

THALITA DAL TOÉ BENINCÁ

**PÓS-COLHEITA DE GOIABEIRA SERRANA: ENZIMAS
LIGADAS AO ESCURECIMENTO DE POLPA,
REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS E COMPOSTOS
BIOATIVOS**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. PhD. Cassandro Vidal Talamini do Amarante.

**LAGES
2014**

B472p

Benincá, Thalita Dal Toé

Pós-colheita de goiabeira serrana: enzimas ligadas ao escurecimento de polpa, revestimentos comestíveis e compostos bioativos/ Thalita Dal Toé Benincá. - Lages, 2014.

125p.: il.; 21 cm

Orientador: Cassandro Vidal Talamini do Amarante

Bibliografia: p. 101-125

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2014.

1. Accasellowiana(Berg.) Burret. 2. Enzimas.3. Antioxidantes. 4.Compostos fenólicos.
- 5.Revestimento comestível.I.Benincá, Thalita Dal Toé. II.Amarante,Cassandro Vidal Talamini do.III.Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do CAV/ UDESC

THALITA DAL TOÉ BENINCÁ

**PÓS-COLHEITA DE GOLABEIRA SERRANA: ENZIMAS
LIGADAS AO ESCURECIMENTO DE POLPA,
REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS E COMPOSTOS
BIOATIVOS**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Banca Examinadora:

Orientador:

Prof. Ph.D. Cassandro Vidal Talamini do Amarante
UDESC/Lages-SC

Co-Orientador:

Prof. Dr. Cristiano André Steffens
UDESC/ Lages-SC

Membro:

Dr. Márcia Vizzoto
EMPRAPA/Pelotas-RS

Lages, 31/07/2014

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Antonio e Maria Albertina, por todo carinho e dedicação. Pelas palavras e consolo nas horas difíceis. Dando exemplo de sabedoria, honestidade e caráter. Todos os dias agradeço a Deus pelo privilégio de tê-los como pais, e peço que ele continue os abençoando e protegendo. Amo vocês!

Israel e Julia, irmão e cunhada. Por sempre me apoiarem nas minhas decisões e estarem dispostos a me aconselhar e motivar.

Ao meu namorado Fernando, pelo apoio e companheirismo. Por estar sempre presente e disposto a ajudar. Pelo amor, confiança e paciência. Amo-te!

Aos meus avós, Ramiro e Deniz, e Albina e Domingos (in memorian), por serem verdadeiros exemplos de luta e honestidade. Por terem auxiliado na minha educação e criação. Amo vocês!

As minhas amigas de república pela amizade sincera, risadas e as palavras de carinho. A Iara Karine Zimmermann, por ser uma amiga tão leal e presente, que apesar da distância esteve sempre atuante em minha vida.

Ao professor Cassandro V. T. do Amarante, por ter me orientado nos últimos anos, por conversar, indicar caminhos, soluções, incentivar, dividir o seu tempo e conhecimento comigo, sempre paciente e justo.

Ao professor Cristiano A. Steffens pelo grande ensinamento a mim repassado, sempre disposto a ensinar e contribuir em todos os trabalhos, com muita dedicação e sabedoria.

A colega e amiga Alexandra, por ter me acompanhado desde o início dos experimentos,

trocando idéias e metodologias. Auxiliando na execução e planejamento dos trabalhos. Muito obrigada!

Aos demais amigos e colegas do laboratório, por serem companheiros de disciplinas, por toda a ajuda fornecida, pelos bons momentos e prestatividade. A companhia de vocês foi maravilhosa e inesquecível! Em especial, Crizane, Aline, Milton, Mayara, Angélica, Bruno, Mariuccia, Marcos, Amanda, Marcelo, Generoso, Jefferson, Marilia, Renan, Vinicio, Vinícios, Fran, Eloisa, João Paulo, Daniel, João Henrique, Roger, Cleber, Fernanda e Diego.

A UDESC e aos professores e demais profissionais, sou grata pela minha formação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

A Epagri, pela concessão dos frutos para este trabalho.

A Deus por permitir que eu conviva com pessoas, que de uma forma ou de outra contribuam para minha formação pessoal e profissional.

A todos vocês o meu carinho e a minha gratidão.

RESUMO

BENINCÁ, Thalita Dal Toé. **Pós-colheita de goiabeira serrana: enzimas ligadas ao escurecimento de polpa, revestimentos comestíveis e compostos bioativos.** 2014. 125f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Fisiologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2014.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a possível relação entre a atividade das enzimas [polifenoloxidase (PPO), fenilalanina amonialiase (PAL) e peroxidase (POD)] e o escurecimento de polpa e a comparação dos genótipos quanto à capacidade de manter as características qualitativas após o armazenamento; a eficácia do uso de revestimento comestível (cera de carnaúba) na preservação da qualidade pós-colheita de goiaba serrana; e quantificar compostos bioativos em folhas, flores e frutos após secagem. No primeiro experimento, foram quantificadas as atividades da PPO, POD e PAL, e avaliados o escurecimento de polpa, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH e a relação SS/AT em frutos dos genótipos Alcântara, Helena, Mattos, Nonante e 2316, na colheita e após armazenados a $4\pm1^{\circ}\text{C}$ ($90\pm5\%$ UR), durante sete e 14 dias, seguido por mais 48 h a $23\pm1^{\circ}\text{C}$ ($75\pm5\%$ UR). No segundo experimento, frutos de goiabeira serrana ‘Alcântara’ foram revestidos na colheita com cera de carnaúba, diluída em água nas concentrações de 0, 25, 50 e 100% de produto comercial (v/v), e avaliados, após armazenamento durante 15 dias a $4\pm1^{\circ}\text{C}$ ($90\pm5\%$ UR),

seguido por mais 48 horas a $23\pm1^{\circ}\text{C}$ ($75\pm5\%$ UR), quanto a permeânci a vapor de água (P'_{H2O}), perda de massa fresca, pH, SS, AT, relação SS/AT e escurecimento de polpa. No terceiro experimento, em tecidos desidratados, foram quantificados a atividade antioxidante total (métodos ABTS e DPPH) e compostos fenólicos totais (Folin-Ciocalteau) nos diversos tecidos, acrescido das análises de antocianinas totais e de flavonóides totais nas flores, de genótipos brasileiros. No primeiro experimento, houve aumento de 29% na atividade da PPO da colheita aos sete dias, e de 37% dos sete dias aos 14 dias de armazenamento refrigerado dos frutos. A atividade da POD foi muito pequena nos frutos de todos os genótipos. A PAL apresentou pequeno incremento na sua atividade até os 14 dias de armazenamento refrigerado dos frutos. No segundo experimento, os frutos revestidos com cera de carnaúba nas concentrações de 25, 50 e 100%, apresentaram redução na P'_{H2O} de 32, 40 e 49%, respectivamente, e a perda de massa durante o armazenamento em 2,04; 1,77 e 1,40%, respectivamente, quando comparado aos frutos não revestidos. No terceiro experimento, nos tecidos desidratados, os conteúdos de fenólicos totais, em ordem descrente, foram folhas > frutos com casca e polpa > casca dos frutos > flores. A atividade antioxidante, em ordem descrente, foi frutos com casca e polpa > casca dos frutos > flores > folha. O EC₅₀, em ordem descrente, foi flores > folhas > fruto com casca e polpa > casca dos frutos. Os resultados obtidos mostram que o aumento na atividade das enzimas PPO e PAL tem forte ligação ao alto índice de escurecimento de polpa em goiaba serrana. A cera de carnaúba foi eficaz na redução da P'_{H2O} e na supressão de perda de massa fresca em goiabas serranas ‘Alcântara’. Os materiais

secos de diversas partes da goiabeira serrana são fonte de compostos antioxidantes totais e fenólicos totais, tornando-se viáveis como subprodutos funcionais.

Palavras-chave: *Acca sellowiana* (Berg.) Burret. Enzimas. Antioxidantes. Compostos fenólicos. Revestimento comestível.

ABSTRACT

BENINCÁ, Thalita Dal Toé. **Postharvest of feijoa fruit: enzymes related to flesh browning, edible coating and bioactive compounds.** 2014. 125f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Fisiologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2014.

The aims of this study were: quantifying the activity of enzymes related to the browning of pulp [polyphenol oxidase (PPO), phenylalanine ammonia-lyase (PAL) e peroxidase (POD)] in Brazilian genotypes of Feijoa; quantifying the bioactive compounds in different parts of the Feijoa (leaves, flowers and fruits) after drying; and evaluate the efficacy of edible coating (carnauba wax) on maintenance of postharvest quality of Feijoa. In the first experiment, it were quantified the activities of enzymes PPO, POD and PAL, and it were evaluated the browning of the pulp, soluble solids (SS), titratable acidity (AT), pH and the relation SS/AT of fruits of genotypes Alcântara, Helena, Mattos, Nonante and access 2316, on the harvest and after storage at 4 ± 1 °C ($90\pm5\%$ RH) during seven and fourteen days, followed of 48 hours at 23 ± 1 °C ($75\pm5\%$ RH). In the second experiment, on dehydrated tissues, it were quantified the total antioxidant activity (ABTS and DPPH methods) and total phenolic compounds (Folin-Ciocalteau) of fruits, leaves and flores, and the content of total anthocyanins and of total flavonoids of leaves, on the genotypes Alcântara, Helena, Mattos, Nonante

and the access 2316. In third experiment, fruits of Feijoa "Alcântara" were covered at harvest with Carnaúba wax, diluted in water at the concentrations 0, 25, 50 and 100% of commercial product (v/v) and it were evaluated after fifteen days stored at 4 ± 1 °C ($90\pm5\%$ RH) more 48 hours of shelf life at 23 ± 1 °C ($75\pm5\%$ RH), for water vapour permeance (P'_{H2O}), fresh weight loss, pH, SS, AT, relation SS/AT and browning of the pulp. In the first experiment, increased 29% of PPO activity from harvest to seventh day, and 37% from the seventh to fourteenth day of cold storage of fruits. The POD activity was very small on fruits of all genotypes. The PAL showed small increased in the activity until fourteen days of cold storage of fruits. The cold storage preserved the quality of fruits after harvest (SS, AT, pH, and relation SS/AT), and "Nonante" showed the best physical-chemical quality between the genotypes evaluated. In the second experiment, on dehydrated tissues, total phenolic, it was in descending order: leaves > fruits with skin and pulp > skin of fruits > flowers. The antioxidant activity was in descending order: fruits with skin and pulp > skin of fruits > flowers > leaves. The EC₅₀, was in descending order: flowers > leaves > fruits with skin and pulp > skin of fruits. In third experiment, the covered fruits with carnauba wax at the concentrations 25, 50 and 100% showed reduction in P'_{H2O} of 32, 40 and 49% respectively, and the weight loss during storage of 2,04; 1,77 and 1,40% respectively, compared to the uncovered fruits. The covering of fruits with carnauba wax added to the cold storage preserved the physical-chemical quality (SS, AT, pH, and relation SS/AT) of Feijoa fruits during fifteen days and more 48 hours of shelf life. The results showed that increasing activity of PPO and PAL enzymes can be related to the senescence

of the fruits. The PPO enzyme activity seems to have strong links to high rate of browning of pulp of Feijoa. The dried material from various parts of the Feijoa are a source of total antioxidants and phenolic compounds, making it viable how functional products. Carnauba wax was effective in reducing P'_{H2O} and the suppression of losses of weight in "Alcântara" Feijoas.

Key-words: *Acca sellowiana* (Berg.) Burret. Enzymes. Antioxidant. Phenolic compounds. Edible coating.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atividade da enzima polifenol oxidase (PPO), em diferentes genótipos de goiabeira serrana (<i>Acca sellowiana</i>), na colheita e após sete e 14 dias em armazenamento refrigerado ($4\pm1^{\circ}\text{C}$ / $90\pm5\%$ UR), seguido 48 h de vida de prateleira ($23\pm1^{\circ}\text{C}$ / $75\pm5\%$ UR).	45
Tabela 2 - Atividade da enzima peroxidase (POD), em diferentes cultivares de goiabeira-serrana (<i>Acca sellowiana</i>), na colheita e após sete e 14 dias em armazenamento refrigerado ($4\pm1^{\circ}\text{C}$ / $90\pm5\%$ UR), seguido 48 h de vida de prateleira ($23\pm1^{\circ}\text{C}$ / $75\pm5\%$ UR).....	49
Tabela 3 - Atividade da enzima fenilalanina amonialiase (PAL), em diferentes genótipos de goiabeira serrana (<i>Acca sellowiana</i>), na colheita e após sete e 14 dias em armazenamento refrigerado ($4\pm1^{\circ}\text{C}$ / $90\pm5\%$ UR), seguido 48 h de vida de prateleira ($23\pm1^{\circ}\text{C}$ / $75\pm5\%$ UR).	51
Tabela 4 - Atributos de qualidade dos frutos, em diferentes genótipos de goiabeira serrana (<i>Acca sellowiana</i>), na colheita e após armazenamento refrigerado (sete e 14 dias a $4\pm1^{\circ}\text{C}$ / $90\pm5\%$ UR), seguido de 48 h a $23\pm1^{\circ}\text{C}$ ($75\pm5\%$ UR).....	55
Tabela 5 - Severidade de escurecimento de polpa (1-ausente; 2-inicial; 3-moderado, e 4-severo, correspondente a 0%, 1-30%, 31-60% e 61-100% de polpa escurecida, respectivamente), em diferentes genótipos de goiabeira serrana (<i>Acca sellowiana</i>), na colheita e após sete e 14 dias em armazenamento refrigerado ($4\pm1^{\circ}\text{C}$ / $90\pm5\%$ UR), seguido 48 h de vida de prateleira ($23\pm1^{\circ}\text{C}$ / $75\pm5\%$ UR)	58

Tabela 6- Teores de antocianinas totais e de flavonóides totais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidant total (determinada através dos métodos DPPH e ABTS) em pétalas de flores de diferentes genótipos de goiabeira serrana (<i>Acca sellowiana</i>), secos por sete dias a 40 ± 5 °C.....	75
Tabela 7- Compostos fenólicos totais e atividade antioxidant total (determinada através dos métodos DPPH e ABTS) das folhas, casca de frutos e frutos com casca e polpa, de diferentes genótipos de goiabeira-serrana (<i>Acca sellowiana</i>), secos por sete dias a 40 ± 5 °C	78
Tabela 8 - Permeância ao vapor de água ($P'H2O$) dos frutos de goiabeira serrana (<i>Acca sellowiana</i>) cv. Alcântara, tratados com diferentes concentrações de cera de carnaúba (a 21 ± 3 °C/ $90\pm5\%$ UR).	93
Tabela 9 - Perda de massa fresca dos frutos de goiabeira serrana (<i>Acca sellowiana</i>) cv. Alcântara, tratados com diferentes concentrações de cera de carnaúba (a 21 ± 3 °C/ $90\pm5\%$ UR).	94
Tabela 10- Atributos de qualidade dos frutos da cultivar Alcântara de goiabeira serrana (<i>Acca sellowiana</i>), tratados com diferentes concentrações de cera de carnaúba, após armazenamento refrigerado (15 dias a 4 ± 1 °C/ $90\pm5\%$ UR), seguido de 48 h a 23 ± 1 °C ($75\pm5\%$ UR).	96

LISTA DE ABREVIACÕES

%	Porcentagem
~	Aproximadamente
<	Menor que
>	Maior que
μM	Micromolar (unidade de medida química)
C.V	Coeficiente de variação
Cm	Centímetro
CO_2	Dióxido de carbono
cv.	Cultivar
ϵ	Épsilon (coeficiente de extinção molar)
G	Grama
γ	Sigma
H	Horas
H_2O_2	Peróxido de hidrogênio
HCL	Ácido clorídrico
Kg	Quilograma
M	Metro
M	Molar (unidade de medida química)
Mg	Miligrama
Min	Minuto
mL	Mililitro
mM	Milmolar (unidade de medida química)
N	Normal (concentração de solução química)
n°	Número
Nm	Namômetro
O_2	Oxigênio
$^\circ\text{C}$	Graus Celsius
P	Probabilidade
pH	Potencial hidrogeniônico
PPM	Parte por milhão
RPM	Rotações por minuto

m.s^{-1}	Metros por segundo
SC	Santa Catarina
sp.	Espécie
UR	Umidade relativa do ar
UV	Ultravioleta
v/v	Volume/volume
W	Oeste
α	Alfa
β	Beta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	33
2 ATIVIDADE DE ENZIMAS LIGADAS AO ESCURECIMENTO DE POLPA E QUALIDADE DOS FRUTOS DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO EM GENÓTIPOS BRASILEIROS DE GOIABEIRA SERRANA.....	38
2.1 RESUMO	38
2.2 INTRODUÇÃO.....	39
2.3 MATERIAL E MÉTODOS	41
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
2.5 CONCLUSÕES.....	63
3 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FRUTOS, FOLHAS E FLORES DE GOIABEIRA SERRANA SUBMETIDOS À SECAGEM.....	64
3.1 RESUMO	64
3.2 INTRODUÇÃO.....	65
3.3 MATERIAL E MÉTODOS	67
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
3.5 CONCLUSÕES	85

4 TRATAMENTO DE GOIABA SERRANA COM EMULSÕES DE CERA DE CARNAÚBA PARA A REDUÇÃO NA PERDA DE ÁGUA E PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA.....	86
4.1 RESUMO	86
4.2 INTRODUÇÃO	87
4.3 MATERIAL E MÉTODOS	89
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
4.5 CONCLUSÕES.....	98
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
REFERÊNCIAS.....	101

1 INTRODUÇÃO

No Brasil existe diversidade genética de espécies vegetais pouco exploradas. Muitas dessas espécies são frutíferas nativas, que ainda não foram estudados seus potenciais de consumo e de benefícios à população. O Brasil ainda é incipiente nos estudos e na domesticação de suas espécies vegetais (NETO et al., 2014). A exploração comercial de plantas nativas é importante, porque valoriza a flora local, além de reforçar identidades regionais.

