L.)

AUTORA: VANESSA MARIA DANTAS PEDROSA

ORIENTADOR: GUSTAVO HENRIQUE DE ALMEIDA TEIXEIRA

COORIENTADORA: PRISCILA LUPINO GRATÃO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. GUSTAVO HENRIQUE DE ALMEIDA TEIXEIRA (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Produção Vegetal) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. MARCOS DAVID FERREIRA (Participação Virtual)
EMBRAPA-Instituição Agropecuária / São Carlos - SP

Profa. Dra. SILVANDA DE MELO SILVA (Participação Virtual)
Universidade Federal de Paraíba-UFPB / Areia/PB

Jaboticabal, 24 de fevereiro de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

VANESSA MARIA DANTAS PEDROSA - Nasceu em 09 de março de 1995 no município de Mamanguape, Paraíba. Ingressou no curso de Agronomia em 2014 na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus de Areia. Neste período iniciou seus estudos na área de tecnologia pós-colheita de frutos sob orientação da Profa. Dra. Silvanda de Melo e Silva enquanto bolsista PIBIC (2 anos). Após a obtenção do título de Engenheira Agrônoma, em 2018, ingressou no Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Campus de Jaboticabal, em março de 2019. Durante o Mestrado se dedicou ao desenvolvimento de recobrimentos visando ao controle da escaldadura em frutos de laranja, bem como, no entendimento do metabolismo oxidativo sob a orientação do Prof. Dr. Gustavo Henrique de Almeida Teixeira. Atualmente é aluna do curso de Doutorado do referido programa de pós-graduação.

DEDICO

Aos meus pais, Geraldo Pedrosa e Silva e Maria
Josinete Dantas; e a família por todo amor e apoio.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais Geraldo e Josinete, pelo apoio e compreensão ao longo de todos os anos que dediquei a minha formação, mas principalmente por todo amor a mim dispensado. A minha irmã Viviane e meus familiares, que assim com meus pais, me ofereceram apoio, amizade amor e compreensão.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gustavo Henrique de Almeida Teixeira, pela oportunidade e por toda dedicação e conhecimentos compartilhados ao longo desses dois anos.

À minha coorientadora Profa. Dra. Priscila Lupino Gratão, por todo auxílio e ensinamentos.

Aos colegas e professores da Pós-graduação, pelos conhecimentos transmitidos, conversas e parcerias ao longo do caminho.

Aos professores membros do Exame Geral de Qualificação: Rogério Falleiros Carvalho e Luciana Maria Saran, e aos professores membros da Banca de Defesa: Marcos David Ferreira e Silvanda de Melo Silva, pela disponibilidade e por todas as contribuições.

Aos companheiros do grupo FrutUnesp, sempre dispostos a ouvir e ajudar, auxiliando não só na condução do experimento, como também pelo compartilhamento de conhecimento.

As amigas de tantos anos, Gisele, Silvana e Cristiane, pela amizade.

Aos incríveis amigos que fiz ao longo destes anos de pós-graduação, Alex Sanches, Clebson Praxedes, Eduarda Reis, João Duarte, Kassia Ferreira, Klever Canteral, Lígia de Paula, Marcilene Sarah e Maryelle Barros, pela amizade, apoio, pelas palavras de conforto nos momentos de aflição e pelos momentos tão especiais que compartilhamos.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro (nº do processo: 2019/15083-5).

À todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a execução deste trabalho.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE ABREVIATURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais	1
1. Introdução.....	1
2. Revisão de Literatura.....	4
2.1. Panorama da fruticultura brasileira.....	4
2.2. A laranjeira.....	5
2.3. Desordens fisiológicas - escaldadura.....	7
2.4. Estratégias de controle da escaldadura.....	10
2.5. Recobrimentos.....	12
2.5.1. Base lipídica.....	13
2.6. Radiação ultravioleta (UV) e micospóridias tipo aminoácidos (MAAs).....	14
2.6.1. Helioguard™ 365.....	16
3. Referências.....	17
CAPÍTULO 2 - Recobrimentos lipídicos e adição de micospóridias tipo aminoácido como barreira química a radiação UV para o controle de escaldadura na pré-colheita de produtos hortícolas	27
1. Introdução.....	28
2. Material e Métodos.....	30
2.1. Reagentes.....	30
2.2. Desenvolvimento dos recobrimentos.....	31
2.3. Caracterização dos recobrimentos.....	32
2.4. Estabilidade das emulsões.....	33
2.5. Análise estatística.....	34
3. Resultados e Discussão.....	35
3.1. Desenvolvimento dos recobrimentos.....	35
3.2. Estabilidade dos recobrimentos.....	40
3.3. Recobrimentos com MAA.....	44

3.4. Caracterização do recobrimento contendo MAA.....	45
3.5. Estabilidade do recobrimento contendo MAA	48
4. Conclusões.....	51
5. Referências	52
CAPÍTULO 3- Recobrimentos lipídicos adicionados de micosporinas tipo aminoácido (MAA) para o controle de escaudadura em frutos de laranjeiras (<i>Citrus sinensis</i> L)	58
1. Introdução	59
2. Material e Métodos.....	62
2.1. Reagentes	62
2.2. Material vegetal e condução do experimento	62
2.3. Incidência de escaudadura	63
2.4. Análises físico-químicas	64
2.5. Metabolismo oxidativo	65
2.6. Análise estatística.....	66
3. Resultados	67
3.1. Laranjas ‘Hamlin’	67
3.2. Laranjas ‘Pera-Rio’	71
3.3. Laranjas ‘Valência’	75
4. Discussão.....	78
5. Conclusões	80
6. Referências	80
Capítulo 4 – Considerações Finais	85
APÊNDICES	87
APÊNDICE A – Tratamentos da cultivar ‘Pera-Rio’. Frutos dos grupos: controle positivo (hidróxido de cálcio – C+), controle negativo (sem cobertura – C-), 0% de Helioguard™ 365 (fonte dos MAAs) (0 MAA), 1% de Helioguard™ 365 (fonte dos MAAs) (1 MAA), 2% de Helioguard™ 365 (fonte dos MAAs) (2 MAA) e 4% de Helioguard™ 365 (fonte dos MAAs) (4 MAA).....	88
APÊNDICE B - (A e B) Laranjeiras com folhas secas e (C) frutos injuriados (escaudados, murcho e necrosados), apresentando sinais de deficiência hídrica.....	89
APÊNDICE C - Dados climatológicos referentes aos meses de janeiro a setembro de 2020 da área experimental da Fundação Coopercitrus, município de Bebedouro - SP.....	90

RESUMO

DESENVOLVIMENTO DE RECOBRIMENTOS CONTENDO MICOSPORINA TIPO AMINOÁCIDO (MAA) PARA O CONTROLE DE ESCALDADURA EM FRUTOS DE LARANJEIRA (*Citrus sinensis* L.)