A goiabeira serrana [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret., sinônimo *Feijoa sellowiana* Berg.] é um exemplo de espécie frutífera nativa com potencial para a exploração comercial, ainda pouco estudada. A goiabeira serrana, também conhecida como *feijoa* (denominação mais utilizada na literatura internacional) e *guayabo* (no Uruguai), é pertencente à família Myrtaceae. É nativa do planalto meridional brasileiro e nordeste do Uruguai (DUCROQUET et al., 2000), sendo que alguns autores relatam sua ocorrência natural no lado ocidental do Paraguai e noroeste da Argentina (MARTÍNEZ-VEGA et al., 2008). Entretanto, no Brasil é cultivada em caráter doméstico e extrativista.

No Sul do Brasil, a espécie mostra-se adaptada a condições de clima frio, ocorrendo com maior frequência em áreas com altitudes superiores a 800m, em formações de bosques e matas de araucária (DUCROQUET et al., 2000). A goiabeira serrana, apesar de ser nativa do planalto meridional brasileiro, é cultivada quase que exclusivamente em outros países, como França, Itália, Rússia, Nova Zelândia, Estados Unidos, Israel e Colômbia (THORP e BIELESKI, 2002), sendo o nosso país importador dos frutos desta espécie, produzidos principalmente na Colômbia. Este fato demonstra

a importância do cultivo comercial dessa frutífera no Sul do Brasil.

A goiabeira serrana apresenta crescimento arbustivo, perenifólio, com 2 a 6m de altura e tronco ramificado (DUCROQUET et al., 2000). O fruto, classificados como um pseudofruto do tipo pomo, é uma baga com formato oblongo, polpa cor gelo, casca lisa, semi-rugosa ou rugosa, com diâmetro de 3-5cm, comprimento de 4-10cm, peso de 20-250g e rendimento de polpa de 15-50% (DEGENHARDT et al., 2003; QUADROS et al., 2008; AMARANTE et al., 2008). O fruto da goiabeira serrana é similar ao da goiabeira comum (*Psidium guajava*L.), mas apresenta casca verde e não comestível, com polpa de sabor singular doce-acidulado e aroma penetrante.

Recentemente, o interesse pela goiaba serrana vem aumentando em diversos países (QUEZADA et al., 2014), principalmente pelo poder bioativo e funcional que essa fruta pode desempenhar no organismo. O fruto apresenta atividade antibacteriana (MOTOHASHI et al., 2000), antioxidante (IELPO et al., 2000; BASILIE et al., 2010; MONFORTE et al., 2013), antiinflamatória (MONFORTE et al., 2013), supressora de células cancerígenas (BONTEMPO et al., 2007), nefroprotetora (KARAMI et al., 2014) e gastroprotetora/anti-úlcera (MONFORTE et al., 2014).

O consumo de frutas está aumentando não apenas pela preferência ou pelo gosto da população, mas sim pelos benefícios que elas trazem a saúde. A goiaba serrana apresenta diversos compostos bioativos e funcionais importantes, como isoflavonas (LAPCIK et al., 2005), antioxidantes, polifenóis, vitamina E (MONFORTE et al., 2013), lipídeos (KOLESNIK et al., 1991), vitamina C, fibras e minerais (WESTON, 2010; WATERHOUSE et al., 2012). Além dos benefícios trazidos pelo consumo *in natura*, os resíduos dos frutos são excelentes ingredientes para alimentos funcionais (WATERHOUSE et al., 2012)

Em Santa Catarina, a goiabeira serrana vem sendo pesquisada desde 1986, pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (Epagri), com o objetivo de selecionar genótipos superiores e desenvolver um sistema de produção que permita seu cultivo em escala comercial. Como resultado do trabalho, desenvolvido pela Epagri, foram lançadas, nos anos de 2007 e 2008, as quatro primeiras cultivares comerciais brasileiras de goiaba serrana: Alcântara, Helena, Mattos e Nonante.

As características e bases para a conservação pós-colheita dos frutos ainda são pouco conhecidas (AMARANTE et al., 2008), com lacunas a serem preenchidas para o desenvolvimento de técnicas específicas para a preservação da qualidade. Sabe-se que o fruto é climatérico, apresenta elevadas taxas respiratórias e de produção de etileno, e rápido amadurecimento, sendo necessário o estabelecimento de estratégias visando a preservação da sua qualidade (AMARANTE et al., 2008; EAST et al., 2009). O tempo de conservação em câmara fria é limitado, correspondendo a cerca de 20 dias a 4 °C, seguido de dois dias de vida de prateleira a 20 °C (VELHO et al., 2011). A armazenagem por longos períodos compromete a qualidade dos frutos (HOFFMANN et al., 1994). Por isso a importância de se estudar técnicas de manejo pós-colheita que preservem a qualidade do fruto e aumentem a sua oferta ao mercado consumidor.

Alguns estudos sobre o comportamento pós-colheita da goiabeira serrana já foram realizados. Tanto em armazenamento refrigerado quanto em temperatura ambiente, há grande perda de qualidade comercial e sensorial do fruto. Semelhante a outras frutas, na goiaba serrana ocorre decréscimo de firmeza de casca e polpa durante a pós-colheita (RODRIGUÉZ et al., 2006; AMARANTE et al., 2013). Em algumas cultivares, ocorre a perda de cor verde na casca

(VELHO et al., 2011), mas em outras não é possível observar mudança de coloração (EAST et al., 2009). Com relação aos ácidos orgânicos, alguns autores relatam o decréscimo dos mesmos durante a pós-colheita (VELHO et al., 2011; AMARANTE et al., 2013). Também na fase pós-colheita, além de ocorrer acentuada redução no sabor dos frutos, ocorre elevada incidência de escurecimento de polpa (VELHO et al., 2011; AMARANTE et al., 2013).

O escurecimento de polpa do fruto da goiabeira serrana é uma das características que mais limitam o seu armazenamento refrigerado (THORP, 2006; SCHOTSMANS et al., 2011). Apesar da importância, as causas do escurecimento de polpa ainda são pouco conhecidas. Existe uma correlação positiva entre os níveis de atividade da enzima polifenoloxidase e o escurecimento de polpa (THORP e BIELESKI, 2002; SCHOTSMANS et al., 2011). O escurecimento também pode ser desencadeado pela degradação de açúcares no fruto e intensificado por altas temperaturas durante o armazenamento (THORP e BIELESKI, 2002). Em alguns casos, o escurecimento de polpa em frutos de goiabeira serrana, pode ser causado pela excessiva redução nos níveis de O₂ e/ou aumento nos níveis de CO₂ após longos períodos de armazenamento em condições de atmosfera controlada (EAST et al., 2009), bem como ser resultado de longos períodos de armazenamento a 4 °C, levando a dano por frio (THORP e BIELESKI, 2002).

O interesse no estudo da goiabeira serrana deve-se principalmente ao potencial de exploração comercial dessa frutífera nativa e seu possível emprego como fonte de renda para os agricultores da região serrana de Santa Catarina. No entanto, pouco se conhece acerca de técnicas que viabilizem a sua conservação pós-colheita e, consequentemente, a preservação da sua qualidade. O cultivo e a exploração comercial de goiaba serrana podem ainda permitir a oferta à

população de uma nova alternativa de frutos com propriedades bioativas e funcionais desejáveis.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a possível relação entre a atividade das enzimas PPO, POD e PAL e o escurecimento de polpa em genótipos brasileiros de goiabeira serrana; comparação dos genótipos quanto a capacidade de manter as características qualitativas após o armazenamento; a eficácia do uso de revestimento comestível (cera de carnaúba) na preservação da qualidade pós-colheita de goiaba serrana; e quantificar compostos bioativos em diferentes partes da planta (folhas, flores e frutos) após secagem, como alternativa de subprodutos de goiabeira serrana.

2 ATIVIDADE DE ENZIMAS LIGADAS AO ESCURECIMENTO DE POLPA E QUALIDADE DOS FRUTOS DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO EM GENÓTIPOS BRASILEIROS DE GOIABEIRA SERRANA

2.1 RESUMO

O escurecimento de polpa é considerado o principal limitante no armazenamento de goiaba serrana. O objetivo deste trabalho foi avaliar a possível relação entre a atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD) e fenilalanina amonialiase (PAL) e o escurecimento de polpa em cultivares brasileiras de goiaba serrana e também a comparação dos genótipos quanto a capacidade de manter as características qualitativas após o armazenamento. Frutos das cultivares Alcântara, Helena, Mattos, Nonante e do acesso 2316 foram colhidos na maturação comercial, no município de São Joaquim-SC, e armazenados a 4 ± 1 °C ($90\pm5\%$ UR), durante sete e 14 dias, seguido por mais 48 h a 23 ± 1 °C ($75\pm5\%$ UR). Foram quantificadas as atividades das enzimas PPO, POD e PAL, e avaliados o escurecimento de polpa, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH e a relação SS/AT nos frutos de todos os genótipos. Houve incremento significativo na atividade da enzima PPO durante o armazenamento em todos os genótipos. A atividade da PPO aumentou 29% da colheita aos sete dias, e 37% dos sete dias aos 14 dias de armazenamento refrigerado. A atividade da enzima POD encontrada nos frutos de todos os genótipos foi muito pequena. A atividade da PAL foi diferente entre os genótipos, e houve pequeno incremento na sua atividade até os 14 dias de armazenamento refrigerado. Os resultados obtidos mostram que o aumento na atividade das enzimas PPO e PAL

tem forte ligação ao alto índice de escurecimento de polpa em goiaba serrana.

Palavras-chave: *Acca sellowiana* (Berg.) Burret., fruto, pós-colheita, polifenoloxidase, peroxidase, fenilalanina amonialiase.

2.2 INTRODUÇÃO

O escurecimento em frutos e hortaliças prejudica as propriedades sensoriais, devido a mudança de cor, sabor e textura, depreciando comercialmente esses produtos. O escurecimento de polpa é um grande desafio para a comercialização dos frutos de goiabeira serrana [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret., sinônimo *Feijoa sellowiana* Berg.] por longos períodos de tempo. Esse distúrbio fisiológico ocorre tanto em temperatura ambiente quanto em armazenamento refrigerado, tornando difícil a conservação pós-colheita dos frutos.

O armazenamento refrigerado de goiaba serrana é limitado principalmente pela ocorrência de escurecimento na polpa de seus frutos (THORP, 2006; SCHOTSMANS et al., 2011), mesmo armazenando os frutos na temperatura indicada, de 4 °C (HOFFMANN et al., 1994; THORP e BIELESKI, 2002; AMARANTE et al., 2008; VELHO et al., 2011). Esse escurecimento de polpa pode ser decorrente de dano frio (“chilling”), em resposta ao longo período de armazenamento refrigerado a 4 °C (THORP e BIELESKI, 2002). A ocorrência desse distúrbio após longos períodos de armazenamento em atmosfera controlada a 5 °C, também pode ser atribuída à excessiva redução nos níveis de O₂ e/ou aumento nos níveis de CO₂ (EAST et al., 2009), ou à degradação de açúcares no fruto, juntamente com manejo inadequado de temperatura de armazenamento (THORP e BIELESKI, 2002).

O escurecimento de polpa em goiaba serrana pode estar associado à atividade da enzima polifenoloxidase (PPO; EC 1.14.18.1) (THORP e BIELESKI, 2002; SCHOTSMANS et al., 2011), bem como ocorre em outros frutos, com a atividade das enzimas peroxidase (POD; EC 1.11.1.7) e fenilalanina amonialiase (PAL; EC 4.3.1.24), que juntamente com a PPO, ocasionam escurecimento em frutos e hortaliças, resultando em oxidação e polimerização de compostos fenólicos (MANEENUAM et al., 2007; YINGSANGA et al., 2008), deixando os tecidos escurecidos.

O escurecimento enzimático ocorre em frutas e hortaliças após dano mecânico, corte ou durante o armazenamento (OTHMAN, 2012). Esse escurecimento é resultado principalmente da oxidação de compostos fenólicos e também da atividade das enzimas PAL, PPO e POD (MANEENUAM et al., 2007). A atividade dessas enzimas, de maneira conjunta ou individual, resulta em escurecimento enzimático de frutos de rambutã (*Nephelium lappaceum* Linn) (YINGSANGA et al., 2008), lichia (*Litchi chinensis* Sonn.) (BARMAN et al., 2014), diversas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) (CHON et al., 2012), couve-flor (*Brassica oleracea* L.) (ZHAN et al., 2014) e cogumelo (*Agaricus bisporus*) (GAO et al., 2014), dentre outras.

A enzima PPO é considerada de ocorrência quase universal, pois é encontrada em animais, fungos e plantas (MAYER, 2006). Os substratos para enzima PPO são os compostos fenólicos (ácido caféico, catecol, catequinas, dicatecol) presentes em tecidos de plantas, principalmente os flavonóides (CHISARI et al., 2007; MISHARA et al., 2012; OTHMAN, 2012). As PPOs atuam sobre compostos fenólicos, levando a sua oxidação a quinonas, na presença de oxigênio, desencadeando o escurecimento dos tecidos vegetais pela polimerização das mesmas, ou à sua reação com aminoácidos e proteínas (MAYER, 2006; JIANG et al., 2004).

As enzimas PODs catalisam reações redox em vegetais, usando peróxido de hidrogênio e oxigênio como agentes oxidantes (GUIMARÃES et al., 2010). Essas enzimas oxidam diferentes doadores de hidrogênio (fenólicos, aminas, leucobases e compostos heterocíclicos) (CORRÊA et al., 2007; CHON et al., 2012). O produto da oxidação é colorido, e em muitos casos é utilizado para determinação colorimétrica da atividade da POD (LOPES et al., 2014).

A PAL é a principal enzima do metabolismo secundário que, juntamente com outras enzimas, pode participar da formação “de novo” de lignina e de outros compostos fenólicos (DING et al., 2002). A PAL atua na desaminação da L-fenilalanina e forma ácido transcinâmico (DIXON e PAIVA, 1995; CHOEHOM et al., 2004; CHEN et al., 2006; MAZARO et al., 2009; MISHARA et al., 2012), os quais são percussores para vários compostos fenólicos (como ácido cumárico, caféico e ferrúlico), pigmentos antocianinas e ligninas (DIXON e PAIVA, 1995; TAIZ e ZEIGER, 2009). Logo a PAL gera substratos para a atuação das enzimas PPO e POD (NGUYEN et al., 2003; CHEN et al., 2008), demonstrando sua importância no processo de escurecimento de frutos e hortaliças.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a possível relação entre a atividade das enzimas antioxidantes PPO, POD e PAL e o escurecimento de polpa em cultivares brasileiras de goiaba serrana, e a comparação dos genótipos quanto a capacidade de manter as características qualitativas após o armazenamento.

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos das cultivares Alcântara, Helena, Mattos e Nonante, e do acesso 2316, foram colhidos em pomar do Banco Ativo de Germoplasma (BAG), da Estação Experimental da EPAGRI, em São Joaquim-SC (latitude 28°

16° 40,02" S, longitude 49° 56' 09,10" W e altitude de 1.400 m), na safra 2012/2013, no ponto de colheita comercial, identificado pela sua facilidade do desprendimento da planta. No Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do CAV/UDESC, em Lages, SC, os frutos foram selecionados pela uniformidade de tamanho, cor e ausência de defeitos, como má-formação e danos mecânicos.

Os frutos foram avaliados quanto à qualidade na colheita, e após sete e 14 dias de armazenamento a 4 ± 1 °C ($90\pm5\%$ UR), seguido por mais 48 horas a 23 ± 1 °C / $75\pm5\%$ UR (vida de prateleira). Foram avaliados a atividade das enzimas PPO, POD e PAL e os atributos de acidez titulável (AT), pH, teor de sólidos solúveis (SS), relação SS/AT, incidência e severidade de escurecimento da polpa.

O extrato enzimático para PPO e POD foi obtido através da pesagem de 5 g de polpa e adicionando 10 mL de solução tampão fosfato de potássio monobásico 50 mM e 1% de PVP (polivinilpirrolidona), pH 7,0 (solução tampão de extração). Para PAL, foi obtido através da pesagem de 1 g de polpa e adicionando 5 mL de tampão Tris-HCL 100 mM e 0,5% de PVP, pH 8,0. Após as diferentes preparações, as amostras foram agitadas para homogeneização por um agitador do tipo VORTEX. Em seguida centrifugadas a 10000 rpm por 20 min, a 4 °C. Os sobrenadantes foram recolhidos (extratos) para as análises enzimáticas.

As atividades enzimáticas nas frações de sobrenadantes foram determinadas por métodos diferentes. Para análise da PPO, 0,3 mL do extrato foi misturado com 1,85 mL de solução tampão de fosfato de potássio monobásico 0,1 M (pH 6,0), contendo 0,1 M de solução de pirocatecol, em tubos de ensaio, incubando-os por 30 min a 30 °C. Interrompeu-se a reação com 0,8 mL de ácido perclórico 0,2 M. Variação da absorbância a 395 nm foi medida por espectrofotometria, zerando o equipamento com a mesma reação anterior, substituindo apenas o extrato, por solução tampão de extração. Uma

unidade de atividade enzimática (UEA) foi definida como a quantidade de atividade enzimática que produziu uma mudança de 0,001 unidade de absorbância por mL de amostra, por minuto. Os resultados foram expressos em $\text{UAE} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ proteína.

A atividade da POD foi obtida numa mistura reacional consistindo de 0,9 mL de tampão fosfato de potássio monobásico 0,1 M com ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) 0,1 mM (pH 7,0; aquecido a 30 °C), adicionado sequencialmente de 0,5 mL de guaiacol (0,02 M), 0,5 mL de peróxido de hidrogênio (0,06 M) e 0,05 mL de extrato enzimático, em tubos de ensaio. Variação da absorbância a 470 nm foi medida por espectrofotometria, zerando o equipamento com água destilada. A UEA foi igual a definida anteriormente. Os resultados foram expressos em $\text{UAE} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ proteína, utilizando o coeficiente de extinção molar do tetraguaiacol ($\mathcal{E}=26,6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$), considerando-se que são necessários 4 moles de guaiacol para reduzir 1 mol de H_2O_2 (MATSUNO e URITANI, 1972).

A atividade da PAL foi analisada de acordo com Mori et al. (2001) e El-Shora (2002), com modificações. Foi adicionado, sequencialmente, 1,0 mL de extrato, 5,8 mL de tampão Tris-HCL 100 mM contendo 0,5% de PVP com pH 8,4, e 0,2 mL de solução de L-fenilalanina 40 mM, em tubos de ensaio, incubando-os por uma hora a 60 °C. Interrompeu-se a reação com 0,1 mL de ácido clorídrico 6 M. Utilizou-se a mesma reação como controle (branco), porém a interrupção da reação ocorreu antes de adicionar a solução de L-fenilalanina. A variação da absorbância a 290 nm foi medida por espectrofotometria, zerando o equipamento com água desionizada. A UEA definida foi igualmente as demais, e os resultados foram expressos em $\text{UAE} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ proteína.

As atividades das enzimas PPO, POD e PAL foram expressas em função das quantidades de proteínas totais. Os

teores protéicos obtidos seguiram o método desenvolvido por Bradford (1976), utilizando a albumina de soro bovino (BSA) como padrão.

Os valores de AT (% de ácido cítrico) foram obtidos por titulometria de amostra de suco extraído dos frutos (10 mL de amostra diluída com 90 mL de água destilada), com solução de hidróxido de sódio 0,1 N até pH 8,1. O pH do suco foi quantificado com um pHmetro de bancada. Os teores de SS (%) foram determinados com um refratômetro manual (Abbe Atago), utilizando-se do suco extraído conforme descrito para a AT, com correção da leitura para a temperatura de 20 °C.

As análises de incidência (%) e severidade de escurecimento da polpa foram efetuadas através de análise visual. A severidade foi avaliada atribuindo-se notas de 1 a 4 (1-ausente; 2-inicial; 3-moderado, e 4-severo, correspondendo a 0%, 1-30%, 31-60% e 61-100% da polpa do fruto com escurecimento, respectivamente).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições, e cada repetição composta de 10 frutos. As médias de tratamentos (genótipos) foram comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$) utilizando o programa SAS (SAS Institute, 2002).

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atividade da PPO

A atividade da PPO teve aumento significativo da colheita até transcorridos os 14 dias de armazenamento. Houve incremento de 29% na atividade enzimática, passando de $4,68 \text{ UAEmin}^{-1}\text{g}^{-1}$ proteína, na colheita, para $6,09 \text{ UAEmin}^{-1}\text{g}^{-1}$ proteína após sete dias de armazenamento. Do período de sete aos 14 dias de armazenamento ocorreu incremento de 37% na atividade enzimática, chegando a $8,39 \text{ UAEmin}^{-1}\text{g}^{-1}$ proteína (Tabela 1). O aumento da atividade enzimática da PPO, em

frutos durante o armazenamento refrigerado, ocorre em diversas frutíferas. Durante o armazenamento refrigerado de lichia (*Litchi chinensis*) também ocorreu aumento na atividade da PPO de 18% em ‘Shahi’ e 48% em ‘China’ (4 °C por 15 dias) (MISHARA, et al., 2012), bem como aumento de 53% em broto de bambu (1 °C por 50 dias) (LUO et al., 2012).

Tabela 1 - Atividade da enzima polifenol oxidase (PPO), em diferentes genótipos de goiabeira serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após sete e 14 dias em armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C / $90\pm5\%$ UR), seguido 48 h de vida de prateleira (23 ± 1 °C / $75\pm5\%$ UR).

Genótipos	Atividade da PPO (UAEmin ⁻¹ g ⁻¹ proteína)	
	Colheita	
Alcântara	2,08 Bc*	
Helena	5,36 Ab	
Mattos	5,49 Ac	
Nonante	5,70 Ab	
Acesso 2316	4,95 Ac	
C.V. (%)	4,68 c	
	Armazenamento refrigerado	
	7 dias	14 dias
Alcântara	5,81BCb	7,17 CDa
Helena	5,49 Cb	6,56 Da
Mattos	6,71 Ab	11,62 Aa
Nonante	6,37ABb	7,78 BCa
Acesso 2316	6,12 ABCb	8,71 Ba
C.V. (%)	10,39	6,71

*Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Fonte: Próprio autor

Houve diferença entre os genótipos de goiaba serrana na atividade da PPO, nos três períodos de avaliação (Tabela 1). A cultivar Alcântara apresentou a menor atividade de PPO, em relação aos demais genótipos. Já a cultivar Mattos apresentou maior atividade da PPO em relação aos demais genótipos, especialmente após 14 dias de armazenamento refrigerado, seguido por mais 48h de vida de prateleira ($11,62 \text{ UAE} \cdot \text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ proteína).

Houve incremento na atividade enzimática em todos os genótipos, da colheita até os 14 dias de armazenamento refrigerado. Aos sete dias de armazenamento refrigerado, os genótipos tiveram atividade enzimática semelhante, e com pouca diferença entre eles (Tabela 1). Na última quantificação enzimática, realizada aos 14 dias de armazenamento refrigerado, o acesso 2316 e as cultivares Alcântara e Nonante apresentaram valores intermediários de atividade enzimática, sendo respectivamente $8,71$; $7,17$ e $7,78 \text{ UAEmin}^{-1} \text{g}^{-1}$ proteína. Já a cultivar Helena apresentou a menor atividade de PPO, e a cultivar Mattos a maior atividade, aos 14 dias de armazenamento refrigerado, sendo de $6,56$ e $11,62 \text{ UAEmin}^{-1} \text{g}^{-1}$ proteína, respectivamente. Diferença de atividade da PPO também foi reportada entre cultivares de banana (*Musa* sp.) armazenadas por 9 dias a 6°C (85% UR), em que a 'Kluai Khai' contou com atividade de PPO na faixa de $0,7 \pm 1$ a $1,1 \pm 1 \text{ UAEmin}^{-1} \text{g}^{-1}$ proteína, e a 'Kluai Hom Thong' na faixa de $0,4 \pm 1$ a $0,7 \pm 1 \text{ UAEmin}^{-1} \text{g}^{-1}$ proteína(NGUYEN et al. 2003). Também foi reportado diferenças da PPO durante o armazenamento refrigerado em diferentes cultivares de lichia, em que a 'Shasi' e 'China', armazenadas durante 15 dias a 4°C apresentaram atividades de aproximadamente 832 e 1743 UAEg^{-1} proteína, respectivamente (MISHARA et al., 2012).

Atividade da POD

A enzima POD apresentou comportamento diferente comparado a PPO. Em média, a atividade da enzima POD na colheita foi maior que após sete e 14 dias de armazenamento refrigerado (Tabela 2). Houve decréscimo aos sete dias de armazenamento, e um significativo aumento aos 14 dias de armazenamento, porém não superando a atividade quantificada na colheita. Em cultivares de rambutão armazenados em condição de alta UR (85-90%), por seis dias a 25 °C, Yingsanga et al. (2008) observaram o mesmo comportamento da enzima POD, com redução na atividade após a colheita. Esses resultados contrastam com os encontrados em brotos de bambu (*Phyllostachys praecox* f. *prevernalis*.), armazenados a 1 °C por 50 dias, em que houve incremento de cerca de 41% na atividade da POD (LOU et al., 2012). A cultivar Alcântara apresentou menor atividade da POD, com sucessivos decréscimos até 14 dias de armazenamento. As cultivares Mattos e Nonante apresentaram as maiores atividades da POD, dentre todos os genótipos avaliados. Após a colheita, na cultivar Mattos a atividade da POD se manteve estável até os 14 dias de armazenamento (Tabela 2).

Os valores de atividade da POD nos genótipos de goiaba serrana (Tabela 2) foram muitos inferiores comparados com os relatados por diversos autores em outros frutos. Em frutos de abacaxi (*Ananas comosus* L.) a atividade da POD foi de em média 18 ± 5 $\text{UAEmin}^{-1}\text{g}^{-1}$ proteína, armazenados a 8 °C por sete dias, seguidos de sete dias a 24 °C (RAIMBULT et al., 2011). Em botões de cogumelo (*Agaricus bisporus*) a atividade da POD, após 16 dias a 4 ± 1 °C, ficou na faixa de 8 ± 2 a 40 ± 2 UAEg^{-1} proteína. Em frutos de berinjela (*Solanum melongena* L.) cv. Lúcia, submetidos a 10 °C por 21 dias, seguidos de dois dias a 21 °C, a atividade da POD foi mais expressiva, ficando

na faixa de 1300 ± 5 a 2000 ± 5 $\text{UAEmin}^{-1}\text{g}^{-1}$ proteína (MASSOLO et al., 2011).

Os reduzidos valores de atividade da POD encontrados nesse experimento podem ser reflexos de uma leve inativação da enzima pela baixa temperatura de armazenamento ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$) (CHISARI et al., 2007). Chisari et al. (2007) e Bestwick et al. (1995) relataram que o papel da POD no escurecimento enzimático de frutos tem sido questionado por diversos autores, porque há baixo teor de peróxido de hidrogênio em tecidos de frutos e hortaliças, e também pela alto poder catalítico da PPO para os compostos fenólicos. Segundo esses mesmos autores, o envolvimento da POD no escurecimento enzimático é por efeito sinérgico com a enzima PPO, porque a POD utiliza o peróxido de hidrogênio gerado pelas reações catalizadas pela PPO, e também as semiquinonas intermediárias das reações de catálises de substratos oxidados pela PPO.

Tabela 2- Atividade da enzima peroxidase (POD), em diferentes cultivares de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após sete e 14 dias em armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C / $90\pm5\%$ UR), seguido 48 h de vida de prateleira (23 ± 1 °C / $75\pm5\%$ UR).

Genótipos	Atividade da POD ($\text{UAEmin}^{-1}\text{g}^{-1}$ proteína)	
	Colheita	
Alcântara	0,00038 Ca*	
Helena	0,00124 Ba	
Mattos	0,00129 Aa	
Nonante	0,00125 Ba	
Acesso 2316	0,00136 Aa	
C.V. (%)	3,75	
Armazenamento refrigerado		
	7 dias	14 dias
Alcântara	0,00011 Cb	0,00007Cc
Helena	0,00013 Cc	0,00023 Bb
Mattos	0,00030 Ab	0,00033 Ab
Nonante	0,00023 Bc	0,00030 Ab
Acesso 2316	0,00014 Cc	0,00019 Bb
C.V. (%)	12,02	9,06

*Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Fonte: Próprio autor

Atividade da PAL

Houve pequeno incremento na atividade da PAL, do período da colheita até 14 dias de armazenamento refrigerado, considerando o valor médio de todos os genótipos (Tabela 3). No período da colheita até sete dias de armazenamento refrigerado, não houve incremento na atividade da PAL. Já no período de 14 dias de armazenamento refrigerado, houve incremento significativo de atividade enzimática, correspondente a >10% e >8%, comparando, respectivamente, ao período da colheita e de sete dias de armazenamento refrigerado (Tabela 3). Os genótipos 'Alcântara', 'Helena' e acesso 2316 apresentaram comportamento semelhante, com incremento significativo na atividade da PAL apenas aos 14 dias de armazenamento refrigerado. Já os genótipos 'Mattos' e 'Nonante' não apresentaram incremento significativo na atividade da enzima PAL da colheita até transcorridos os 14 dias de armazenamento refrigerado.

A cultivar Alcântara apresentou atividade enzimática média menor ($\sim 2,9 \text{ UAEmin}^{-1}\text{g}^{-1}$ proteína) comparando com os demais genótipos. Já a cultivar Mattos apresentou atividade enzimática maior ($\sim 10,7 \text{ UAEmin}^{-1}\text{g}^{-1}$ proteína), comparando com os demais genótipos. Resultado semelhante ao encontrado para esses mesmos genótipos na atividade da PAL (Tabela 3) foram observados na atividade da PPO (Tabela 1).

Tabela 3 - Atividade da enzima fenilalanina amonialiase (PAL), em diferentes genótipos de goiabeira serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após sete e 14 dias em armazenamento refrigerado ($4\pm1^{\circ}\text{C}$ / $90\pm5\%$ UR), seguido 48 h de vida de prateleira ($23\pm1^{\circ}\text{C}$ / $75\pm5\%$ UR).

Genótipos	Atividade da PAL ($\text{UAEmin}^{-1}\text{g}^{-1}$ proteína)	
	Colheita	
Alcântara	2,63 Eb*	
Helena	4,40 Db	
Mattos	10,71 Aa	
Nonante	7,21 Ba	
Acesso 2316	5,47 Cb	
C.V. (%)	6,51	
Armazenamento refrigerado		
	7 dias	14 dias
Alcântara	2,52 Db	3,50 Ca
Helena	4,42 Cb	5,20 Ca
Mattos	10,56 Aa	10,61 Aa
Nonante	7,12 Ba	6,95 Ba
Acesso 2316	5,17 Cb	6,58 Ba
C.V. (%)	7,45	11,44

*Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Fonte: Próprio autor

Nas quantificações enzimáticas realizadas na colheita, a cultivar Alcântara apresentou menor atividade da PAL, seguida, em ordem crescente de atividade enzimática, dos genótipos Helena, acesso 2316, Nonante e Mattos (Tabela 3). Nas quantificações realizadas aos sete dias de armazenamento, a cultivar Alcântara permaneceu com a menor atividade da PAL. Os demais genótipos mantiveram o mesmo

comportamento da colheita, exceto 'Helena' e o acesso 2316, que não apresentaram diferença entre si. Aos 14 dias de armazenamento, a cultivar Mattos se manteve com a maior atividade da PAL, seguido, em ordem decrescente, de 'Nonante' e acesso 2316, e 'Helena' e 'Alcântara'. Resultados obtidos por Mishara et al. (2012) corroboram com os encontrados neste trabalho. Os autores observaram em lichia cv. Shasi aumento de 37% na atividade da PAL durante o armazenamento a 4 °C por 10 dias, passando de ~3,455, na colheita, para ~4,750 UAEg⁻¹ de proteína, após o armazenamento. Ainda com relação a este trabalho, os autores relatam diferenças entre as cultivares Shasi e China quanto à atividade da PAL. Pereyra et al. (2005) e Roura et al. (2008), trabalhando com alface minimamente processada, relataram o aumento na atividade da PAL durante o armazenamento refrigerado. Nguyen et al. (2003) trabalhando com diferentes cultivares de banana, também observaram diferença na atividade da PAL entre as cultivares armazenadas por 9 dias a 6 °C (85% UR), em que a 'Kluai Khai' contou com atividade de PAL na faixa de 0,5±1 a 1,0±1 UAEmin⁻¹g⁻¹ proteína, e a 'Kluai Hom Thong' na faixa de 0,2±1 a 0,5±1 UAEmin⁻¹g⁻¹ proteína.

Diversos autores atribuem o aumento na atividade da PAL durante o armazenamento refrigerado ao mecanismo de defesa dos frutos. A sua ativação é induzida por vários fatores bióticos e abióticos (CHEN et al., 2006; MISHARA et al., 2012). Segundo Dixon e Paiva (1995), a PAL pode ser uma das primeiras linhas de defesa de plantas, com acúmulo de mRNA e aumento na sua atividade, sendo respostas a estresses por dano mecânico, etileno, baixas ou altas temperaturas, exposição aos raios UV, ataques de patógenos, entre outros. Muitos autores atribuem o aumento na atividade da PAL a injúria por frio (NGUYEN et al., 2003; NGUYEN et al., 2004; CHEN et al., 2008). O incremento na atividade da PAL também é atribuído ao processamento mínimo, desencadeado

por danos mecânicos (DEGLINNOCENTI et al., 2007; ROURA et al., 2008). Do mesmo modo, o aumento da PAL é atribuído a senescênci a natural dos tecidos (DUAN et al., 2007; MISHARA et al., 2012).