RESUMO - A laranja é um fruto amplamente produzido no Brasil e este é bastante sensível à ocorrência de distúrbios fisiológicos, como a escaldadura causada pela exposição à radiação solar, sendo um problema que afeta sua qualidade. Tradicionalmente a ocorrência desta injúria é contornada com a pulverização dos frutos com hidróxido de cálcio, contudo esta prática nem sempre é eficiente. Sabendo-se da eficiência das micosporinas tipo aminoácido (MAA) como proteção contra as radiações ultravioleta (UV) em diversos organismos aquáticos e de sua adição em protetores solares destinados à seres humanos e não havendo aplicações visando ao controle da escaldadura de frutos, este trabalho teve por objetivo desenvolver e caracterizar emulsões de base lipídica adicionada de MAA para uso na pré-colheita dos frutos de laranja. Para o desenvolvimento e caracterização das emulsões foram utilizadas as bases lipídicas (BL) óleo de milho (OM) e de soja (OS) e as ceras de carnaúba (CC) e de abelha (CA) a 10% (m/v). A partir dos resultados de coloração, pH, condutividade, viscosidade, teor de matéria-seca (MS), solubilidade em água, bem como da estabilidade das emulsões nos testes de centrifugação, estresse térmico e ciclos de congelamento e descongelamento, foi escolhida a emulsão contendo CC e hidróxido de amônio para a adição de MAA. Para isso foi utilizado o produto comercial Helioguard™ 365 como fonte de MAA e este foi adicionado nas concentrações de 0%, 1%, 2% e 4% (v/v) à emulsão de base lipídica. A incorporação de MAA não afetou as características tecnológicas da emulsão, como também a estabilidade da mesma. Destaca-se que com a adição de MAA foram observados aumentos na absorvância na região do UV-B (280 a 300 nm), o que possibilita o uso desta emulsão como barreira química para o controle da escaldadura. Visando confirmar a eficiência dessa emulsão em condições de campo, emulsões contendo 0%, 1%, 2% e 4% (v/v) de Helioguard™ 365 foram aplicadas na pré-colheita de frutos de laranjeiras das cultivares 'Hamlin', 'Pera-rio' e 'Valência', em intervalos de 21 dias a partir da primeira aplicação. Foi utilizado como controle positivo a aplicação de hidróxido de cálcio a 5% e o como controle negativo os frutos não tratados. Apesar das emulsões terem apresentado aumentos de absorvância no UVB, a adição de MAA não resultou no controle da escaldadura. Da mesma forma, não foram observadas diferenças significativas para a maioria dos parâmetros físico-químicos analisados, bem como para os parâmetros referentes ao metabolismo oxidativo, com exceção da coloração e dos teores de sólidos solúveis e ácido ascórbico para as três cultivares. Desta forma, o uso de MAA nas concentrações testadas foram pouco eficientes no controle de escaldadura em frutos de laranja.

Palavras-chave: Caracterização, emulsão, estabilidade, Helioguard™ 365, *Porphyra umbilicalis*

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF COATINGS CONTAINING MYCOSPORIN-LIKE AMINO ACID (MAA) FOR THE CONTROL OF SUNSCALD IN ORANGE FRUIT (*Citrus sinensis* L.)

ABSTRACT - Orange is a fruit widely produced in Brazil and it is very sensitive to the occurrence of physiological disorders, such as sunscald caused by the exposure to solar radiation, being a problem that affects the quality of this fruit. Traditionally, the occurrence of this injury is controlled by spraying the fruits with calcium hydroxide, however this practice is not always efficient. Knowing the efficiency of the mycosporine-like amino acids (MAA) as a protection against ultraviolet (UV) radiation in several aquatic organisms and their incorporation into sunscreens intended for humans, and as there are no applications aimed at controlling fruit sunscald, the objective of this study was to develop and characterize lipid-based emulsions containing MAA for use in the pre-harvest of orange fruits. For the development and characterization of the emulsions, lipid bases (BL), corn oil (OM) and soybean oil (OS) and carnauba wax (CC) and beeswax (CA) were used at 10% (w/v). From the results of color, pH, conductivity, viscosity, dry matter (DM) content, water solubility, as well as the stability of the emulsions in the centrifugation tests, thermal stress and freezing and thawing cycles, the emulsion containing CC and ammonium hydroxide was elected for the addition of MAA. For this, the commercial product Helioguard™ 365 was used as a source of MAA and this was added in concentrations of 0%, 1%, 2% and 4% (v/v) to the base emulsion. The incorporation of MAA did not affect the technological characteristics of the emulsion, as well as its stability. It is noteworthy that with the addition of MAA, increased the absorbance in the UV-B region (280 to 300 nm), which makes it possible to use this emulsion as a chemical barrier to control sunscald. In order to confirm the efficiency of this emulsion under field conditions, emulsions containing 0%, 1%, 2% and 4% (v / v) of Helioguard™ 365 were applied in the pre-harvest of orange of the cultivars 'Hamlin', 'Pera-río' and 'Valencia', at intervals of 21 days from the first application. The application of 5% calcium hydroxide was used as a positive control and the untreated fruits as a negative control. Although the emulsions showed increases in UV-B absorbance, the addition of MAA did not result in the sunscald control. Likewise, no significant differences were observed for most of the analyzed physical-chemical parameters, as well as for parameters related to oxidative metabolism, except for the color and content of soluble solids and ascorbic acid for the three cultivars. Thus, the use of MAA in the tested concentrations was not efficient in the control of sunscald in orange fruits.

Keywords: Characterization, emulsion, stability, Helioguard™ 365, *Porphyra umbilicalis*

LISTA DE ABREVIATURAS

AO - Ácido Oleico

APX – Ascorbato Peroxidase

AT – Acidez titulável

C- – Controle negativo (sem recobrimento)

C+ – Controle positivo (hidróxido de cálcio)

CA – Cera de Abelha

CC – Cera de Carnaúba CCC -

Cera de Carnaúba Comercial

cP – Centipoise

DBC – Delineamento em blocos casualizados

EDTA - Ácido etilenodiaminotetracético

EHL - Equilíbrio hidrofílico-lipofílico

ERO - Espécies Reativas de Oxigênio

FA - Fase Aquosa

FL – Fase Lipídica

HA – Hidróxido de Amônio

HLB - Greening, Huanglongbing, HLB ou Amarelão dos Citros

LB – Bases Lipídicas

LM C - ligeira modificação, cremação

LM S - ligeira modificação, separação de fases.

MAA – Aminoácido tipo micosporina

MDA – Malondialdeído

MS - Teor de matéria seca

N - Normal, sem modificação

NBT - Cloreto de nitrotetrazólio azul

nm - Nanômetros

OM – Óleo de Milho

OS – Óleo de Soja

pH – Potencial Hidrogeniônico

PSI - Massa seca

PSF - Massa seca final

PVPP - Polivinilpolipirrolidona

SOD – Superóxido dismutase

TBARS - Ácido tiobarbitúrico

TCA - Ácido tricloroacético

TSS – Teor de sólidos solúveis

TW - Tween

UV - Ultravioleta

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - Recobrimentos lipídicos e adição de micosporina tipo aminoácido como barreira química à radiação UV para o controle de escaldadura na pré-colheita de produtos hortícolas

Tabela 1. Composição das emulsões preparadas com diferentes bases lipídicas... 31

Tabela 2. Significância dos fatores bases lipídicas (A), hidróxido de amônio (B), interação A x B e tratamento adicional nas análises de caracterização das emulsões..... 33

Tabela 3. Análise de regressão dos parâmetros de caracterização da emulsão base (cera de carnaúba + hidróxido de amônio) contendo 0%, 1%, 2% e 4% (v/v) de Helioguard™ 365, fonte das micosporinas tipo aminoácidos. Os resultados se referem a média de seis repetições independentes (n=6) 47

Tabela 4. Análises de estabilidade: centrifugação, teste de temperatura e ciclos de congelamento – descongelamento de emulsões (base de cera de carnaúba + hidróxido de amônio) contendo 0%, 1%, 2% e 4% (v/v) de Helioguard™ 365, fonte das micosporinas tipo aminoácidos (MAA) 50