Atributos físico-químicos

Os principais ácidos orgânicos presentes na polpa dos frutos de goiaba serrana são ácido cítrico ($9,84\text{g}100\text{mg}^{-1}$), ácido málico ($1,72\text{g}100\text{mg}^{-1}$) e ácido succínico ($0,49\text{g}100\text{mg}^{-1}$) (PARRA e FISCHER, 2013). Houve diferenças entre os genótipos, nos diferentes períodos analisados (Tabela 5). As cultivares Alcântara e Nonante seguiram comportamentos semelhantes aos reportados para SS, nos teores de AT. A 'Alcantara' apresentou menor AT (0,81-1,42 % ácido cítrico), e a 'Nonante' maior AT (2,01-2,38 % ácido cítrico). Em geral, a AT aumentou do período da colheita aos sete dias e diminuiu ~13% no período de sete aos 14 dias de avaliação. Em clones 8-4 (genótipo colombiano de goiaba serrana) ocorreu comportamento semelhante ao descrito anteriormente. Visto que ocorreu aumento na AT da colheita até cinco dias, após isso, ocorreu queda um dia antes do climatério respiratório (aos 10 dias e avaliação), e redução na AT até os 14 dias avaliação (RODRIGUÉZ et al., 2006). Já Amarante et al. (2013), trabalhando com cultivares brasileiras de goiaba serrana, não observaram aumento, mas sim queda acentuada na AT, que na média das cultivares foi de ~46% em frutos armazenados por 21 dias a 4°C , seguidos por dois dias a 23 ± 1 .

Os valores de pH não diferiram entre os genótipos, durante as avaliações realizadas aos sete dias (Tabela 5). Na colheita, 'Alcântara', 'Nonante' e o acesso 2316 apresentaram maiores valores de pH (3,51; 3,15; 3,18, respectivamente), enquanto as cultivares Helena e Mattos os menores valores de pH (2,45 e 2,63, respectivamente. Aos 14 dias de avaliação, a

‘Helena’, apresentou o maior valor de pH (3,31), enquanto o acesso 2316 apresentou o menor valor de pH (2,95). As pequenas alterações no pH após o armazenamento refrigerado, podem ser explicadas pelo poder tamponante que os sucos de frutos apresentam, devido aos sais minerais e à pectina presentes (GONÇALVES et al., 2006), fazendo com que as alterações nas porcentagens de AT não afetem significativamente os valores de pH (AMARANTE et al., 2013).

A cultivar Alcântara apresentou menores valores de SS durante os períodos de avaliações (8,6-9,3%), enquanto a cultivar Nonante apresentou os maiores valores (12,4-13,5%) (Tabela 5). Os demais genótipos apresentaram valores intermediários, nos três períodos de avaliações. Os valores médios de SS nos períodos de avaliações nos diferentes genótipos (8,4-13,5%) corroboram com as faixas de valores reportados por outros autores em goiaba serrana. Em trabalhos realizados com genótipos colombianos, foram encontrados valores de SS entre 10,3 e 11,6% em frutos avaliados quanto a sua posição na planta (MARTÍNEZ-VEGA et al., 2008), entre 12,6 e 13,9% em frutos mantidos a diversas temperaturas (CORRALES et al., 2003), entre 8,7 e 9,5% em frutos submetidos a tratamentos quarentenários (VALDERRAMA et al., 2005), e entre 8 e 12,5% em frutos mantidos em temperatura ambiente (RODRÍGUEZ et al., 2006). As variações encontradas, tanto no Brasil quanto na Colômbia, parecem refletir diferenças entre cultivares ou genótipos, estádios de maturação dos frutos e locais de produção (AL-HARTHY, 2010).

No período da colheita, a ‘Alcântara’ e a ‘Mattos’ apresentaram os maiores valores de relação SS/AT (11,15 e 10,02, respectivamente), enquanto a ‘Helena’ e a ‘Nonante’ os menores (7,69 e 6,76, respectivamente). Aos sete dias de avaliação, a ‘Mattos’ apresentou a maior relação SS/AT, a ‘Alcântara’ e ‘Helena’, apresentaram valores intermediários

(comparando os com demais genótipos), e o acesso 2316 e a ‘Nonante’ os menores valores. Aos 14 dias de avaliação, a ‘Alcântara’, a ‘Helena’, a ‘Mattos’ e o acesso 2316 apresentaram os maiores valores da relação SS/AT (7,47; 7,78; 7,61 e 7,08, respectivamente), enquanto a ‘Nonante’ apresentou o menor valor (5,61).

Tabela 4- Atributos de qualidade dos frutos, em diferentes genótipos de goiabeira serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após armazenamento refrigerado (sete e 14 dias a 4 ± 1 °C / $90\pm5\%$ UR), seguido de 48 h a 23 ± 1 °C ($75\pm5\%$ UR).

Genótipos	Colheita	Armazenamento refrigerado	
		7 dias	14 dias
Acidez titulável (AT; % de ácido cítrico)			
Alcântara	0,81 c	1,42 b	1,14 c
Helena	1,27 b	1,65 b	1,39 bc
Mattos	1,12 b	1,71 b	1,53 b
Nonante	2,01 a	2,31 a	2,38 a
2316	1,20 b	1,78 ab	1,33bc
<i>Média</i>	1,28 C	1,77 A	1,55 B
<i>C.V. (%)</i>	8,82	16,56	12,59
pH			
Alcântara	3,51 a	3,04 ^{ns}	2,97 ab
Helena	2,45 b	2,94	3,31 a
Mattos	2,63 b	3,10	3,21 ab
Nonante	3,15 a	3,22	3,13 ab
2316	3,18 a	2,94	2,95 a
<i>Média</i>	2,98 A	3,05 A	3,11 A
<i>C.V. (%)</i>	6,88	6,30	6,08
Sólidos solúveis (SS;% °Brix)			
Alcântara	8,9 d*	9,28 c	8,36 c
Helena	9,82 dc	10,58 bc	10,76 b
Mattos	11,26 b	12,16 ab	11,66 b
Nonante	13,52 a	12,40 a	13,22 a
2316	10,30 bc	9,74 c	9,32 c
<i>Média</i>	10,7 A	10,33 A	10,66 A
<i>C.V. (%)</i>	5,06	8,07	9,32

Tabela 4- Atributos de qualidade dos frutos, em diferentes genótipos de goiabeira serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após armazenamento refrigerado (sete e 14 dias a 4 ± 1 °C / $90\pm5\%$ UR), seguido de 48 h a 23 ± 1 °C ($75\pm5\%$ UR).

(Continuação da tabela 5)

Genótipos	Relação SS/AT		
Alcântara	11,15 a	6,57 ab	7,47 a
Helena	7,69 c	6,45 ab	7,78 a
Mattos	10,02 ab	7,23 a	7,61 a
Nonante	6,76 c	5,50 b	5,61 b
2316	8,58 bc	5,44 b	7,08 a
<i>Média</i>	8,84 A	6,25 C	7,11 B
<i>C.V. (%)</i>	11,48	12,90	10,88

*Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$). ns: não significativo ($p>0,05$).

Fonte: Próprio autor

Os valores da relação SS/AT encontrados neste trabalho (5,44-11,15) corroboram com os encontrados por Rodríguez et al. (2006). Estes autores relataram em genótipos colombianos de goiaba serrana, valores de SS/AT na faixa de 4,00-11,60, nos clones 41 e 8-4, armazenados a 16,3 °C por 14 e 18 dias, respectivamente. Todavia, são maiores que os reportados por Matínez-Vega et al. (2008), os quais, trabalhando com frutos em diferentes posições na planta, relataram valores de SS/AT entre 4,73-5,73, no período da colheita. A redução nos valores da relação SS/AT do período da colheita até o final das avaliações (Tabela 5), ocorreu principalmente devido a mudança na acidez titulável.

As características pós-colheita (SS, AT, pH, textura, cor) de genótipos de goiabeira serrana podem variar em uma mesma localidade de acordo com a cultivar, idade da planta,

época do ano, condições de cultivo e manejo pós-colheita (PARRA e FISCHER, 2013). Os resultados obtidos neste estudo, de forma geral, demonstram que a 'Nonante' apresenta a melhor qualidade físico-química, dentre os genótipos de goiabeira serrana estudados. A 'Nonante' tem maturação mais tardia, ocorrendo da segunda quinzena de abril até a primeira semana de maio (DUCROQUET et al., 2008; AMARANTE et al., 2013), e entre as cultivares já lançadas pela EPAGRI, apresenta melhor qualidade físico-química na colheita, a qual se mantém após o armazenamento refrigerado (AMARANTE et al., 2013).

Escurecimento de polpa

Os frutos que na colheita apresentavam ausência de escurecimento de polpa (0%) passaram a ter escurecimento inicial (1-30%), transcorridos sete dias de armazenamento refrigerado. Frutos das cultivares Helena e Nonante apresentaram, em média, os menores valores de escurecimento de polpa, com até 30% da polpa dos frutos com escurecimento. Já os frutos do acesso 2316 e 'Mattos' apresentaram, em média, os maiores valores de escurecimento de polpa. O acesso 2316 manteve escurecimento moderado, com até 60% de comprometimento da polpa dos frutos, dos sete aos 14 dias de armazenamento. As cultivares Helena e Nonante mantiveram escurecimento inicial (até 30% de escurecimento na polpa) dos sete aos 14 dias de armazenamento.

Tabela 5 - Severidade de escurecimento de polpa (1-ausente; 2-inicial; 3-moderado, e 4-severo, correspondente a 0%, 1-30%, 31-60% e 61-100% de polpa escurecida, respectivamente), em diferentes genótipos de goiabeira serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após sete e 14 dias em armazenamento refrigerado ($4\pm1^{\circ}\text{C}$ / $90\pm5\%$ UR), seguido 48 h de vida de prateleira ($23\pm1^{\circ}\text{C}$ / $75\pm5\%$ UR)

Genótipos	Severidade de escurecimento de polpa (1-4)		
	Colheita	Armazenamento refrigerado	
		7 dias	14 dias
Alcântara	1,00 Ac	1,76 BCb	2,24 Aa
Helena	1,00 Ab	1,56 BCa	1,56 Ba
Mattos	1,00 Ac	2,25 ABb	2,43 Aa
Nonante	1,00 Ab	1,24 Ca	1,24 Ba
2316	1,00 Ab	2,72 Aa	2,72 Aa
<i>Média</i>	1,00 Ab	1,91 a	2,01 a
C.V. (%)	-	21,06	13,6

*Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Fonte: Próprio autor

Houve diferença entre os genótipos nas avaliações feitas aos sete e de 14 dias de armazenamento refrigerado. A cultivar Nonante apresentou menor escurecimento de polpa (índice de 1,24) e o acesso 2316 maior índice de escurecimento (índice de 2,76), em ambos os períodos de avaliação (Tabela 4). Os demais genótipos seguiram comportamentos semelhantes, em ambos os períodos de avaliação, com índices intermediários de escurecimento de polpa.

Resultados obtidos por Velho et al. (2011), trabalhando com genótipos brasileiros e usando a mesma escala visual de determinação de escurecimento de polpa para goiabeira serrana, corroboram com os encontrados neste trabalho. Os

autores observaram incremento acentuado no escurecimento de polpa, tanto em frutos mantidos sob armazenamento refrigerado (4°C) quanto em frutos mantidos em temperatura ambiente (23°C). Segundo estes mesmos autores, o alto índice de escurecimento de polpa, após 15 dias a 23°C , pode estar relacionado à senescência dos frutos, enquanto o alto índice de escurecimento de polpa, após 30 dias a 4°C , pode estar relacionado à senescência dos frutos ou a expressão de dano por frio.

Resultados obtidos por Amarante et al. (2013), trabalhando com os mesmos genótipos deste trabalho (exceto acesso 2316), corroboram com os resultados obtidos neste trabalho. Apesar de encontrar índices maiores para os genótipos brasileiros (2,00 para ‘Nonante’, 2,2 para ‘Helena’, 2,4 para ‘Mattos’ e 2,9 para ‘Alcântara’), Amarante et al. (2013) também observaram menor índice de escurecimento de polpa em ‘Nonante’, após 21 dias de armazenamento refrigerado ($4\pm1^{\circ}\text{C}$). O escurecimento de polpa em goiaba serrana pode estar ligado à atuação de enzimas ligadas ao escurecimento, tais como PPO, POD e PAL. Em diversos frutos e hortaliças o escurecimento dos tecidos vegetais é relacionado à atividade destas enzimas, levando a depreciação do produto. Nos frutos de goiaba serrana, é incerto se o escurecimento de polpa é decorrente da senescência natural dos frutos ou de injúrias por frio, devido à temperatura de armazenamento ($4\text{-}5^{\circ}\text{C}$). Valderrana et al. (2005), trabalhando com tratamento quarentenário em genótipos de goiaba serrana na Colômbia, não observaram danos visíveis por frio em frutos armazenados a $1,6^{\circ}\text{C}$ por 22 dias. Hoffmann et al. (1994), trabalhando com efeito de temperatura em genótipos brasileiros de goiaba serrana, não relataram ocorrência de escurecimento interno devido a baixas temperatura, em frutos armazenados a 0°C e 2°C , durante 21 e 28 dias. Devido aos poucos trabalhos dessa natureza, não se pode descartar o

envolvimento da temperatura de armazenamento no alto índice de escurecimento de polpa em goiaba serrana. Contudo, autores relacionam o escurecimento de polpa com a composição mineral dos frutos. Amarante et al. (2013), trabalhando com cultivares comerciais brasileiras, associam o alto conteúdo de nitrogênio (1246 mg kg^{-1} de massa fresca) as maiores taxas respiratórias e de produção de etileno em pós-colheita, resultando em antecipação do amadurecimento e senescência dos frutos, acarretando o escurecimento de polpa. Em geral, há mais indícios da relação entre o escurecimento de polpa e a senescência natural dos frutos.

Trabalhos realizados com genótipos brasileiros de goiaba serrana atribuem o alto índice de escurecimento da polpa ao processo de amadurecimento e senescência dos frutos (AMARANTE et al., 2008; VELHO et al., 2011; AMARANTE et al., 2013), tendo em vista que a goiaba serrana é um fruto altamente perecível, com vida útil em temperatura ambiente de até duas semanas, mantendo boa qualidade (HOFFMANN et al., 1994; VALDERRAMA et al., 2005; VELHO et al., 2011). Os frutos de goiabeira serrana são climatéricos (CORRALES et al., 2003; VALDERRAMA et al., 2005; RODRÍGUEZ et al., 2006; AMARANTE et al., 2008; VELHO et al., 2011; AMARANTE et al., 2013), com um coeficiente metabólico (Q_{10}) de aproximadamente 3,5 (AMARANTE et al., 2008), e pico climatérico aos cinco dias após a colheita (VELHO et al., 2011). O coeficiente metabólico da maioria das frutas é 2,3 (CLERICI e SILVA, 2011), mostrando que a goiaba serrana amadurece rapidamente após a colheita.

O escurecimento de tecidos vegetais ocorre principalmente a partir da oxidação de compostos fenólicos, e contribui significativamente para a perda de qualidade. Para o processo de escurecimento ocorrer, as enzimas ligadas ao escurecimento dos frutos têm que estar presentes nos mesmos tecidos e compartimentos celulares em que estão presentes os

substratos ou co-substratos (O_2 ou H_2O_2) (YORUK e MARSHALL, 2003). A senescência leva a desorganização das células ou tecidos (destruição da barreira biológica entre as enzimas e o substrato) (YORUK e MARSHALL, 2003; POURCEL et al., 2006), favorecendo o escurecimento.

Atividade PPO parece ser o fator principal na reação de escurecimento de polpa em goiaba serrana. Alguns autores associam a atividade da PPO com o alto índice de escurecimento de polpa em goiaba serrana (THORP e BIELESKI, 2002; SCHOTSMANS et al., 2011, VELHO et al., 2011; AMARANTE et al., 2013), porém nenhum deles quantificou a PPO. Na presença de oxigênio, esta enzima catalisa a hidroxilação de monofenóis a S-difenóis e a oxidação do S-difenóis aos seus correspondentes de *o*-quinonas (JIANG et al., 2004; MAYER, 2006). Estes, por sua vez, são polimerizados para formar pigmentos (castanhos, vermelhos ou pretos) indesejáveis (CHISARI et al., 2007; MISHARA et al., 2012). Enzimas PPOs são encontradas nos cloroplastos das plantas, onde estão associados às membranas internas dos tilacóides (NGUYEN et al., 2003; MAYER, 2006), e os substratos fenólicos destas enzimas estão localizados principalmente nos vacúolos (MAYER, 2006). As membranas celulares e subcelulares podem sofrer danos na senescência natural dos frutos (SOLECKA e KACPERSKA, 2003, JIANG et al., 2004), facilitando o contato da enzima PPO (NGUYEN et al., 2003) com os substratos fenólicos, que conduz a um aumento da atividade das enzimas oxidativas (SOLECKA e KACPERSKA, 2003), levando a rápida oxidação de fenóis (CHISARI et al., 2007; MISHARA et al., 2012).