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

Figura 1. Estrutura molecular e comprimento de onda de absorção máxima de MAAs 15

CAPÍTULO 2 - Recobrimentos lipídicos e adição de micosporina tipo aminoácido como barreira química a radiação UV para o controle de escaldadura na pré-colheita de produtos hortícolas

Figura 1. Caracterização das emulsões contendo cera de abelha (CA), de carnaúba (CC), óleo de milho (OM), de soja (OS) e a cera comercial (CCC) (□), contendo (○) ou não (Δ) hidróxido de amônio. (A) luminosidade; (B) cromaticidade; (C) ângulo hue; (D) pH; (E) solubilidade; (F) viscosidade; (G) condutividade e (H) matéria-seca. Médias com letras diferentes (a, b, c, d, e e f) são diferentes de acordo com a comparação múltipla utilizando o ajuste de multiplicidade de Tukey ($P \leq 0,05$) 36

Figura 2. Análise de correspondência para a estabilidade das emulsões contendo cera de abelha (CA), de carnaúba (CC), óleo de milho (OM), de soja (OS) e a cera comercial (CCC), contendo ou não hidróxido de amônio (HA) utilizando a centrifugação a 980 rpm (A), 1.800 rpm (B) e 3.000 rpm (C). N = normal, sem modificação; LM C = ligeira modificação, cremação; LM S – ligeira modificação, separação de fases 41

Figura 3. Análise de correspondência para a estabilidade das emulsões contendo cera de abelha (CA), de carnaúba (CC), óleo de milho (OM), de soja (OS) e a cera comercial (CCC), contendo ou não hidróxido de amônio (HA) utilizando o estresse térmico a 55°C (A), 60°C (B), 65°C (C), 70°C (D) e 75°C (E). N = normal, sem modificação; LM C = ligeira modificação, cremação; LM S – ligeira modificação, separação de fases. 42

Figura 4. Análise de correspondência para a estabilidade das emulsões contendo cera de abelha (CA), de carnaúba (CC), óleo de milho (OM), de soja (OS) e a cera comercial (CCC), contendo ou não hidróxido de amônio (HA) utilizando ciclos de congelamento e descongelamento; primeiro ciclo a 45°C (A), segundo ciclo a 4°C (B), segundo ciclo a 45°C (C), terceiro ciclo a 4°C (D), terceiro ciclo a 45°C (E), quarto ciclo a 4°C (F), quarto ciclo a 45°C (G), quinto ciclo a 4°C (H), quinto ciclo a 45°C (I), sexto ciclo a 4°C (J) e sexto ciclo a 4°C (K). N = normal, sem modificação; LM C = ligeira modificação, cremação; LM S – ligeira modificação, separação de fases 43

Figura 5. Absorbância na região do ultravioleta (UV) da emulsão base (cera de carnaúba + hidróxido de amônio) contendo 0%, 1%, 2% e 4% de Helioguard™ 365,

fonte das micospolina tipo aminoácido (MAA). Os resultados se referem a média de três repetições independentes (n=3) 45

Figura 6. Análise de regressão dos parâmetros de caracterização da emulsão base (cera de carnaúba + hidróxido de amônio) contendo 0%, 1%, 2% e 4% de Helioguard™ 365 (fonte dos MAAs). (A) luminosidade, (B) cromaticidade, (C) ângulo hue, (D) pH, (E) solubilidade, (F) viscosidade, (G) condutividade e (H) matéria-seca. Os resultados se referem a média de seis repetições independentes (n=6) 46

CAPÍTULO 3 - Recobrimentos lipídicos adicionados de micospolina tipo aminoácido (MAA) para o controle de escaldadura em frutos de laranjeiras (*Citrus sinensis* L)

Figura 1. Avaliação da incidência de escaldadura e coloração dos frutos de laranjeira 'Hamlin' tratados com emulsões contendo 0%, 1%, 2% e 4% de Helioguard™ 365 (fonte de micospolina tipo aminoácido - MAA) e dos controles positivo (hidróxido de cálcio 5% m/v) e negativo (sem coberturas). (A) luminosidade - L*, (B) ângulo hue - °h e (C) cromaticidade – croma. Médias seguidas com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de comparações múltiplas usando o ajuste de multiplicidade de Tukey (P<0,05). As barras representam o desvio padrão de 6 repetições..... 68

Figura 2. Caracterização físico-química: (A) massa, (B) rendimento de suco, (C) pH, (D) acidez titulável (AT), (E) teor de sólidos solúveis (TSS), (F) ratio e (G) teor de ácido ascórbico dos frutos de laranjeira, cultivar 'Hamlin', tratados com: emulsão contendo micospolina tipo aminoácido (MAA) (0%, 1%, 2% e 4% de Helioguard 365) e controles positivo (hidróxido de cálcio 5%) e negativo (sem cobertura). Os meios com letras diferentes são estatisticamente de acordo com múltiplas comparações usando o ajuste de multiplicidade de Tukey (P<0,05) 69

Figura 3. Marcadores bioquímicos: (A) teor de malondialdeído (MDA), (B) proteína, (C) atividade da ascorbato peroxidase (APX) e (D) superóxido dismutase (SOD) dos frutos de laranjeira, cultivar 'Hamlin', tratados com: emulsão contendo micospolina tipo aminoácido (MAA) (0%, 1%, 2% e 4% de Helioguard 365) e controles positivo (hidróxido de cálcio 5%) e negativo (sem cobertura). Os meios com letras diferentes são estatisticamente de acordo com múltiplas comparações usando o ajuste de multiplicidade de Tukey (P<0,05) 70

Figura 4. Avaliação da incidência de escaldadura e coloração dos frutos de laranjeira 'Pera-Rio' tratados com emulsões contendo 0%, 1%, 2% e 4% de Helioguard™ 365 (fonte de micospolina tipo aminoácido - MAA) e dos controles positivo (hidróxido de cálcio 5% m/v) e negativo (sem coberturas). (A) luminosidade - L*, (B) ângulo hue - °h e (C) cromaticidade – croma. Médias seguidas com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de comparações múltiplas usando o ajuste de

multiplicidade de Tukey ($P < 0,05$). As barras representam o desvio padrão de 6 repetições 72

Figura 5. Caracterização físico-química: (A) massa, (B) rendimento de suco, (C) pH, (D) acidez titulável (AT), (E) teor de sólidos solúveis (TSS), (F) ratio e (G) teor de ácido ascórbico dos frutos de laranja, cultivar 'Pera-Rio', tratados com: emulsão contendo micospolina tipo aminoácido (MAA) (0%, 1%, 2% e 4% de Helioguard 365) e controles positivo (hidróxido de cálcio 5%) e negativo (sem cobertura). Os meios com letras diferentes são estatisticamente de acordo com múltiplas comparações usando o ajuste de multiplicidade de Tukey ($P < 0,05$) 73

Figura 6. Marcadores bioquímicos: (A) teor de malondialdeído (MDA), (B) proteína, (C) atividade da ascorbato peroxidase (APX) e (D) superóxido dismutase (SOD) dos frutos de laranja, cultivar 'Hamlin', tratados com: emulsão contendo micospolina tipo aminoácido (MAA) (0%, 1%, 2% e 4% de Helioguard 365) e controles positivo (hidróxido de cálcio 5%) e negativo (sem cobertura). Os meios com letras diferentes são estatisticamente de acordo com múltiplas comparações usando o ajuste de multiplicidade de Tukey ($P < 0,05$) 74

Figura 7. Avaliação da incidência de escaldadura e coloração dos frutos de laranja 'Valência' tratados com emulsões contendo 0%, 1%, 2% e 4% de Helioguard™ 365 (fonte de micospolina tipo aminoácido - MAA) e dos controles positivo (hidróxido de cálcio 5% m/v) e negativo (sem coberturas). (A) luminosidade - L^* , (B) ângulo hue - $^{\circ}h$ e (C) cromaticidade - croma. Médias seguidas com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de comparações múltiplas usando o ajuste de multiplicidade de Tukey ($P < 0,05$). As barras representam o desvio padrão de 6 repetições 75

Figura 8. Caracterização físico-química: (A) massa, (B) rendimento de suco, (C) pH, (D) acidez titulável (AT), (E) teor de sólidos solúveis (TSS), (F) ratio e (G) teor de ácido ascórbico dos frutos de laranja, cultivar 'Valência', tratados com: emulsão contendo micospolina tipo aminoácido (MAA) (0%, 1%, 2% e 4% de Helioguard 365) e controles positivo (hidróxido de cálcio 5%) e negativo (sem cobertura). Os meios com letras diferentes são estatisticamente de acordo com múltiplas comparações usando o ajuste de multiplicidade de Tukey ($P < 0,05$) 76

Figura 9. Marcadores bioquímicos: (A) teor de malondialdeído (MDA), (B) proteína, (C) atividade da ascorbato peroxidase (APX) e (D) superóxido dismutase (SOD) dos frutos de laranja, cultivar 'Valência', tratados com: emulsão contendo micospolina tipo aminoácido (MAA) (0%, 1%, 2% e 4% de Helioguard 365) e controles positivo (hidróxido de cálcio 5%) e negativo (sem cobertura). Os meios com letras diferentes são estatisticamente de acordo com múltiplas comparações usando o ajuste de multiplicidade de Tukey ($P < 0,05$) 77

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de laranjas, bem como o maior exportador de suco de laranja concentrado (Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos - CitrusBR, 2020, FAOSTAT, 2017). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2019 a produção brasileira de laranjas foi de 17 milhões de toneladas de frutos colhidos em uma área de aproximadamente 600 mil hectares, sendo o estado de São Paulo responsável pelo maior percentual produtivo dos frutos e de exportação de suco de laranjas doce, destacando-se as cultivares 'Hamlin', 'Pera-Rio' e 'Valência' (Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos - CitrusBR, 2020; IBGE, 2019; Fava Neves et al., 2011). Apesar da exportação de suco concentrado ser responsável pelo maior percentual de renda desta cadeia produtiva, em menor escala a exportação de frutos *in natura* vem contribuindo para a geração de renda para a cultura dos citros (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2019; Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos - CitrusBR, 2020).

A laranjeira (*Citrus sinensis* L.) é uma espécie frutífera originária de regiões de climas tropical e subtropical, todavia a ocorrência de distúrbios fisiológicas que se desenvolvem devido à exposição ao excesso de radiação solar, associada à temperatura elevada, em qualquer estágio de desenvolvimento vegetal, pode resultar na queima de partes das plantas como troncos, galhos, folhas e frutos. Estas lesões são conhecidas como escaldaduras ou queimaduras (sunscald ou sunburn) e são distúrbios fisiológicos que resultam na descoloração da epiderme (branqueamento), amarelecimento, seguido de escurecimento e necrose do tecido vegetal. Desta forma, o excesso de radiação solar e de temperaturas elevadas nas superfícies dos frutos ocasiona alterações dos pigmentos presentes nas células, produzindo manchas e, em casos mais severos, a morte celular e necrose dos tecidos (Chabbal et al., 2014; Liu e Fan, 2015; Farag et al., 2019).

A alta incidência de radiação solar e de temperatura elevada durante a etapa de crescimento pode induzir a um estresse fotooxidativo dos pigmentos dos tecidos da

epiderme quando há uma absorção de energia luminosa em excesso pelas estruturas de captação de luz. Assim ocorre a geração de espécies reativas de oxigênio (ERO), resultando na fotoxidação, degradação de estrutura celulares e, conseqüentemente, desenvolvimento dos sintomas de escaldadura (Naschitz et al., 2015; Torres et al., 2016; Rodriguez et al., 2019). A escaldadura ocorre nas mais diversas espécies frutíferas e nos mais diferentes graus de intensidade, entretanto, independentemente da gravidade deste distúrbio, esta pode gerar grandes perdas econômicas, pois os frutos com sintomas de escaldadura não atendem aos padrões de qualidade dos frutos destinados ao mercado interno e externo, além de terem seu valor nutricional e funcional reduzidos (Tsai et al., 2013; Ambrózy et al., 2016; Torres et al., 2016).

Tradicionalmente o controle da escaldadura em frutos é realizado com a pulverização das plantas e frutos com soluções de hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 ou carbonato de cálcio (Glenn & Puterka, 2005). O princípio do uso destas soluções se relaciona à formação de um filme branco de partículas minerais sob os tecidos vegetais que bloqueia e reflete parte da radiação solar e reduz a temperatura na superfície dos frutos, o que reduz a probabilidade do desenvolvimento da escaldadura (DPI, 2006).

Todavia, o uso destas soluções é pouco eficiente, pois estas podem ser removidas por ocasião de chuvas e/ou aplicação de tratamentos fitossanitários, podem levar a danos ao meio ambiente e podem gerar danos aos frutos quando em concentrações elevadas (Lopes et al, 2014). Soma-se a isso, com o surgimento do *Greening*, também conhecido como *Huanglongbing* ou HLB, é necessário pulverizar os pomares periodicamente (10 – 15 dias) o que pode lavar a cobertura formada pelo caulim. Desta forma, é importante o desenvolvimento de alternativas visando ao controle da escaldadura causada pelo excesso de radiação solar. Dentre os métodos desenvolvidos, pode citar o ensacamento dos frutos (Hofman et al., 1997), uso de redes protetoras (Lal & Sahu, 2017) e pulverizações com ácido ascórbico (Andrews et al., 1999; Johnson et al., 1999), argilas (DPI, 2006) e produtos dissolvidos em ceras, tais como o Raynox® (Schrader, 2011), entre outros. Apesar de eficientes, todos estes métodos apresentam desvantagens e há a necessidade de se desenvolver substâncias protetoras que sejam menos onerosas, apresentem menor toxidez ao

meio ambiente e para as plantas, consumidores e que sejam quimicamente estáveis às condições a que os frutos ficam expostos no campo de produção.

Um composto orgânico que poderia ser utilizado visando ao controle da escaldadura seria os aminoácidos tipo micosporina (MAA). Segundo Fernandes et al. (2015), os MAA são substâncias protetoras naturais aos raios solares sintetizados por uma ampla variedade de organismos marinhos, por exemplo, microrganismos aquáticos e algas. Os MAA atuam no mecanismo de defesa e proteção contra os efeitos nocivos da radiação ultravioleta (UV). Quimicamente, os MMA são substâncias formadas por um anel de aminociclohexenimina conjugado com o radical nitrogênio de um aminoácido.