Há diversos trabalhos relatando o envolvimento da enzima PPO no escurecimento de tecidos vegetais, desencadeados pela senescência intrínseca dos frutos. Portanto, o aumento na atividade da PPO (Tabela 1) pode ter forte ligação com o escurecimento de polpa em frutos de goiabeira

serrana. A enzima PPO é conhecida pelo seu aumento de atividade oxidativa durante o armazenamento devido à senescência de lichia (JIANG et al., 2004; BARMAN et al., 2014), berinjela (MASSOLO et al., 2011) e cogumelo (GAO et al., 2014).

A enzima POD também pode estar envolvida no processo de escurecimento enzimático de tecidos vegetais. Porém, devido à baixa atividade da POD em goiaba serrana (Tabela 2), acredita-se que seu envolvimento no escurecimento da polpa desses frutos seja secundário ou até inexistente. O papel da POD no escurecimento enzimático tem sido questionado por diversos autores, principalmente devido ao baixo teor H₂O₂ em tecidos de frutos e hortaliças, bem como o elevado poder catalítico de PPO para os compostos fenólicos (CHISARI et al., 2007). As enzimas PODs são encontradas no citoplasma (forma solúvel), na parede celular (forma insolúvel), membranas e organelas (GUIMARÃES et al., 2010). Estas enzimas catalisam reações oxidativas nas células e utilizam como substrato tanto o peróxido de hidrogênio, o oxigênio e os aceptores de hidrogênio (CORRÊA et al., 2007). Diversos autores relacionam o aumento na atividade desta enzima com o avanço nos estádios de maturação e senescência dos tecidos (CORRÊA et al., 2007; CHON et al., 2012). O aumento na sua atividade pode estar relacionado com o aparecimento de compostos diversos, que servem como substrato para a enzima durante a maturação e senescência, e desta forma a enzima pode ser utilizada como marcador bioquímico para os estádios de senescência nos frutos (CORRÊA et al., 2007).

A PAL atua na biossíntese de compostos fenólicos nos frutos, e pode estar envolvida no alto índice de escurecimento de polpa dos frutos de goiabeira serrana. A PAL é considerada como uma enzima chave entre o metabolismo primário (via chiquimato) e o secundário (fenilpropanóide) (DIXON e PAIVA, 1995), que regula o fluxo de fenilalanina para

biossíntese de compostos fenólicos (CHEN et al., 2006). A síntese de compostos fenólicos inicia-se com a desaminação da fenilalanina pela PAL, produzindo transcinamato (monofenol) (DEGLINNOCENTI et al., 2007; ROURA et al., 2008; CHEN et al., 2008; MASSOLO et al., 2011). Os compostos fenólicos sintetizados pela atividade PAL são utilizados pela PPO. A PPO converte monofenóis a difenóis e, em seguida, catalisa à oxidação de dopacromo à quinonas, que polimerizam espontaneamente, para formar pigmentos castanhos, responsáveis pelo escurecimento dos tecidos (DIXON e PAIVA, 1995; CHOEHOM et al., 2004). O escurecimento de polpa em frutos de genótipos brasileiros de goiabeira serrana está possivelmente ligado à atuação de enzimas ligadas ao escurecimento. A atividade da PAL, na polpa de goiaba serrana, aparentemente está associada ao aumento na atividade da PPO. A POD parece exercer pouco efeito sobre o alto índice de escurecimento de polpa dos frutos.

2.5 CONCLUSÕES

1. A suscetibilidade ao escurecimento de polpa em genótipos de goiabeira serrana apresenta relação com a atividade das enzimas PPO e PAL, durante o armazenamento dos frutos;
2. A atividade da enzima POD foi baixa nos frutos de todos os genótipos estudados, e poderia pouca ou nenhuma influência no desenvolvimento de escurecimento de polpa;
3. Frutos da cultivar Nonante apresentam, em relação às demais cultivares, melhor qualidade quanto aos atributos físico-químicos.

3 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FRUTOS, FOLHAS E FLORES DE GOIABEIRA SERRANA SUBMETIDOS À SECAGEM

3.1 RESUMO

Há crescente interesse em goiabeira serrana (*Acca sellowiana* Berg.) devido as suas propriedades bioativas e funcionais. O objetivo deste trabalho foi a quantificação da atividade antioxidante total e de compostos fenólicos totais em flores, folhas, casca dos frutos e frutos com casca e polpa submetidos à secagem em cinco genótipos. Frutos, folhas e flores dos genótipos Alcântara, Helena, Mattos, Nonante e acesso 2316 foram colhidos no município de São Joaquim-SC, e submetidos à secagem por sete dias a 40 ± 5 °C, em estufa de circulação forçada de ar. Foram quantificados a atividade antioxidante total (ABTS e DPPH) e compostos fenólicos totais (Folin-Ciocalteau) em todas as amostras, e nas flores também foi quantificado o teor de antocianinas totais e de flavonóides totais. O teor de antocianinas totais e flavonóides totais nas pétalas de flores foi de 13,78 a 45,43 e 80,85 a 123,72 (mg. 100 e g⁻¹ massa seca), respectivamente. Os genótipos de goiabeira serrana apresentaram diferenças com relação às variáveis analisadas. Os conteúdos de fenólicos, em ordem descrente, foram folhas>frutos com casca e polpa>casca dos frutos>flores. Já a atividade antioxidante, em ordem descrente, foram frutos com casca e polpa>casca dos frutos >flores>folha. A concentração mínima de antioxidante necessária para reduzir em 50% a concentração inicial de DPPH (EC₅₀), em ordem descrente, foram flores>folhas>fruto com casca e polpa>casca dos frutos. Os materiais secos de diversas partes da goiabeira serrana são excelentes fontes de compostos antioxidantes totais e fenólicos totais, tornando-se viáveis como subprodutos funcionais.

Palavras-chave: *Acca sellowiana* (Berg.) Burret., fruto, folha, flor.

3.2 INTRODUÇÃO

O apelo para o consumo de produtos naturais cresce a cada dia. Frutas, legumes, grãos e ervas são fontes de compostos bioativos naturais que são úteis ao organismo. Os antioxidantes são substâncias importantes para saúde humana e qualidade dos alimentos. Devido à importância na dieta e na prevenção de algumas doenças, os estudos de fontes naturais antioxidantes estão atraindo a atenção de muitos pesquisadores.

Os antioxidantes naturais de origem vegetal podem ser acrescentados na dieta alimentar na forma in natura, processada, seca, fresca e através de extratos isolados. A secagem de materiais vegetais permite a sua conservação adequada por mais tempo porque reduz os teores de umidade (BORGO et al., 2010). A matéria-prima vegetal seca oferece vantagens que incluem a maior estabilidade química, físico-química e microbiológica, mais fácil padronização, maior concentração de compostos ativos e mais elevada capacidade de transformação em diferentes tipos de formas farmacêuticas sólidas (OLIVEIRA e PETROVICK, 2010).

Em geral, as frutas contêm grande variedade de compostos antioxidantes que podem ajudar a proteger os sistemas celulares do dano oxidativo (WOLFE e LUI, 2008). O dano oxidativo é causado por espécies reativas ao oxigênio (*reactive oxygenspecies*; ROS) (CHEN et al., 2014), produzidas pelo organismo humano (HUCHIN et al., 2015). A produção dessas espécies reativas podem ocorrer, por estresse oxidativo provocado pelo desequilíbrio do sistema de defesa antioxidante do corpo e, consequentemente, formação de radicais livres (WONG et al., 2006). Logo, antioxidantes

podem ser definidos como qualquer substância que, presente em baixas concentrações, quando comparada a um substrato oxidável, retarda ou inibe a oxidação desse substrato oxidativo de maneira eficaz (RUFINO et al., 2006), protegendo o sistema biológico.

A goiabeira serrana [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret., sinônimo *Feijoa sellowiana* Berg.] é uma planta nativa do Sul do Brasil, cujos frutos são apreciados em diversos países, devido suas excelentes características nutricionais, seu sabor agradável e seu aroma inigualável. É uma planta versátil, com aptidão comercial, farmacêutica e cosmética. Os frutos de goiabeira serrana são consumidos *in natura* ou na composição de diversos produtos (sorvetes, licores, iogurtes, entre outros). Os resíduos remanescentes após o consumo da polpa de goiaba serrana são considerados excelentes para produção de alimentos funcionais (WATERHOUSE et al., 2012).

Os frutos de goiabeira serrana são ricos em terpenos, taninos, saponinas e flavonóides (LAPCÍK, et al., 2005; MANABE e ISOLBE, 2005), com propriedades antioxidantes (IELPO et al., 2000; BASILIE et al., 2010; MONFORTE et al., 2013). A goiaba serrana também apresenta atividade antibacteriana (MOTOHASHI et al., 2000; BASILE et al., 2010), antiinflamatória (ROSSI et al., 2007; MONFORTE et al., 2013), atua na supressão de células cancerígenas (BONTEMPO et al., 2007), com efeitos nefroprotetor (KARAMI et al., 2014) e gastroprotetor/anti-ulcera (MONFORTE et al., 2014), e com ação imunomoduladora do epitélio intestinal (MANABE e ISOLBE, 2005).

Além das propriedades atribuídas aos frutos, outras partes da goiabeira serrana estão sendo alvo de estudos. As folhas e galhos da goiabeira serrana são ricos em taninos e flavonóides (RUBERTO e TRINGALI, 2004; EL-SHENAWY et al., 2008), e exibem significativa atividade analgésica, anti-inflamatória, antiúlcera, antioxidante e hepatoprotetora (EL-SHENAWY et al., 2008). A casca da goiaba serrana contém

óleos essenciais (SHAW et al., 1989; FERNANDEZ et al., 2004) e elevados teores de vitamina C e polifenóis, e conta com ação anti-câncer (NAKASHIMA et al., 2000). As flores são usadas para alimentação humana (THORP e BIELESKI, 2002) e da fauna (SAZIMA e SAZIMA, 2007).

Tendo em vista todas as propriedades bioativas e funcionais atribuídas a goiabeira serrana, e a necessidade de vislumbrar novas alternativas de consumo e opções de comercialização dessa frutífera pelos produtores, o objetivo deste trabalho foi a quantificação da atividade antioxidant total e compostos fenólicos totais de diversas partes da planta de goiaba serrana (flores, folhas, casca dos frutos e frutos com casca e polpa) submetidas à secagem em cinco genótipos.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais vegetais foram coletados de goiabeira serrana, das cultivares Alcântara, Helena, Mattos e Nonante, e o acesso 2316, em pomar do Banco Ativo de Germoplasma (BAG), da Estação Experimental da EPAGRI, em São Joaquim-SC (latitude 28° 16' 40,02" S, longitude 49° 56' 09,10" W e altitude de 1.400 m), na safra 2012/2013. A flores foram colhidas no estádio F2 (DUCROQUET et al., 2000), quando as pétalas atingem a posição horizontal que as anteras se tornam descentes, no início da manhã (entre 8 e 10 h). As folhas foram colhidas no terço médio dos galhos internos e externos, no mês de março. Os frutos foram colhidos no ponto de colheita comercial, identificado pela sua facilidade do desprendimento da planta. No Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do CAV/UDESC, em Lages, SC, os materiais vegetais foram selecionados pela uniformidade de tamanho, cor e ausência de defeitos, como má-formação e danos mecânicos.

Nas flores, foram utilizadas apenas as pétalas. As pétalas foram destacadas cuidadosamente de maneira manual do resto da flor, e após dispostas em formas para secagem. As folhas foram higienizadas com água destilada e posteriormente acondicionadas em formas para secagem. Nos frutos, foram amostradas casca e polpa (frutos inteiros) ou apenas a casca (separada da polpa manualmente, com auxílio de colher). Em ambos os métodos de amostragem de fruto, os materiais foram higienizados com água destilada e cortados (auxílio de faca) em rodelas, de aproximadamente três milímetros de espessura, e dispostos sobre formas para posterior secagem.

Os materiais foram secos em estufa de circulação forçada de ar, durante sete dias, a 40 ± 5 °C, até peso constante. Após a secagem, os materiais foram triturados em moinho de facas/martelo, obtendo finalmente, as amostras de trabalho. O processo de secagem e as temperaturas a que são submetidos os materiais vegetais podem causar alterações na quantidade e qualidade dos seus princípios ativos. Em geral são recomendadas temperaturas de secagem para materiais vegetais para fins medicinais entre 40 e 60 °C (independente do método de secagem) (NEGRI et al., 2009).

Para todos os materiais foram realizadas quantificações de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total (através dos métodos DPPH e ABTS), e nas flores também foram quantificados os teores de antocianinas totais e flavonóides totais.

Quantificação de antocianinas totais e flavonóides totais nas pétalas das flores

Para quantificação do conteúdo de antocianinas totais e flavonóides totais nas pétalas das flores foi seguido o método descrito por Lees e Francis (1972). Pesou-se 0,5g de massa seca de pétalas, em seguida, adicionou-se aproximadamente 30 mL de solução extratora (etanol 95% e HCl 1,5 N, na proporção

85:15, v/v). As amostras foram colocadas em homogeneizador de tecidos do tipo ‘Turax’, por 2 minutos, na velocidade de 15000 rpm. Após esse procedimento, transferiu-se o conteúdo para um balão volumétrico de 50mL, aferindo com a própria solução extratora (sem filtrar). Depois, as amostras foram estocadas em vidros do tipo ‘Ambar’ com tampa, deixando descansar por 12 horas a 4±2 °C (em geladeira). As amostras foram filtradas em papel filtro quantitativo (‘Whatman’ nº 40). A absorbância foi medida em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 535 nm para antocianina e de 374 nm para flavonóides totais.

Os resultados foram expressos em mg de antocianina e flavonóides totais totais por grama de massa seca, e calculados pela fórmula:

$$\text{(Absorbância x fator de diluição)}$$

76,6 para flavonóides totais ou 98,2 para antocianinas totais

Preparo do extrato para a análise de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total

O procedimento para obtenção do extrato foi adaptado de Larrauri et al. (1997). Para extração foram utilizadas 0,5 gramas de material vegetal (folhas, flores, casca do fruto e fruto com casca+polpa). Esse material foi deixado em 40 mL de uma solução hidroalcoólica de metanol 50% por uma hora. O material foi centrifugado a 5500 rpm por 30 minutos. O sobrenadante foi filtrado com papel filtro quantitativo (‘Whatman’ nº 40) e armazenado em balão volumétrico de 100 mL, envolto por papel alumínio. Ao resíduo foi adicionando uma nova solução extratora de 40 mL de acetona 70%. Após uma hora, esse resíduo foi submetido novamente a centrifugação a 5500 rpm por 30 minutos. Completado a centrifugação, o sobrenadante do resíduo foi acrescentado ao extrato anterior (realizando nova filtração). O volume foi

aferido para 100 mL com água destilada. Todo procedimento foi realizado em capela de exaustão, em ambiente escuro. Os extratos foram armazenados em recipiente âmbar e mantidos congelados até sua utilização para quantificação de antioxidantes totais e compostos fenólicos totais.

Análise de compostos fenólicos totais

A quantificação dos compostos fenólicos foi realizada pelo método colorimétrico Folin-Ciocalteau, que envolve a redução do reagente pelos compostos fenólicos da amostra, com a formação de um complexo azul, que aumenta linearmente em absorbância no comprimento de onda de 760 nm, conforme descrito por Swain e Hillis (1959). O ácido gálico (GAE) foi utilizado como padrão dos compostos fenólicos. Foram retirados 2,5 mL do extrato e adicionado 7,5 mL de água destilada (concentração final de 250.000 ppm). Em ambiente escuro foi tomado 1 mL do extrato diluído e adicionado 1 mL de Folin-Ciocalteau, 2 mL de carbonato de sódio a 20% e 2 mL de água destilada. As leituras de absorbância foram realizadas em triplicata, após 30 minutos, em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 760 nm. O conteúdo de compostos fenólicos totais dos materiais vegetais foi expresso em equivalente de ácido gálico (mg GAE g^{-1} massa seca).

Análise da atividade antioxidante através do método DPPH

Foi utilizada a metodologia adaptada de Brand-Williams et al. (1995), descrita por Rufino et al. (2007a), baseada na capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazila (DPPH) do extrato. A partir dos extratos obtidos foram preparadas cinco diluições diferentes, em triplicata. Em ambiente escuro, utilizou-se 0,1 mL de cada diluição do extrato, ao qual foi adicionado 3,9 mL do radical DPPH. A mistura foi agitada em agitador de bancada do tipo ‘Vortex’ e

deixada em repouso. As leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 515 nm, após 30 minutos. Foi utilizado álcool metílico para calibrar o espectrofotômetro. A quantidade mínima de massa seca de tecido, com atividade, necessária para reduzir em 50% a concentração inicial de DPPH (EC_{50}) foi obtida utilizando a equação da reta, das diferentes concentrações do extrato. O reagente trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácidocarboxílico) foi utilizado como padrão.