Estes apresentam a capacidade de absorver a radiação solar irradiada entre os comprimentos de onda 310 e 360 nm sob a forma de calor sem produzir ERO, o que ajuda a dissipar o excesso de energia interrompendo cadeia de transporte de elétrons, além de inibir a formação de fotoprodutos como o fotodímeros 6-4PPs (6-4 Pirimidina-Pirimidona) (Helbling et al. 2004; Libkind et al., 2005; Garinis et al., 2006).

Além de atuarem como “protetores solares” em organismos aquáticos devido a capacidade de absorção em diferentes regiões do espectro UV, que varia conforme as estruturas moleculares e conseqüente os tipos de MAAs (Singh et al., 2008), estes compostos dissipam a energia irradiada de modo eficiente sem comprometer as estruturas celulares. Assim, tem sido sugerido que os MAAs podem agir como antioxidantes, pois estes compostos proporcionam certa proteção contra o estresse fotoxidativo induzido pelas EROs (Dunlap & Yamamoto, 1995), o que pode contribuir para o controle da escaldadura em frutos. Os MMA são sendo explorados comercialmente na forma de produtos para cuidados para a pele expostas ao sol e em outros materiais não biológicos (BandarAnayake, 1998). Desta forma, análogos sintéticos foram desenvolvidos para finalidades comerciais (Dunlap et al., 1998), tais como a micosporina-glicina e o 3-alquilamino2metoxiciclohex-2-enonas (Dunlap & Chalker, 1986). Todavia, não foram encontradas aplicações dos MAAs para o controle de escaldaduras em frutos.

Desta forma, o objetivo geral deste trabalho foi verificar a capacidade fotoprotetora de recobrimentos de base lipídica contendo micosporina tipo aminoácido (MAA) para uso na pré-colheita dos frutos de laranjeira, sendo estes comparados com

a pulverizações com Ca(OH)_2 e, por objetivos específicos avaliar a qualidade e determinar os biomarcadores relacionados aos aspectos químicos e bioquímicos como indicadores de estresse dos frutos submetidos a estes tratamentos.

3. Referências

Acevedo-Fani, A., Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, M. A., & Martín-Belloso, O. (2015). Edible films from essential-oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical characterization and antimicrobial properties. **Food Hydrocolloids**, 47, 168-177.

Akinde, S. B., Adeniyi, M. A., Adebunmi, A. A., Oluwajide, O. O., & Ogunnaike, O. O. (2017). Comparative effectiveness of chemical biocides and *Acalypha wilkesiana* leaf extract against postharvest fungal deteriorogens of sweet orange (*Citrus sinensis*) fruits. **Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences**, 4(2), 143-152.

Akusu, O. M., Kiin-Kabari, D. B., & Ebere, C. O. (2016). Quality characteristics of orange/pineapple fruit juice blends. **American Journal of Food Science and Technology**, 4(2), 43-47.

Almeida, J. M. (2019). **Identificação e quantificação de compostos bioativos em diferentes variedades de laranjas.**

Ambrózy, Z. S., Daood, H., Nagy, Z. S., Ledó, H. D., & Helyes, L. (2016). Effect of net shading technology and harvest times on yield and fruit quality of sweet pepper. **Applied Ecology and Environmental Research**, 14(1), 99-109.

Anaya-Esparza, L. M., Villagrán-de la Mora, Z., Ruvalcaba-Gómez, J. M., RomeroToledo, R., Sandoval-Contreras, T., Aguilera-Aguirre, S., ... & Pérez-Larios, A. (2020). Use of Titanium Dioxide (TiO₂) Nanoparticles as Reinforcement Agent of Polysaccharide-Based Materials. **Processes**, 8(11), 1395.

Andrews, P. K., Johnson, J. R., Fahy, D., & Gish, N. (1999). Sunburn protection in apples with ascorbic acid. **Le Fruit Belge**, 481, 157–161.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2018 (2018). Santa Cruz do Sul: Editora gazeta, 2018. 88 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI 2019 (2018). Santa Cruz do Sul: Editora gazeta, 96 p.

Ban, Z. et al (2020). Ginger essential oil-based microencapsulation as an efficient delivery system for the improvement of Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit quality. **Food chemistry**, 306, 125628.

Bandaranayake, W. M. (1998). Traditional and medicinal uses of mangroves. **Mangroves and Salt Marshes**, 2, 133-148.

Bastos, D. C. et al. (2014). **Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira.** EMBRAPA Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE).

Baswal, A. K., Dhaliwal, H. S., Singh, Z., Mahajan, B. V. C., Kalia, A., & Gill, K. S. (2020). Influence of carboxy methylcellulose, chitosan and beeswax coatings on cold storage life and quality of Kinnow mandarin fruit. **Scientia Horticulturae**, 260, 108887.

Bhatia, S., Garg, A., Sharma, K., Kumar, S., Sharma, A., & Purohit, A. P. (2011). Mycosporine and mycosporine-like amino acids: A paramount tool against ultra violet irradiation. **Pharmacognosy Reviews**, 5(10), 138.

Black-Solis, J., Ventura-Aguilar, R. I., Correa-Pacheco, Z., Corona-Rangel, M. L., & Bautista-Baños, S. (2019). Preharvest use of biodegradable polyester nets added with cinnamon essential oil and the effect on the storage life of tomatoes and the development of *Alternaria alternata*. **Scientia Horticulturae**, 245, 65-73.

Cenci, Sérgio Agostinho; Soares, Antônio Gomes; Freire Junior, Murillo. **Manual de perdas pós-colheita em frutos e hortaliças.** Rio de Janeiro: EMBRAPACTAA, 1997. 29p. (EMBRAPA-CTAA. Documentos, 27).

Chabbal, M. D., Piccoli, A. B., Martínez, G. C., Avanza, M. M., Mazza, S. M., & Rodríguez, V. A. (2014). Aplicaciones de caolín para el control del golpe de sol en mandarina 'Okitsu'. **Cultivos Tropicales**, 35, 1, 50-56.

Chauhan, O. P., Nanjappa, C., Ashok, N., Ravi, N., Roopa, N., & Raju, P. S. (2015). Shellac and Aloe vera gel based surface coating for shelf life extension of tomatoes. **Journal of food science and technology**, 52(2), 1200-1205.

Chitarra, Maria Isabel Fernandes; Chitarra, Adimilson Bosco (2005). **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças**. Fisiologia e Manuseio. 2 ed. Lavras: FAEPE, p. 785.

Chiumarelli, Marcela; Hubinger, Miriam D (2014). Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. **Food hydrocolloids**, 38, 20-27.

Chrapusta, E., Kaminski, A., Duchnik, K., Bober, B., Adamski, M., & Bialczyk, J. (2017). Mycosporine-like amino acids: Potential health and beauty ingredients. **Marine drugs**, 15(10), 326.

CitrusBR. Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. **Mercado Externo: Estatísticas de Exportação**. Acesso em: 01 de junho de 2020. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/mercadoexterno/>>.

D'Agostino, P. M., Javalkote, V. S., Mazmouz, R., Pickford, R., Puranik, P. R., & Neilan, B. A. (2016). Comparative profiling and discovery of novel glycosylated mycosporinelike amino acids in two strains of the cyanobacterium *Scytonema cf. crispum*. **Applied and environmental microbiology**, 82(19), 5951-5959.

Davies, F. S., & Albrigo, L. G. (1994). **Rootstocks**. Athern, J., Rees. A.(Eds.), Citrus. CAB International, Wallingford, UK, 254p.

de Moura Guerra, A. M. N., Costa, A. C. M., Ferreira, J. B. A., Tavares, P. R. F., Vieira, T. S., & de Medeiros, A. C. (2017). Avaliação das principais causas de perdas póscolheita de hortaliças comercializadas em Santarém, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 12(1), 34-40.