Análise da atividade antioxidante através do método ABTS

Foi utilizada a metodologia descrita por Rufino et al. (2007b). O método ABTS para determinação da atividade antioxidante se baseia na captura do radical 2,2'-azinobis (3-etylbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS). O radical foi gerado a partir da reação da solução estoque de ABTS (5 mM) com o persurfato de potássio (140 mM), mantido no escuro por 16 horas à temperatura ambiente. Antes das análises, a mistura foi diluída com álcool etílico até obter uma absorbância de $0,70 \pm 0,05$ nm, no comprimento de onda de 734 nm. A partir dos extratos obtidos dos materiais vegetais (pétales, folhas e frutos), foram preparadas cinco diluições diferentes, em triplicata. Em ambiente escuro, utilizou-se 30 μ L de cada diluição da amostra, ao qual foi adicionado 3 mL do radical ABTS, seguido de homogeneização em agitador de bancada do tipo 'Vortex'. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 734 nm, após seis minutos. Foi utilizado álcool etílico como branco, para calibrar o espectrofotômetro. A partir das absorbâncias obtidas das diferentes diluições dos extratos, foi obtida a equação da reta, e os resultados expressos em equivalência trolox (μ M de troloxo g^{-1} de massa seca).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis repetições (cada repetição composta de 10 frutos, 30 flores ou 50 folhas). As médias de tratamentos (genótipos) foram comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$) com o programa SAS (SAS Institute, 2002).

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas pétalas de flores de goiabeira serrana, o acesso 2316 apresentou maior teor de antocianinas totais (45,43 mg $100g^{-1}$ massa seca), seguido pela cultivares Alcântara e Helena (32,30 e 33,38 mg $100g^{-1}$ massa seca, respectivamente) (Tabela 6). As cultivares Nonante e Mattos apresentaram os menores teores de antocianinas totais (16,37 e 13,78 mg $100g^{-1}$ massa seca, respectivamente).

Diferentes métodos são empregados para as extrações e quantificações de antocianinas totais e suas frações. Em flores secas e liofilizadas de endro (*Anethum graveolens* L.), que são flores de coloração amarelada, foram encontrados teores de antocianinas totais de 8,3 a 19,5 mg $100g^{-1}$ de massa seca (SHYU et al., 2009), porém foram utilizados métodos de extração e quantificação diferentes dos usados neste trabalho.

Os maiores teores de flavonóides totais foram encontrados na cultivar Nonante (123,72 mg $100g^{-1}$ massa seca), e os menores nas cultivares Mattos e Helena (77,68 e 80,85 mg $100g^{-1}$ massa seca, respectivamente) (Tabela 6). No acesso 2316 e na cultivar Alcântara foram encontrados valores intermediários (116,69 e 95,69 mg $100g^{-1}$ massa seca, respectivamente).

Assim como para a extração e quantificação de antocianinas e suas frações, também são encontrados diferentes métodos de extração e quantificação para flavonóides totais e suas frações, tornando difícil a comparação direta entre trabalhos realizados por outros autores. Em flores secas e liofilizadas de endro, foram encontrados teores de flavonóides

totais de 48,24 a 67,10 mg100g⁻¹ de massa seca) (SHYU et al., 2009). Em flores de logan (*Dimocarpus longan* Lour), que são flores com pétalas brancas, foram encontrados teores de flavonóides totais de 139,0 mg100g⁻¹ massa seca (HO et al., 2007). Em diferentes flores comestíveis da Tailândia [(malmequer (*Tagetes erecta*), cosmos (*Cosmos sulphureus*), videira coral (*Antigonon leptopus*) e flor de papel (*Bougainvillea glabra*)], após processo de secagem, foram encontradas teores de flavonóides totais de 121,71 a 173,06 mg100g⁻¹ de massa seca (KAISOON et al., 2012), valores maiores do que os obtidos nas pétalas das flores dos diferentes genótipos de goiabeira serrana (Tabela 6), que são flores com pétalas mais coloridas que as de goiabeira serrana.

As pétalas de flores de goiabeira serrana, mesmo após processo de secagem, apresentam expressivos teores de antocianinas totais e flavonóides totais, quando comparados com outras espécies, porém com metodologias de determinações diferentes às usadas com goiabeira serrana. Flavonóides são pigmentos presentes naturalmente nas plantas, que desempenham funções bioativas no corpo humano, protegendo principalmente contra danos produzidos por agente oxidantes (MARTÍNEZ-FLÓREZ et al., 2002). Os flavonóides apresentam grupos hidroxilas livres (devido a sua estrutura química), ligados a anéis aromáticos, e inibem a oxidação de lipídios por eliminação de radicais livres, ou por outros mecanismos, tais como a extinção de oxigênio singuleto ($^1\text{O}_2^*$) e extinção de metais de transição (KAISOON et al., 2011; KAISOON et al., 2012). O sequestro de radicais livres pelos flavonóides está diretamente ligado ao seu potencial de oxidação e o potencial de oxidação das espécies a serem sequestradas (BARREIROS et al., 2006). Logo, quanto menor o potencial de oxidação do flavonóide, maior é sua atividade como sequestrador de radicais livres (MARTÍNEZ-FLÓREZ et al., 2002; BARREIROS et al., 2006).

O acesso 2316 apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos totais nas pétalas das flores ($606,82\text{ mg GAE}\cdot100\text{g}^{-1}$ massa seca), seguido, em ordem descrente, das cultivares Nonante, Mattos, Helena e Alcântara (com 545,26; 527,30; 465,46 e 427,54 mg GAE 100g^{-1} massa seca, respectivamente) (Tabela 6). Em flores secas e liofilizadas de endro, o teor de compostos fenólicos totais foi de 78,80 a 196,65 mg GAE 100g^{-1} massa seca, porém neste trabalho, foram testadas diferentes métodos de extração (SHYU et al., 2009). Em flores comestíveis, típicas da Tailândia, após secagem a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, Kaisoon et al. (2012) relaram teores de compostos fenólicos totais de $212,9\pm6,0\text{ mg GAE}\cdot100\text{g}^{-1}$ massa seca em malmequer, $102,5\pm10,2\text{ mg GAE}\cdot100\text{g}^{-1}$ massa seca em cosmos; $177,2\pm4,5\text{ mg GAE}\cdot100\text{g}^{-1}$ massa seca em videira coral e $138,2\pm6,4\text{ mg GAE}\cdot100\text{g}^{-1}$ massa seca em flor de papel. Todavia, foi realizada apenas extração etanólica (50% etanol) para fenólicos totais no trabalho citado anteriormente. Resultados obtidos em flores de logan ($548,2\pm12,7\text{ mg}\cdot100\text{g}^{-1}$ massa seca de fenólicos totais) se assemelham aos encontrados em flores de goiabeira serrana (HO et al., 2007).

Pétalas do acesso 2316 foram mais eficientes no sequestro do radical DPPH, pois apresentaram $\text{EC}_{50}=0,47\text{ g massa seca/g DPPH}$ (Tabela 6). Consequentemente, neste genótipo necessita-se de 0,47 g de massa seca de pétalas de goiabeira serrana para reduzir a concentração inicial de DPPH em 50%. Em ordem decrescente de eficiência ficaram ‘Alcântara’ e ‘Helena’ ($\text{EC}_{50}=1,20$ e $1,35\text{ g massa seca/g DPPH}$, respectivamente), ‘Nonante’ ($\text{EC}_{50}=2,22\text{ g massa seca/g DPPH}$), e ‘Mattos’ ($\text{EC}_{50}=5,99\text{ g massa seca/g DPPH}$).

Tabela 6- Teores de antocianinas totais e de flavonóides totais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total (determinada através dos métodos DPPH e ABTS) em pétalas de flores de diferentes genótipos de goiabeira serrana (*Acca sellowiana*), secos por sete dias a 40 ± 5 °C.

Genótipo s	Antocianinas totais (mg/100g-1ms)	Flavonóides amarelos (mg/100g-1ms)
Alcântara	32,30 b*	95,69 c
Helena	33,38 b	80,85 d
Mattos	13,78 d	77,68 d
Nonante	16,37 c	123,72 a
2316	45,43 a	116,69 b
C.V. (%)	3,70	4,23
Fenólicos totais (mg/100g de ms)		**EC 50 (g fruta seca/g DPPH)
Alcântara	427,54 e	1,20 c
Helena	465,46 d	1,35 c
Mattos	527,30 c	5,99 a
Nonante	545,26 b	2,22 b
2316	606,82 a	0,47 d
C.V. (%)	0,88	10,28
		ABTS (mM trolox/g de ms)
Alcântara		1108,20 b
Helena		938,52 c
Mattos		882,21 d
Nonante		920,44 c
2316		1433,80 a
C.V. (%)		1,74

*Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

* EC₅₀: quantidade mínima de tecido vegetal com atividade antioxidante necessária para reduzir em 50% a concentração inicial de DPPH.

Fonte: Próprio autor

Pétalas secas do acesso 2316 também foram mais eficientes na redução do radical ABTS, pois sequestraram 1433,8 mM de trolox por grama de massa seca (Tabela 6). A ‘Alcântara’ foi o segundo genótipo mais eficiente em compostos ativos nas pétalas secas para reduzir o radical

ABTS (1180,20 mM trolox.g⁻¹ massa seca). As cultivares Helena e Nonante não diferiram entre si (938,52 e 920,44 mM troloxg⁻¹ massa seca, respectivamente), e a cultivar Mattos foi a que apresentou menor atividade em relação à captura do radical ABTS (882,21 mM troloxg⁻¹ massa seca) nas pétalas secas.

As flores, de modo geral, contêm grande variedade de antioxidantes naturais (ácidos fenólicos, flavonóides, antocianinas, entre outros). Muitas flores são consumidas *in natura*, mas principalmente na forma de chás, como a camomila (*Matricaria recutita*L.), o funcho (*Foeniculum vulgare* Mill), a marcela [*Achyrocline satureoides* (Lam.) DC.], o jasmim (*Jasminum*sp.), entre outras.

As folhas de goiabeira serrana contêm diversos compostos bioativos e antioxidantes, por isso vem despertando interesse em estudos farmacológicos específicos (WESTON, 2010). Houve diferenças entre os genótipos avaliados quanto aos conteúdos de fenólicos totais e atividade antioxidant total nas folhas secas (Tabela 2). O acesso 2316 e a cultivar Nonante apresentaram maiores teores de compostos fenólicos totais (909,59 e 910,59 mg GAE100g⁻¹ massa seca, respectivamente), comparados aos demais genótipos. A cultivar Alcântara apresentou os menores teores de fenólicos totais nas folhas secas (801,72 mg GAE100g⁻¹ massa seca). As cultivares Helena e Mattos não diferiram entre si, e apresentaram valores intermediários (887,34 e 836,09 mg GAE100g⁻¹ massa seca, respecivamente) de compostos fenólicos totais, comparados aos demais genótipos avaliados (Tabela 7). Resultados reportados por Beyhan et al. (2010), em folhas secas de genótipos de goiabeira serrana adaptados à região da Turquia, submetidas à extração metanólica, com teores de fenólicos totais de 686,9 mg GAE100g⁻¹ massa seca, corroboram os resultados obtidos neste trabalho (Tabela 6).

O elevado teor de compostos fenólicos totais em folhas de goiaba serrana é devido aos metabólitos secundários presentes nesse material vegetal. Estudos em folhas verdes de goiabeira serrana revelaram a presença de α -tocoferol, flavona, estigmasterol e β -caroteno, uma mistura inseparável de ésteres tirosol de lignocérico, cerótico e ácidos montânicos, e um novo galactolípido identificado como (2S) 1,2,6 '-tri- O-[(9Z , 12Z , 15, Z)-octadeca-9,12,15-trienoilo]-3-O- β D-galactopiranossil glicerol (RUBERTO e TRINGALI, 2004). Extração de compostos fenólicos fracionados, de folhas secas de goiabeira serrana, com 80% de metanol e água quente (metanol aquoso), revelou que esse material é rico em taninos e flavonóides (EL-SHENAWY et al., 2008). Em virtude disso, esse extrato exibiu significativa ação analgésica, antiinflamatória, antiúlcera, antioxidante e hepatoprotetora (EL-SHENAWY et al., 2008). Em plantas específicas para usos medicinais, são encontrados valores de compostos fenólicos semelhantes aos encontrados neste estudo, com folhas secas de goiabeira serrana. Folhas secas e liofilizadas de plantas medicinais do semiárido piauiense, submetidas à extração etanólica, apresentaram os valores de compostos fenólicos de $667,90 \pm 10,92$ mg GAE100g⁻¹ massa seca em amêndoа brava (*Terminalia brasiliensis* Camb.), $439,38 \pm 3,15$ mg GAE100g⁻¹ massa seca em pau-de-bicho (*Terminalia fagifolia* Mart. et Zucc.), $483,63 \pm 26,00$ mg GAE100g⁻¹ massa seca em caneleiro (*Cenostigma macrophyllum* Tul. var.*acuminata* Teles Freire) e $394,90 \pm 3,20$ mg GAE100g⁻¹ massa seca em pau-terra do cerrado (*Qualea grandiflora* Mart.) (SOUSA et al., 2007).

As folhas de goiabeira serrana ‘Mattos’ apresentaram a melhor eficiência no sequestro do radical DPPH, com EC₅₀ = 0,51g massa seca/g DPPH, seguido de ‘Helena’ (EC₅₀=3,89 g massa seca/g DPPH). A ‘Alcântara’ e a ‘Nonante’, não diferenciaram entre si (EC₅₀=5,90 e 6,08 g massa seca/g DPPH, respectivamente) e foram as terceiras mais eficientes

no seqüestro do radical livre DPPH. O acesso 2316 mostrou a menor eficiência antioxidante ($EC_{50}=13,18$ g massa seca/g DPPH).

Tabela 7- Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total (determinada através dos métodos DPPH e ABTS) das folhas, casca de frutos e frutos com casca e polpa, de diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), secos por sete dias a 40 ± 5 °C

Genótipos	Fenólicos totais (mg/100g de ms)	EC 50 (g fruta seca/g DPPH)	ABTS (mM trolox/g de ms)
Folhas			
Alcântara	801,72 d	5,90 b	980,61 c
Helena	887,34 b	3,89 c	1267,76 b
Mattos	836,09 b	0,51 d	1679,90 a
Nonante	910,59 a	6,08 b	842,53 d
2316	909,59 a	13,18 a	801,98 e
<i>CV(%)</i>	0,85	8,49	1,49
Casca			
Alcântara	556,31 b	29,74 b	914,77 c
Helena	435,24 d	31,03 b	344,57 d
Mattos	707,10 a	10,38 c	2455,53 a
Nonante	722,17 a	10,47 c	2024,14 b
2316	510,11 c	32,65 a	67,80 d
<i>CV(%)</i>	3,07	3,61	6,11
Casca e Polpa			
Alcântara	803,89 b	17,20 b	1044,08 c
Helena	699,55 c	17,40 b	684,42 d
Mattos	894,27 a	6,06 c	2981,25 a
Nonante	900,55 a	7,54 c	3046,82 a
2316	724,80 c	24,47 a	1464,77 b
<i>CV(%)</i>	1,87	6,22	3,97

*Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey($p<0,05$).

* EC_{50} : quantidade mínima de tecido vegetal com atividade antioxidante necessária para reduzir em 50% a concentração inicial de DPPH.

Fonte: Próprio autor.

Em folhas secas de ‘princesinha de copacabana’ (*Eugenia copacabensis* Kiaersk), planta para fins medicinais, os valores de EC₅₀ foram de 2,77-40,66 g massa seca/g DPPH (JUNIOR et al., 2014), e ficaram em uma faixa mais ampla de valores que as encontradas nas folhas secas de genótipos de goiabeira serrana (Tabela 7).

As folhas de goiabeira serrana ‘Mattos’, além de ser mais eficiente na redução do radical livre DPPH, também apresentaram maior atividade antioxidante total no sequestro do radical ABTS (seqüestrou 1679,90 mM trolox por grama de material de folhas secas de goiabeira serrana). O acesso 2316 também se comportou semelhante ao ensaio descrito anteriormente (DPPH), com menor eficiência na redução do radical livre ABTS (801,98 mM trolox/g de massa seca). As cultivares Alcântara, Helena e Nonante apresentaram atividade antioxidante intermediária em relação aos genótipos Mattos e acesso 2316, porém com diferenças entre si, sendo respectivamente 980,61; 1267,76 e 842,53 mM trolox/g de massa seca (Tabela 7).

Estudo realizado com folhas secas de erva santa (*Piper auritum* Kunth) e de papalo (*Porophyllum ruderale*), submetidos à extração etanólica (etanol e água), a capacidade antioxidante total foi de 3,06-29,03 e 2,88-64,99 mM trolox/g de massa seca, respectivamente (HERNÁNDEZ e BELTRÁN, 2014), valores menores aos encontrados em folhas de goiabeira serrana (Tabela 7).

A ‘Nonante’ e a ‘Mattos’ não apresentaram diferenças em si quanto ao teor de compostos fenólicos totais na casca seca dos frutos, e obtiveram os maiores teores de fenólicos totais na casca dos frutos, sendo, respectivamente 722,17 e 707,10 mg GAE100g⁻¹ massa seca. A ‘Helena’ apresentou os menores teores de fenólicos totais (435,24 mg GAE100g⁻¹ massa seca). A ‘Alcântara’ e o acesso 2316 apresentam teores

intermediários de compostos fenólicos totais na casca seca dos frutos, em relação aos demais genótipos.