Deng, Z., Jung, J., Simonsen, J., & Zhao, Y. (2017). Cellulose nanomaterials emulsion coatings for controlling physiological activity, modifying surface morphology, and enhancing storability of postharvest bananas (*Musa acuminata*). **Food chemistry**, 232, 359-368.

Dias, T. P., Grosso, C. R., Andreuccetti, C., Carvalho, R. A. D., Galicia-García, T., & Martinez-Bustos, F. (2013). Effect of the addition of soy lecithin and *Yucca schidigera* extract on the properties of gelatin and glycerol based biodegradable films. **Polímeros**, 23(3), 339-345.

Donadio, L. C., Lederman, I. E., Roberto, S. R., & Stucchi, E. S. (2019). Dwarfing canopy and rootstock cultivars for fruit trees. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 41(3).

DPI - DEPARTMENT OF PRIMARY INDUSTRIES. **Agriculture**, 2006. Disponível em: mcg.

Emmanouilidou, M. G., & Kyriacou, M. C. (2017). Rootstock-modulated yield performance, fruit maturation and phytochemical quality of 'Lane Late' and 'Delta' sweet orange. **Scientia horticulturae**, 225, 112-121.

Ennab, H. A., El-Sayed, S. A., & El-Enin, M. A. (2017). Effect of kaolin applications on fruit sunburn, yield and fruit quality of Balady mandarin (*Citrus reticulata*, Blanco). **Menoufia J. Plant Prod**, 2(4), 129-138.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World Food Situation**, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/en/>. Acesso em: 24 de abril de 2020.

Farag, K. M., Elsabagh, A. S., Nagy, N. M., & Mekkawy, O. M. (2019). Field Applications for Color Enhancement of 'Valencia' Oranges while Reducing Leaf Abscission. **Middle East J**, 8, 4, 1253-1263.

Farooq, A., Shafaghat, H., Jae, J., Jung, S. C., & Park, Y. K. (2019). Enhanced stability of bio-oil and diesel fuel emulsion using Span 80 and Tween 60 emulsifiers. **Journal of environmental management**, 231, 694-700.

Fava Neves, M., Trombin, V., Milan, P., Lopes, F., Cressoni, F., & Kalaki, R. (2011). **O retrato da citricultura brasileira. FEA/USP**. Disponível em: http://issuu.com/CitrusBR/docs/retrato_citricultura_brasileira_marcos_fava_neves/1. Acesso em: 26 de fevereiro de 2021.

Fernandes, S. C., Alonso-Varona, A., Palomares, T., Zubillaga, V., Labidi, J., & Bulone, V. (2015). Exploiting Mycosporines as Natural Molecular Sunscreens for the Fabrication of UV-Absorbing Green Materials. **ACS Applied Materials and Interfaces**, 7, 30, 7.

Fischer, I. H., Toffano, L., Lourenço, S. A., & Amorim, L. (2007). Caracterização dos danos pós-colheita em citros procedentes de "packinghouse". **Fitopatologia Brasileira**, 32(4), 304-310.

Flora do Brasil 2020 em construção. Rutaceae. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB212>. Acesso em: 01 jun. 2020.

Fuentes-Tristan, S., Parra-Saldivar, R., Iqbal, H. M., & Carrillo-Nieves, D. (2019). Bioinspired biomolecules: Mycosporine-like amino acids and scytonemin from *Lyngbya* sp. with UV-protection potentialities. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, 201, 111684.

Galus, Sabina; Kadzińska, Justyna (2015). Food applications of emulsion-based edible films and coatings. **Trends in Food Science & Technology**, 45, 2, 273-283.

Garinis, G. A., Jans, J., & Van Der Horst, G. T. (2006). Photolyases: capturing the light to battle skin cancer. **Future oncology**, 2, 2, 191-199.

Geraldes, V., de Medeiros, L. S., Jacinavicius, F. R., Long, P. F., & Pinto, E. (2020). Development and validation of a rapid LC-MS/MS method for the quantification of mycosporines and mycosporine-like amino acids (MAAs) from cyanobacteria. **Algal Research**, 46, 101796.

Glenn, D. M. (2018). Effect of ultraviolet radiation environment on leaf quantum efficiencies and photosynthesis for tropical and temperate species. **International Journal of Fruit Science**, 18(1), 37-44.

Glenn, D. Michael & Puterka, Gary J (2005). Particle films: a new technology for agriculture. **Horticultural reviews**, 31, 1-44.

Gmitter, F. G., & Hu, X. (1990). The possible role of Yunnan, China, in the origin of contemporary Citrus species (Rutaceae). **Economic Botany**, 44(2), 267-277.

Hadagalli, K., Kumar, R., Mandal, S., & Basu, B. (2020). Structural, compositional and spectral investigation of prawn exoskeleton nanocomposite: UV protection from mycosporine-like amino acids. **Materials Chemistry and Physics**, 123002.

Hamedi Sarkomi, F., Moradinezhad, F., & Khayyat, M. (2019). Pre-harvest bagging influences sunburn, cracking and quality of pomegranate fruits. **Journal of Horticulture and Postharvest Research**, 2(2), 131-142.

Hasan, S. K., Ferrentino, G., & Scampicchio, M. (2020). Nanoemulsion as advanced edible coatings to preserve the quality of fresh-cut fruits and vegetables: a review. **International Journal of Food Science & Technology**, 55(1), 1-10.

Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., & Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, 109, 1095-1107.

Hofman, PJ, Smith, LG, Joyce, DC, Johnson, GI, & Meiburg, GF (1997). Bagging of mango (*Mangifera indica* cv. Keitt') fruit influences fruit quality and mineral composition. **Postharvest Biology and Technology**, 12, 1, 83-91.

Hosseinabad, A., & Khadivi, A. (2019). Foliar application of kaolin reduces the incidence of sunburn in 'Thompson Seedless' grapevine. **European Journal Of Horticultural Science**, 84(3), 171-176.

Huan, C., Jiang, L., An, X., Yu, M., Xu, Y., Ma, R., & Yu, Z. (2016). Potential role of reactive oxygen species and antioxidant genes in the regulation of peach fruit development and ripening. **Plant Physiology and Biochemistry**, 104, 294-303.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal, 2019**. Disponível: <https://loja.ibge.gov.br/>. Acesso em maio de 2020.

Islam, M. T., Rahman, M. S., Shamsuzzoha, M., & Chowdhury Akmmb, A. R. (2017). Influence of pre-harvest bagging on fruit quality of Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Mishribhog. **International Journal of Biosciences**, 11(3), 59-68.

Jahan, R., Bodratti, A. M., Tsianou, M., & Alexandridis, P. (2020). Biosurfactants, natural alternatives to synthetic surfactants: Physicochemical properties and applications. **Advances in colloid and interface science**, 275, 102061.

Ju, J., et al. (2019). Application of essential oil as a sustained release preparation in food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, 92, 22-32.

Kitinoja, L., & Kader, A. A. (2015). Measuring postharvest losses of fresh fruits and vegetables in developing countries. **PEF White Paper**, 15-02.

Lal, Narayan & Sahu, Nisha (2017). Management Strategies of Sun Burn in Fruit Crops-A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, 6, 6, 1126-1138.

Lemos, L. M. C., Siqueira, D. L. D., Salomão, L. C. C., Cecon, P. R., & Lemos, J. P. (2012). Características físico-químicas da Laranja-Pera em função da posição na copa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 34(4), 1091-1097.

Lian, H., Peng, Y., Shi, J., & Wang, Q. (2019). Effect of emulsifier hydrophilic-lipophilic balance (HLB) on the release of thyme essential oil from chitosan films. **Food Hydrocolloids**, 97, 105213.

Libkind, D., Sommaruga, R., Zagarese, H., & van Broock, M. (2005). Mycosporines in carotenogenic yeasts. **Systematic and applied microbiology**, 28, 8, 749-754.

Liu, Shiguang; Fan, Dongfang (2015). Computer Modeling and Simulation of Fruit Sunscald. **International Journal of Image and Graphics**, 15, 03, 13.

Liu, Yuqiu; Heying, Emily; Tanumihardjo, Sherry A (2012). History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits. **Comprehensive reviews in Food Science and Food safety**, 11, 6, 530-545.

Lopes, J. M. S. et al. (2011). Importância econômica dos citros no Brasil. **Revista Científica de Agronomia**, Garça-SP, 2(2), 1-4.

Lopes, O. P., Maia, V. M., Santos, S. R. D., Mizobutsi, G. P., & Pegoraro, R. F. (2014). Proteções contra queima solar de frutos de abacaxizeiro submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36, 3, 748-754. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-273/13>.

Mahmood, A., Hu, Y., Tanny, J., & Asante, E. A. (2018). Effects of shading and insectproof screens on crop microclimate and production: A review of recent advances. **Scientia Horticulturae**, 241, 241-251

Mari, Marta; Di Francesco, Alessandra; Bertolini, Paolo (2014). Control of fruit postharvest diseases: old issues and innovative approaches. **Stewart Postharvest Review**, 10, 1, 1-4.

Martin, M. J., Trujillo, L. A., Garcia, M. C., Alfaro, M. C., & Muñoz, J. (2018). Effect of emulsifier HLB and stabilizer addition on the physical stability of thyme essential oil emulsions. **Journal of Dispersion Science and Technology**, 39(11), 1627-1634.

Martins, C. R., de Carvalho, H. W. L., Teodoro, A. V., de Barros, I., de Carvalho, L. M., dos Santos Soares Filho, W., & Passos, O. S. (2020). Performance of the pineapple proxima eet orange on different rootstocks. **Bioscience Journal**, 36(2).

Maurer, L. H., Bersch, A. M., Santos, R. O., Trindade, S. C., Costa, E. L., Peres, M. M., ... & Emanuelli, T. (2017). Postharvest UV-C irradiation stimulates the non-enzymatic and enzymatic antioxidant system of 'Isabel' hybrid grapes (*Vitis labrusca* × *Vitis vinifera* L.). **Food research international**, 102, 738-747.

Minh, N. P., Vo, T. T., Trung, Q. V., Van Bay, N., & Loc, H. T. (2019). Application Of Cmc, Xanthan Gum As Biodegradable Coating On Storage Of Rambutan (*Nephelium Lappaceum*) Fruit. **Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, 11(3), 10631067.

Morais, F. A. D. et al. (2020). Agar and pomegranate seed oil used in a biodegradable coating composition for Formosa papaya. **Food Science and Technology**, 40, 280286.

Motamedi, E., Nasiri, J., Malidarreh, T. R., Kalantari, S., Naghavi, M. R., & Safari, M. (2018). Performance of carnauba wax-nanoclay emulsion coatings on postharvest quality of 'Valencia' orange fruit. **Scientia Horticulturae**, 240, 170-178.

Naschitz, S., Naor, A., Sax, Y., Shahak, Y., & Rabinowitch, H. D. (2015). Photooxidative sunscald of apple: effects of temperature and light on fruit peel photoinhibition, bleaching and short-term tolerance acquisition. **Scientia Horticulturae**, 197, 5-16.

Nasrin, T. A. A., Rahman, M. A., Arfin, M. S., Islam, M. N., & Ullah, M. A. (2020). Effect of novel coconut oil and beeswax edible coating on postharvest quality of lemon at ambient storage. **Journal of Agriculture and Food Research**, 2, 100019.

Ncama, K., Magwaza, L. S., Mditshwa, A., & Tesfay, S. Z. (2018). Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. **Food packaging and shelf life**, 16, 157-167.

Norcino, L. B., Mendes, J. F., Natarelli, C. V. L., Manrich, A., Oliveira, J. E., & Mattoso, L. H. C. (2020). Pectin films loaded with copaiba oil nanoemulsions for potential use as bio-based active packaging. **Food Hydrocolloids**, 105862.

Oh, Y. A., Oh, Y. J., Song, A. Y., Won, J. S., Song, K. B., & Min, S. C. (2017). Comparison of effectiveness of edible coatings using emulsions containing lemongrass oil of different size droplets on grape berry safety and preservation. **LWT**, 75, 742-750.

Oliveira, N. A. de S., Winkelmann, D. O. V., & Tobal, T. M. (2019). Farinhas e subprodutos da laranja sanguínea-de-mombuca: caracterização química e aplicação em sorvete. **Brazilian Journal of Food Technology**, 22, e2018246. Epub June 13, 2019. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.24618>

Oliveira, V. R. L., Santos, F. K. G., Leite, R. H. L., Aroucha, E. M. M., & Silva, K. N. O. (2018). Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. **Food chemistry**, 259, 55-64.

Pellá, M. C., Silva, O. A., Pellá, M. G., Beneton, A. G., Caetano, J., Simões, M. R., & Dragunski, D. C. (2020). Effect of gelatin and casein additions on starch edible biodegradable films for fruit surface coating. **Food chemistry**, 309, 125764.

Pereira, G. D. S., Machado, F. L. D. C., & Costa, J. M. C. D. (2014). Application of coating extends postharvest quality in the 'Valencia Delta' orange during ambient storage. **Revista Ciência Agrônômica**, 45(3), 520-527.

Racchi, M. L. (2013). Antioxidant defenses in plants with attention to *Prunus* and *Citrus* spp. **Antioxidants**, 2(4), 340-369.

Reig, G., Donahue, D. J., & Jentsch, P. (2020). The Efficacy of Four Sunburn Mitigation Strategies and Their Effects on Yield, Fruit Quality, and Economic Performance of Honeycrisp Cv. Apples under Eastern New York (USA) Climatic Conditions. **International Journal of Fruit Science**, 20(3), 541-561

Richa, R. R., Kumari, S., Singh, K. L., Kannaujiya, V. K., Singh, G., Kesheri, M., & Sinha, R. P. (2011). Biotechnological potential of mycosporine-like amino acids and phycobiliproteins of cyanobacterial origin. **Biotechnol Bioinform Bioeng**, 1, 159-171.

Rodrigues, N. S., da Silva Alves, M. A., Bofinger, J., & Freitag, R (2019). Influência da radiação solar modificada por túneis baixos de sombrite no cultivo da alface (*Lactuca Sativa* L.). **Tópicos em Ciências Agrárias**, 3, 29.