Os valores expressivos de compostos fenólicos encontrados na casca seca de goiaba serrana são reflexos da sua composição natural. Estudo realizado com casca seca de goiaba serrana revelam grande quantidade de α -tocoferol nas cultivares Coolidge e Gorgiana ($73,71 \text{ mg kg}^{-1}$ e $74,83 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente), bem como altos teores de β -tocoferol e γ -tocoferol, todos pertencentes ao complexo de vitamina E (MONFORTE et al., 2014). O α -tocoferol confere alta atividade antioxidante aos alimentos, devido sua ação biológica, sendo o mais importante antioxidante lipofílico (ROPKE et al., 2003). Além disso, a casca de goiaba serrana contém quantidades elevadas de vitamina C, catequinas e polifenóis ativos (flavonóis, naftoquinonas e leucoantocianinas) (NAKASHIMA et al., 2000). Devido a esses componentes citados, a casca da goiaba serrana tem ação gastroprotetora (MONFORTE et al., 2014), antibacteriana, terapêutica e anti-câncer (NAKASHIMA et al., 2000).

Prado et al. (2014), utilizando outra forma de extração (*infusion+spray dryer*), encontraram teores de compostos fenólicos na casca de noz pecan [*Carya illinoinensis* (Wangenh.) C. Koch] de $590,78 \pm 4,41 \text{ mg GAE 100g}^{-1}$ massa seca, valores próximos dos encontrados na casca seca de goiaba serrana. A casca de goiaba serrana tem aptidão para uso na forma de chás, assim como a casca de noz, devido aos seus compostos fenólicos. Entretanto, em casca seca de logan (*Dimocarpus longan*), os valores de compostos fenólicos foram um pouco maiores ($903,4 \text{ mg GAE 100g}^{-1}$ massa seca), e neste fruto, como ocorre com goiaba serrana, as cascas são sub-aproveitadas, porém ricas em compostos bioativos (PARASHAR et al., 2014).

A casca seca de goiaba serrana das cultivares Mattos e Nonante foi mais eficiente no sequestro do radical livre DPPH ($\text{EC}_{50} = 10,38$ e $10,47 \text{ g massa seca/g DPPH}$, respectivamente)

(Tabela 7). Todavia, os demais genótipos foram menos eficientes, pois foi necessário aproximadamente 30 g de massa seca de casca de goiaba serrana para a mesma ação sequestradora de radical livre DPPH. Resultados obtidos com casca seca de chufa (*Eleocharis tuberosa* Schudt.) também remetem ampla faixa de valores para atividade antioxidante total, com EC₅₀ variando de 0,27 a 22,45 g massa seca/g DPPH (LOU et al., 2014).

Assim como para os teores de compostos fenólicos totais e eficiência no seqüestro de DPPH da casca seca dos frutos, as cultivares Mattos e Nonante apresentaram os maiores valores de atividade antioxidante quantificada através do método ABTS que os demais genótipos, sendo, respectivamente de 2455,53 e 2024,14 mM trolox/g de massa seca (Tabela 7). Os demais genótipos apresentaram menor atividade antioxidante comparadas às cultivares Mattos e Nonante, porém ainda altas (com valores de 914,77, 670,80 e 344,57 mM trolox/g de massa seca, para os genótipos 'Alcântara', acesso 2316 e 'Helena', respectivamente).

Na casca seca de romã (*Punica granatum* L.), os valores de atividade antioxidante são menores que em cascas de goiaba serrana, na faixa de 1604,85 a 2079,5 mM trolox/g de massa seca (HASNAOUI et al., 2014). Prado et al. (2014), trabalhando com casca de noz pecan, relatam valores mais expressivos que os encontrados neste trabalho, cerca de 4124,83±57,09 mM trolox/g de massa seca. Porém, esses autores otimizaram a extração de compostos antioxidantes (através do método *infusion+spray dryer*).

O material seco de frutos com casca e polpa apresentou maiores teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante que apenas a casca seca de goiaba serrana (Tabela 7). As diferenças entre os genótipos foram semelhantes as descritas para casca. As cultivares Mattos e Nonante apresentaram os maiores teores de compostos fenólicos (894,27 e 900,55 mg

GAE100g⁻¹ massa seca, respectivamente), de atividade antioxidante total (2981,25 e 3046,82 mM trolox/g de massa seca, respectivamente), e maior eficiência nos seus compostos bioativos necessários para diminuir a concentração inicial de DPPH em 50% (EC₅₀ de 6,06 e 7,54 g massa seca/g DPPH, respectivamente). O acesso 2316, a ‘Alcântara’ e a ‘Helena’, apresentaram efetividade inferior com relação aos componentes avaliados, comparados a ‘Mattos’ e a ‘Nonante’, porém ainda são considerados muito eficientes e promissores quando comparados a outros materiais.

O incremento na atividade antioxidante (métodos DPPH e ABTS) e no teor de compostos fenólicos totais no material de frutos com casca e polpa é em razão da presença da polpa e das sementes, visto que o fruto como um todo é considerado rico em compostos bioativos e antioxidantes (IELPO et al., 2000; BASILIE et al., 2010; MONFORTE et al., 2013). Entretanto, as sementes podem contribuir mais efetivamente com esses resultados, visto que, a polpa é mais pobre em compostos bioativos que a casca (MONFORTE et al., 2014). São encontrados valores de compostos fenólicos totais no valor de 18,56 e 32,47 mg GAE100g⁻¹ massa fresca para polpa e casca de frutos *in natura*, respectivamente, e valores de atividade antioxidante total de 165,0 e 465,7 mM trolox/g de massa fresca para polpa e casca de frutos *in natura*, respectivamente (TUNCEL e YILMAZ, 2013). Comportamento semelhante ocorre com romã (porém mais expressivo que goiaba serrana), que apresenta cerca de dez vezes mais conteúdo fenólico na casca do que na polpa (materiais submetidos a processo de secagem) (HASNAOUI et al., 2014). As sementes de diversas frutas (manga, abacate, logan, entre outras) são fontes de compostos fenólicos e atividade antioxidante que, em geral, são maiores do que nas suas porções comestíveis (SOONG e BARLOW, 2004).

O crescente interesse pela substituição de antioxidantes sintéticos por naturais, extraídos em diferentes partes das

plantas, promoveu a investigação e obtenção de novos antioxidantes naturais (HERNADEZ e BELTRAN, 2014). Muitos autores indicam que antioxidantes naturais ocorrem em diversas partes das plantas (casca de árvores, caules, vagens, folhas, frutos, raízes, sementes, entre outros) (SOONG e BARLOW, 2004; SOUSA et al., 2007; PARASHAR et al., 2014). A capacidade antioxidanté é amplamente utilizada como parâmetro para designar bioativos medicinais e compostos funcionais nos alimentos (BEYHA et al., 2010). Todos os materiais secos analisados de goiabeira serrana apresentaram elevada atividade antioxidanté e teor de compostos fenólicos totais (Tabelas 1 e 2), sendo viável a secagem desses materiais para elaboração de subprodutos. Logo, além do consumo *in natura* dos frutos, pode-se elaborar ampla gama de produtos com diversas partes da planta, tornando-se uma alternativa de renda para os produtores dessa frutífera, e também opção para redução de resíduos subutilizados. Trabalho realizado com resíduos de goiaba serrana (parte de sobra após o consumo tradicional do fruto) relata presença de atividade antioxidanté (1,91 a 2,32 mM trolox /g extrato liofilizado seco) e compostos bioativos, incluindo fenólicos totais (63,2 e 82,1 mg equivalente de catequina/g extrato liofilizado seco) e polissacarídeos pecticos, tendo uma abordagem viável e rentável para produção de ingredientes funcionais (WATERHOUSE et al., 2012).

Os diversos compostos fenólicos presentes nas flores, folhas, casca e polpa de goiaba serrana contribuem para a elevada atividade antioxidanté total. A atividade antioxidanté e sua eficiência na eliminação de radicais livres de determinado fruto ou parte de planta, tem forte ligação com os compostos fenólicos presentes no material vegetal. Essa forte ligação é derivada da atividade de eliminação de radicais livres e a quelação de íons metálicos pelos diversos compostos fenólicos (YOUWEI et al., 2008; SHAHIDI, 2009). Os compostos

fenólicos simples e seus derivados (ácidos fenólicos, flavonóides, taninos, lignanas e lignina, entre outros) podem eliminar os radicais livres e, portanto, fornecer meios eficazes para prevenir e tratar doenças degenerativas, diabetes, câncer, aterosclerose, dano radioativo, mal de Parkinson, entre outras (SHAHIDI, 2009).

Os resultados expressivos para os diferentes materiais de goiabeira serrana analisados também podem ser decorrentes do tipo de extração de compostos utilizada. Neste trabalho se utilizou extração com metanol (50%) e acetona (70%), segundo metodologia descrita por Larrauri et al. (1997). Esse método permite a extração de ampla gama de fenóis (glicosídeos, flavonóides, procianidinas, proantocianidinas oligoméricas) a partir de diversos tipos de amostras (LARRAURI et al., 1997). Tuncel e Yilmaz (2013), trabalhando com extrações em frutos de goiaba serrana, definiram como melhor extração o uso de acetona 80% a 40 °C, durante três horas, para escala de laboratório, porém não descartam o uso de metanol e etanol (diferentes concentrações) como bons extratores de compostos fenólicos e antioxidantes. Há crescente interesse por técnicas de extração para obtenção de materiais vegetais ricos em antioxidantes. Isso porque os métodos tradicionais são muito demorados, e requerem grandes quantidades de reagentes, levando ao acúmulo de resíduos e desperdício (compostos voláteis) (PRADO et al., 2014).

3.5 CONCLUSÕES

1. Há maior concentração de compostos fenólicos totais em tecidos secos nas folhas de goiabeira serrana, seguidos de frutos com casca e polpa, casca dos frutos e pétalas de flores.
2. Em tecidos secos, as pétalas de flores são mais eficientes no sequestro do radical DPPH, seguindo das folhas, frutos com casca e polpa e casca dos frutos.
3. Em tecidos secos, frutos com casca e polpa são mais eficientes no sequestro do radical ABTS, seguindo da casca dos frutos, pétalas de flores e folhas.

4 TRATAMENTO DE GOIABA SERRANA COM EMULSÕES DE CERA DE CARNAÚBA PARA A REDUÇÃO NA PERDA DE ÁGUA E PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA.

4.1 RESUMO

A aplicação de revestimento a base de cera de carnaúba tem como objetivo criar uma película de proteção, manter características físico-químicas e ainda melhorar o aspecto visual dos frutos. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito da aplicação de revestimento comestível de cera de carnaúba (18% de ativos, composta por emulsão de cera de carnaúba, resina de calofônia e água), diluída em água destilada nas concentrações de 0 (controle, frutos tratados com água destilada), 25, 50 e 100%, na qualidade pós-colheita de frutos de goiabeira serrana ‘Alcântara’, armazenados por 15 dias a 4 ± 1 °C ($90\pm5\%$ UR), seguidos por mais 48 horas de vida de prateleira a 23 ± 1 °C ($75\pm5\%$ UR). Os atributos avaliados foram permeância ao vapor de água, perda de massa fresca, pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e escurecimento de polpa. O revestimento dos frutos com cera de carnaúba nas concentrações de 25, 50 e 100%, reduziu a permeância ao vapor de água em 32, 40 e 49 %, respectivamente, e a perda de massa em 2,04; 1,77 e 1,40 %, respectivamente, quando comparado aos frutos controle. A aplicação de cera (nas concentrações de 25, 50 e 100%) não causou diferenças significativas no escurecimento de polpa, pH e relação SS/AT, relativo ao controle. Frutos do tratamento controle apresentaram maiores valores de SS e AT, enquanto frutos revestidos com cera (nas concentrações de 25, 50 e 100%) os menores valores. Aplicação de cera de carnaúba em frutos de goiabeira serrana apresenta um grande potencial de uso para melhoria na conservação pós-colheita, podendo ser aplicado juntamente com outras tecnologias, auxiliando na

manutenção da qualidade durante o armazenamento refrigerado e posterior comercialização.

Palavras-chave: *Acca sellowiana*, fruto, cera comestível, permeância à água, armazenamento refrigerado.

4.2 INTRODUÇÃO

A goiaba serrana [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret] é um fruto muito perecível e com período de conservação muito reduzido em temperatura ambiente, sendo necessária a sua rápida comercialização. O tempo de conservação em câmara fria também é limitado, em média de 20 dias a 4 °C, seguido de dois de vida de prateleira a 20 °C (VELHO et al., 2011), pois o armazenamento por longos períodos compromete a qualidade dos frutos de goiabeira serrana (HOFFMANN et al., 1994). Tecnologias de conservação pós-colheita são indispensáveis para aumentar o período de comercialização de produtos de origem vegetal (CERQUEIRA et al., 2011). Por isso a importância de se estudar técnicas de manejo pós-colheita que preservem a qualidade do fruto e aumentem a sua oferta ao mercado consumidor.

Há vários métodos de conservação que podem aumentar a vida útil de frutos e hortaliças. Dentre as técnicas utilizadas, pode-se citar o aumento da umidade relativa do ar, a diminuição da temperatura e o uso de atmosfera modificada (AM) (embalagens e coberturas comestíveis, entre elas biofilmes e ceras) (SILVA et al., 2011). Os revestimentos comestíveis agem como barreiras à perda de água e as trocas gasosas, controlando a transferência de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, lipídeos e aromas, com efeito semelhante ao promovido pelo armazenamento sob atmosfera controlada (AC) ou AM (VARGAS et al., 2008).

Os frutos em geral possuem ceras naturais que reduzem a perda de água (BLUM et al., 2008), mas essa cerosidade muitas vezes é perdida durante o processo de beneficiamento para a futura comercialização, além de não ser muito efetiva no controle de trocas gasosas. A reconstituição dessa barreira pode ser feita através da aplicação exógena de ceras. As ceras são hidrofóbicas, e quando aplicadas em frutos, formam uma alta barreira à perda de água (SANTOS et al., 2014), acarretando em redução de perdas por murchamento do fruto, prolongando a vida de prateleira (JACOMINO et al., 2003; BLUM et al., 2008; CHIUMARELLI e HUBINGER, 2014).

A cera de carnaúba, obtida a partir da carnaubeira (*Copernicia prunifera*), vem sendo testada em diversas frutas e hortaliças, e comercializada em diferentes concentrações e misturas. Uso de revestimento de cera de carnaúba é uma alternativa de baixo custo, eficiente e ao alcance de pequenos produtores (CHIUMARELLI e FERREIRA, 2006). A cera de carnaúba é considerada atóxica e pode ser aplicada em frutos que se consome a casca, como em goiaba (*Psidium guajava* L.) (JACOMINO et al., 2003; RAMOS et al., 2013), tomates (*Lycopersicon esculentum*) (CHIUMARELLI e FERREIRA, 2006) e caqui (*Diospyros kaki*) (BLUM et al., 2008; SILVA et al., 2011). A cera de carnaúba também é usada em misturas com outros biofilmes comestíveis, como amido de mandioca, goma de cajueiro, glicerol, entre outros (MEHYAR et al., 2012; RODRIGUES et al., 2014; SANTOS et al., 2014; CHIUMARELLI e HUBINGER, 2014).

Considerando o curto período de conservação pós-colheita da goiabeira serrana em armazenamento refrigerado, objetivou-se no presente trabalho avaliar o efeito de emulsões à base de ceras carnaúba, na conservação de goiabas serrana cv. Alcântara.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos da cultivar Alcântara foram colhidos em pomar do Banco Ativo de Germoplasma (BAG), da Estação Experimental da EPAGRI, em São Joaquim-SC (latitude 28° 16' 40,02" S, longitude 49° 56' 09,10" W e altitude de 1.400 m), na safra 2012/2013, no ponto de colheita comercial, identificado pela sua facilidade de desprender-se da planta. No Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do CAV/UDESC, em Lages, SC, os frutos foram selecionados pela uniformidade de tamanho, cor e ausência de defeitos, como má-formação e danos mecânicos. Os frutos foram lavados com água corrente e secos, na sequência numerados, pesados e dispostos em bandejas plásticas identificadas de acordo com o tratamento.

Avaliaram-se diferentes tratamentos com cera de carnaúba (Aruá BR-18; 18% de ativos, composta por emulsão de cera de carnaúba, resina de calofônia e água), produzida por Aruá Comércio e Serviços Ltda. O tratamento controle foi obtido pela imersão dos frutos em água destilada (0% de cera), bem como os tratamentos com cera diluída em água destilada, nas concentrações (%), em v/v) de 25%, 50% e 100% de cera de carnaúba.