- Rodriguez, J., Anoruo, A., Jifon, J., & Simpson, C. (2019). Physiological Effects of Exogenously Applied Reflectants and Anti-Transpirants on Leaf Temperature and Fruit Sunburn in Citrus. **Plants**, 8, 12, 549.
- Sadka, A., Shlizerman, L., Kamara, I., & Blumwald, E. (2019). Primary metabolism in citrus fruit as affected by its unique structure. **Frontiers in plant science**, 10, 1167.
- Sarooghinia, F., Khadivi, A., Abbasifar, A., & Khaleghi, A. (2020). Foliar Application of Kaolin to Reduce Sunburn in 'Red Delicious' Apple. **Erwerbs-Obstbau**, 62(1), 83-87.
- Schrader, Larry E. (2011). Scientific Basis of a Unique Formulation for Reducing Sunburn of Fruits. **Horticultural Science**, 46, 1, 11.
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of botany**, 2012, 26.
- Sharma, P., Shehin, V. P., Kaur, N., & Vyas, P. (2019). Application of edible coatings on fresh and minimally processed vegetables: a review. **International Journal of Vegetable Science**, 25(3), 295-314.
- Shukla, V., Kumari, R., Patel, D. K., & Upreti, D. K. (2016). Characterization of the diversity of mycosporine-like amino acids in lichens from high altitude region of Himalaya. **Amino acids**, 48(1), 129-136
- Singh, S. P., Kumari, S., Rastogi, R. P., Singh, K. L., & Sinha, R. P. (2008). Mycosporine-like amino acids (MAAs): chemical structure, biosynthesis and significance as UV-absorbing/screening compounds. **Indian Journal of Experimental Biology**, 46, 7-17.
- Singh, S., Khemariya, P., Rai, A., Rai, A. C., Koley, T. K., & Singh, B. (2016). Carnauba wax-based edible coating enhances shelf-life and retain quality of eggplant (*Solanum melongena*) fruits. **LWT**, 74, 420-426.
- Teixeira, G. H. D. A., Morelli, L., Ma, S., Stewart, A., & O'Keefe, S. F. (2019). Photoprotective effect of mycosporine-like aminoacids extracts on natamycin, saffron carotenoids and epigallocatechin gallate in acidified beverages exposed to different light sources. **International Journal of Food Science & Technology**, 54(2), 440-450.
- Torres, C. A., Sepúlveda, A., Leon, L., & Yuri, J. A. (2016). Early detection of sun injury on apples (*Malus domestica* Borkh.) through the use of crop water stress index and chlorophyll fluorescence. **Scientia horticulturae**, 211, 336-342.
- Tsai, MS, Lee, TC e Chang, PT (2013). Comparison of paper bags, calcium carbonate, and shade nets for sunscald protection in 'Murcott' tangor fruit. **HortTechnology**, 23, 5, 659-667.

Urban, L., Charles, F., de Miranda, M. R. A., & Aarouf, J. (2016). Understanding the physiological effects of UV-C light and exploiting its agronomic potential before and after harvest. **Plant Physiology and Biochemistry**, 105, 1-11.

Vavilov, N. I. (1950). The phylogeographic basis of plant breeding. The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. **Chronica Botanica**, 13, 1-6.

Wang, H., Wu, Y., Yu, R., Wu, C., Fan, G., & Li, T. (2019). Effects of postharvest application of methyl jasmonate on physicochemical characteristics and antioxidant system of the blueberry fruit. **Scientia Horticulturae**, 258, 108785.

Weerakkody, P., Jobling, J., Infante, M. M. V., & Rogers, G. (2010). The effect of maturity, sunburn and the application of sunscreens on the internal and external qualities of pomegranate fruit grown in Australia. **Scientia horticulturae**, 124(1), 5761.

Wu, D., Lu, J., Zhong, S., Schwarz, P., Chen, B., & Rao, J. (2019). Effect of chitosan coatings on physical stability, antifungal and mycotoxin inhibitory activities of lecithin stabilized cinnamon oil-in-water emulsions. **LWT**, 106, 98-104.

Xie, Z. et al. (2016). Preharvest ultraviolet-C irradiation: Influence on physicochemical parameters associated with strawberry fruit quality. **Plant Physiology and Biochemistry**, 108, 337-343.

Yimenu, Samuel Mezemir; Abera, Solomon; Solomon, W. K. (2017). Effect of bee wax and linseed oil coatings and frequency of dipping on the biochemical and organoleptic quality of fresh orange juice (*Citrus sinensis* cv. Valencia). **Journal of Postharvest Technology**, 5, 2, 17-28.

Zaky, M. A. (2018). Impact of spraying some chemical substances on controlling sunburn of Balady mandarin fruits. **Egyptian Journal of Horticulture**, 45(2), 229-236.

Zambrano-Zaragoza, M. L., González-Reza, R., Mendoza-Muñoz, N., MirandaLinares, V., Bernal-Couoh, T. F., Mendoza-Elvira, S., & Quintanar-Guerrero, D. (2018). Nanosystems in edible coatings: A novel strategy for food preservation. **International journal of molecular sciences**, 19(3), 705.

Zhang, Y., Simpson, B. K., & Dumont, M. J. (2018). Effect of beeswax and carnauba wax addition on properties of gelatin films: A comparative study. **Food bioscience**, 26, 88-95.

Capítulo 4 – Considerações Finais

Tendo em vista a problemática exemplificada no presente estudo pelo desenvolvimento do distúrbio fisiológico que resulta na escaldadura ou queimadura solar nos frutos e, conseqüentemente, em perdas ainda na pré-colheita de produtos hortícolas, explana a necessidade pela busca de métodos outros para a realização de um controle efetivo desta injúria. Sabendo-se do amplo uso de barreiras físicas para esta finalidade, sendo estas onerosas e/ou pouco eficientes, bem como a quantidade limitada de informações sobre a utilização de barreiras químicas para controle do desenvolvimento de escaldadura em produtos hortícolas, há a necessidade de estudos para o desenvolvimento de produtos químicos fotoprotetores para os vegetais.

Apesar do conhecimento sobre a eficácia de compostos como as micosporinas tipo aminoácidos (MAA) oriundos de organismos aquáticos como fotoprotetores naturais, sua extração é difícil e demorada. Isto levou a necessidade de se utilizar o produto comercial o Helioguard 365 como fonte de MAA para a produção das coberturas que atuassem como uma barreira química à radiação solar. O veículo para a aplicação das MAAs foi as emulsões lipídicas à base de cera de carnaúba, pois esta apresentou propriedades hidrofóbicas para aplicação do fotoprotetor. Ainda que as qualidades físico-químicas e de estabilidade das emulsões tenham sido adequadas e satisfatórias, bem como sua atividade fotoprotetora comprovada através de avaliação espectrofotométrica, esta não foi suficiente para impedir os efeitos deletérios do excesso de radiação solar ante sua aplicação pré-colheita nos três cultivares de laranjeiras, 'Hamlin', 'Pera-Rio' e 'Valência'.

Com base nos resultados obtidos, o uso do produto fonte de MAA, assim como o hidróxido de cálcio, tratamento tradicional para o controle de escaldadura, foram pouco eficientes inibindo o desenvolvimento da injúria. Com o escurecimento dos recobrimentos ante exposição à radiação solar, presumidamente em função da oxidação dos lipídeos da base lipídica, que podem ter influenciado e favorecido a indução da escaldadura nos frutos.

Estes resultados indicam a necessidade de mais estudos e testes visando o controle deste distúrbio fisiológico, bem como do uso de novas formulações com

capacidade fotoprotetora, além de outros veículos de aplicação destes compostos, no sentido de possivelmente encontrar cobertura de maior eficiência para aplicação nos frutos sem prejudicar a qualidade dos mesmos.