A aplicação das emulsões de cera foi manual, de forma a cobrir toda a superfície das frutas com uma fina camada. As goiabas foram imersas, uma a uma, manualmente em recipientes contendo as emulsões, durante 10 segundos. Após, foram dispostos em grade para secagem. A secagem foi feita com auxílio de ventilador, a 20 ± 2 °C e UR de $85\pm2\%$, durante 12 horas. Após a secagem, os frutos foram pesados individualmente, e deixados durante 12h em condição ambiente, com o monitoramento da temperatura do ar, a temperatura interna do fruto e a umidade relativa do ar (UR). Após isso, foi feita nova pesagem dos frutos, para quantificar a

permeância a água (P'_{H_2O} ; $nmol \cdot s^{-1} \cdot m^{-2} \cdot Pa^{-1}$). A P'_{H_2O} foi calculada de acordo com a metodologia proposta por Amarante e Banks (2000), a partir da taxa de perda de água (r'_{H_2O} ; $nmol \cdot s^{-1}$), utilizando a solução de estado estacionário da primeira lei de difusão de Fick:

$$P'_{H_2O} = \frac{r'_{H_2O}}{\Delta P_{H_2O} A}$$

Onde: ΔP_{H_2O} é a diferença de pressão parcial de vapor de água entre o fruto e ambiente exterior, em $nmol \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$; e A é a área da superfície do fruto, em m^2 .

Posteriormente, os frutos foram armazenados em câmaras BOD, a $4 \pm 1^\circ C$ ($90 \pm 5\%$ UR), e avaliados após 15 dias de armazenamento refrigerado, seguido de 48 horas de vida de prateleira a $23 \pm 1^\circ C$ ($75 \pm 5\%$ UR). Foram avaliados perda de massa fresca, acidez titulável (AT), pH, teor de sólidos solúveis (SS), relação SS/AT e escurecimento de polpa.

A perda de massa fresca (% da massa inicial) foi determinada pela pesagem de cada fruto numerado individualmente, antes do armazenamento refrigerado e depois do armazenamento refrigerado, seguido de 48 h de vida de prateleira.

Os valores de AT (% de ácido cítrico) foram obtidos por titulometria de amostra de suco extraído dos frutos (10 mL de amostra diluída com 90 mL de água destilada), com solução de hidróxido de sódio 0,1 N até pH 8,1.

O pH do suco foi quantificado com um pHmetro de bancada.

Os teores de SS (%) foram determinados com um refratômetro manual (Abbe Atago), utilizando-se do suco extraído conforme descrito para a AT, com correção da leitura para a temperatura de $20^\circ C$.

As análises de incidência (%) e severidade de escurecimento da polpa foram efetuadas através de análise visual. A severidade foi avaliada atribuindo-se notas de 1 a 4(1-ausente; 2-inicial; 3-moderado, e 4-severo,

correspondendo a 0%, 1-30%, 31-60% e 61-100% da polpa do fruto com escurecimento, respectivamente).

Os frutos de goiaba serrana cv. Alcântara, na colheita, apresentavam pH=3,51, SS=8,9%, AT=1,58 mg de ácido cítrico 100g⁻¹ de polpa e relação SS/AT= 5,76.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis repetições, e cada repetição composta de 10 frutos. As médias de tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$) com o programa SAS (SAS Institute, 2002).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos de goiabeira serrana revestidas com cera de carnaúba apresentaram menores valores de P'_{H2O} (Tabela 8). A P'_{H2O} é uma medida que indica a facilidade com que o vapor de água é perdido através do fruto (MAGUIRE et al., 1999). Em frutos tratados com cera na concentração de 100%, houve aproximadamente 50% de redução na P'_{H2O} , comparados a frutos sem revestimento comestível (controle; 0 %). Em concentrações menores de cera de carnaúba também houve significativa redução na P'_{H2O} . Houve redução na P'_{H2O} de aproximadamente 40% e 32%, nos tratamentos com 50 e 25% de concentração de cera de carnaúba, respectivamente, comparando-se com o tratamento controle.

A eficiência em suprimir a perda de água pelos revestimentos comestíveis compostos por cera de carnaúba é uma característica altamente desejável para manutenção da qualidade de diversos frutos. A cera de carnaúba tem propriedades que reduzem a P'_{H2O} . As ceras, de modo geral, são formadas por lipídeos de cadeia longa e altamente hidrofóbicos (CHITARRA e CHITARRA, 2005; OSAWA et al., 2009; CHIUMARELLI e HUBINGER, 2014, SANTOS et al., 2014; SAMYN, 2014). Essa eficiência também é

decorrente do bloqueio dos poros da superfície dos frutos, resultando na redução da P'_{H2O} e ao O₂ e CO₂, o que pode reduzir a perda de água (AMARANTE e BANKS, 2000; AMARANTE et al., 2001).

A P'_{H2O} foi maior em frutos não revestidos com cera de carnaúba (~13 nmols⁻¹m⁻²Pa⁻¹) e menor em frutos revestidos com concentrações de 25, 50 e 100% de cera (8,77; 7,86; 6,78 nmols⁻¹m⁻²Pa⁻¹, respectivamente) (Tabela 8). Resultados obtidos para nmols⁻¹m⁻²Pa⁻¹ em cultivares de goiabeira serrana Unique, Triumph, Apollo e Mommoth, corroboram com os encontrados neste trabalho, para frutos sem aplicação de revestimento comestível. Wiryawan et al. (2005) reportam P'_{H2O} de ~ 4,5 a ~ 8 nmols⁻¹m⁻²Pa⁻¹ em frutos de goiabeira serrana avaliados após a colheita.

Em peras (*Pyrus communis* L.) revestidas com diferentes concentrações de cera de carnaúba (5, 10, 20, 40 e 100% de Zucchini Wax®), houve menor P'_{H2O} quando comparadas a peras não revestidas (AMARANTE et al., 2001). Em maçã 'Fuji' e 'Red Delicious' revestidas com cera de carnaúba (16,7%) e armazenadas sob refrigeração por sete dias, a P'_{H2O} foi de 9 nmols⁻¹m⁻²Pa⁻¹, enquanto que em frutos não revestidos foi de 13-18 nmols⁻¹m⁻²Pa⁻¹ (HAGENMAIER, 2005).

Resultados positivos em diversos trabalhos, utilizando a cera de carnaúba (em formulações exclusivas ou em misturas), corroboram com os resultados obtidos nesse trabalho. Machado et al. (2012), também trabalhando com formulação comercial a base de cera de carnaúba, relatam que, além de suprimir a perda de água, o revestimento estendeu a vida útil e reduziu a perda de cor verde e de clorofila em tangor 'Ortanique'. Chiumarelli e Hubinger (2014), trabalhando com misturas para revestimentos comestíveis, observaram menor perda de água em frutos tratados com revestimentos a base de cera de carnaúba. Cera de carnaúba reduziu a perda de água, indicando que este componente foi eficaz em melhorar a

barreira a perda de umidade em revestimentos comestíveis a base de goma de caju (RODRIGUES et al., 2014). Resultados semelhantes foram divulgados por Santos et al. (2014), que também trabalhando com misturas para obtenção de revestimentos comestíveis, obtiveram reduções significativas de perda de água com a utilização de cera de carnaúba.

Apesar da eficiência na redução da P'_{H2O} e na perda total de água, o uso de altas concentrações de cera de carnaúba pode ser prejudicial ao revestimento comestível. Revestimentos comestíveis com formulação altamente lipídicas (alta concentração de cera de carnaúba) resultam em filmes com estrutura rígida, porém quando se reduz as concentrações de cera, gera um filme com boas propriedades mecânicas, térmicas, físicas e estruturais (CHIUMARELLI e HUBINGER, 2014). Conhecidos os benefícios e as deficiências, a presença e a concentração de cera de carnaúba em revestimentos comestíveis podem variar de acordo com as propriedades requeridas para cada necessidade (RODRIGUES et al., 2014).

Tabela 8 - Permeância ao vapor de água (P'_{H2O}) dos frutos de goiabeira serrana (*Acca sellowiana*) cv. Alcântara, tratados com diferentes concentrações de cera de carnaúba (a $21\pm3^{\circ}\text{C}/90\pm5\%$ UR).

Concentrações de cera (%)	P'_{H2O} (nmol.s ⁻¹ .m ⁻² .Pa ⁻¹)
0	13,08 a
25	8,77 b
50	7,86 b
100	6,78 b
C.V. (%)	35,29

*Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Fonte: Próprio autor

A aplicação de cera de carnaúba reduziu a perda de massa de frutos de goiabeira serrana no armazenamento refrigerado, seguido de 48 h de vida de prateleira (Tabela 9). Frutos não tratados (0%) apresentaram a maior perda de massa ($>3\%$), após 15 dias de armazenamento, seguido de dois dias de vida de prateleira, diferindo significativamente dos demais tratamentos, com diferentes concentrações de cera (25 a 100%). Os frutos tratados com 100% de cera de carnaúba tiveram a menor perda de massa ($<1,5\%$), porém não diferiram significativamente dos frutos revestidos com 25 e 50% de cera. Frutos revestidos com 25 e 50% de concentração de cera de carnaúba apresentaram perda de massa de aproximadamente 2,05 e 1,75%, respectivamente. Os resultados mostram que o incremento na concentração de cera aplicada reduz a P'_{H2O} , e assim reduz a perda de água dos frutos (Tabelas 8 e 9).

Tabela 9 - Perda de massa fresca dos frutos de goiabeira serrana (*Acca sellowiana*) cv. Alcântara, tratados com diferentes concentrações de cera de carnaúba (a $21\pm3^{\circ}\text{C}/90\pm5\%$ UR).

Concentrações de cera (%)	Perda de massa (%)
0	3,45 a
25	2,04 b
50	1,77 b
100	1,40 b
C.V. (%)	19,5

*Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Fonte: Próprio autor.

Diversos trabalhos corroboram com os resultados positivos de supressão de perda de massa, obtidos com revestimentos de cera de carnaúba, em frutos de goiabeira serrana. Aplicação de cera de carnaúba reduziu significativamente a perda de massa fresca em goiaba ‘Paluma’ (JACOMINO et al., 2003; RIBEIRO et al., 2005; BATISTA et

al., 2009; RAMOS et al., 2013), caqui ‘Giombo’ (BLUM et al., 2008), mamão ‘Formosa’ (FERNANDES et al., 2010), tangerina ‘Clemenules’ (MALGARIM et al., 2007 a), laranjas ‘Navelina’ (MALGARIM et al., 2007 b), ‘Valênciia Delta’ (PEREIRA et al., 2014) e tangor ‘Ortanique’ (MACHADO et al., 2012)

A ausência de diferença da concentração utilizada de cera de carnaúba na perda de massa também foi verificada por outros autores. Não houve diferença significativa de perda de massa nos tratamentos com 50 e 100% de cera, em goiaba ‘Paluma’, sob refrigeração e em condição ambiente (RIBEIRO et al., 2005). Em caqui ‘Giombo’ também não houve diferença significativa entre as concentrações de cera de carnaúba(12,5; 25 e 50%), porém houve expressiva supressão de perda de massa de 7,8%, em relação aos frutos não tratados (BLUM et al., 2008). Em pêssegos ‘Esmeralda’ também não houve diferenças significativas entre as concentrações de cera (25, 50, 75 e 100%) na perda de massa fresca entre os frutos revestidos com cera de carnaúba (MALGARIM et al., 2007). A redução da perda de água ou massa fresca deve ser considerada o principal benefício da utilização da cera, visto que reduz perdas por murchamento do fruto, prolongando a vida de prateleira (BLUM et al., 2008). Isso se deve a baixa permeabilidade da cera ao vapor de água (HAGENMAIER e BAKER, 1994), pois a cera de carnaúba age como uma rede coesa contra umidade (CHIUMARELLI e HUBINGER, 2014).

Nas diferentes concentrações de emulsões de cera de carnaúba, não houve diferença significativa de pH (Tabela 10). Esses resultados corroboram com Blum et al. (2008), que não encontraram diferenças de pH entre os frutos de caqui ‘Giombo’ revestidos ou não com cera de carnaúba, e entre as concentrações de cera utilizadas. Mesmos resultados foram observados em tomates ‘Débora’ (CHIUMARELLI e

FERREIRA, 2006), em tangor ‘Ortanique’ (MACHADO et al., 2012) e laranjas ‘Valênci Delta’ (PEREIRA et al., 2014).

Tabela 10- Atributos de qualidade dos frutos da cultivar Alcântara de goiabeira serrana (*Acca sellowiana*), tratados com diferentes concentrações de cera de carnaúba, após armazenamento refrigerado (15 dias a 4 ± 1 °C/90±5% UR), seguido de 48 h a 23 ± 1 °C (75±5% UR).

TRATAMENTO (%)	Após armazenamento refrigerado		
	pH	SS	AT
0	3,91 ^{ns}	11,74 a*	1,45 a
25	3,62	10,64 ab	1,45 a
50	3,32	9,88 b	1,32 ab
100	3,30	9,28 b	1,14 b
C.V.%	13,78	8,26	12,97

	Após armazenamento refrigerado	
	SS/AT	Escurecimento (1-4)
0	8,16 ^{ns}	1,95 ^{ns}
25	7,47	2,00
50	7,58	2,20
100	8,23	1,80
C.V.%	12,11	15,07

*Valores seguidos da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

ns: não significativo ($p>0,05$).

Fonte: Próprio autor.

Houve diferença significativa entre os tratamentos para o teor de SS e AT (Tabela 10). Frutos tratados com cera de carnaúba (25-100%) apresentaram menores valores de SS, comparados aos frutos sem revestimento. Este resultado pode estar relacionado à perda de umidade, com subsequente concentração dos sólidos solúveis nos frutos controle (RIBEIRO et al., 2005; PEREIRA et al., 2014). Frutos do tratamento controle e frutos revestidos com 25% de cera de carnaúba apresentaram maiores valores de AT. Já frutos revestidos com 100% de cera apresentaram os menores valores

de AT. Frutos revestidos com 50% não diferiram dos demais tratamentos. Altas concentrações de cera podem levar a processos fermentativos, com rápido consumo de ácidos orgânicos, reduzindo a AT e assim alterando a qualidade dos frutos (JACOMINO et al., 2003).

Não houve diferenças, entre todos os tratamentos, para a relação SS/AT (Tabela 10). Entretanto, houve incremento nos valores de SS/AT do período da colheita (5,76) até os 15 dias de avaliação (7,86), devido à maior redução na AT do que no teor de SS. Em goiaba serrana, os ácidos orgânicos representam o principal substrato respiratório durante o armazenamento, o que compromete a qualidade sensorial pelo aumento na relação SS/AT (AMARANTE et al., 2013). Em pêssegos ‘Esmeralda’ revestidos ou não com cera de carnaúba também não foram encontradas diferenças significativas com relação a esse atributo de qualidade (MALGARIM et al., 2007 c). Resultados divulgados por Pereira et al. (2014) também corroboram com os encontrados em frutos de goiabeira serrana.

Com relação ao escurecimento de polpa, não houve diferença significativa entre os tratamentos. A severidade se manteve entre inicial e moderada, com aproximadamente 30 a 60% da polpa do fruto com escurecimento (Tabela 10).

A alta atividade metabólica do fruto de goiabeira serrana exige o imediato armazenamento refrigerado, visando a preservar sua qualidade pós-colheita (AMARANTE et al., 2013). A aplicação de revestimento comestível de cera de carnaúba é vantajosa porque não polui e nem precisa ser retirado, como acontece com os filmes plásticos.

4.5 CONCLUSÕES

A cera de carnaúba foi eficaz na redução de permeânci a ao vapor de água e na supressão de perda de massa fresca em goiabas serranas ‘Alcântara’.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O escurecimento de polpa do fruto da goiabeira serrana é uma das características que mais limitam o seu armazenamento refrigerado. De acordo com os resultados deste trabalho, as enzimas PPO e PAL aparentemente estão envolvidas no processo de escurecimento da polpa de frutos de goiabeira serrana. A enzima PPO parece exercer maior influência nesse processo de escurecimento, em relação as demais enzimas. Há indícios de que o alto índice de escurecimento de polpa em goiaba serrana está mais relacionado ao processo natural de amadurecimento e de senescência, do que em decorrência da injúria por frio. Por esse motivo, para trabalhos futuros seria recomendado avaliar o comportamento dos frutos de goiabeira serrana submetidos á temperaturas mais baixas de armazenamento (menores que 4 °C), e submetidos a processos de antecipação da senescência natural, quanto a atividade enzimática da PPO e da PAL.

Os materiais secos de folhas, flores e frutos de goiabeira serrana apresentam viabilidade no uso como matéria-prima bioativa e antioxidante para elaboração de diversos produtos. Além de reduzir os resíduos sub-utilizados, essa abordagem também permitirá ao consumidor usufruir produtos a base de goiaba serrana, fora da época de colheita da fruta. Consequentemente, isto viabilizará aos produtores dessa frutífera, novos nichos de mercado, visto que o mercado de componentes promotores de saúde está aquecido, em virtude da crescente compreensão do mercador consumidor da relação entre dieta, boa saúde e prevenção de doenças. Para trabalhos futuros sugere-se a quantificação e isolamento dos diversos compostos fenólicos (flavonas, flavonóis, antocianidinas, entre outros) presentes nas diversas partes de goiabeira serrana. Isto permitirá promover a interação com outras áreas de

pesquisa, a fim de que esses isolados de goiabeira serrana sejam aplicados em produtos alimentícios e/ou farmacêuticos.

O revestimento comestível com cera de carnaúba foi eficaz na redução de permeânci a vapor de água e, consequentemente, na supressão de perda de massa fresca em goiabas serranas ‘Alcântara’. A modificação da atmosfera pelo uso de cera de carnaúba associada à refrigeração possibilitou o armazenamento frutos de goiabeira serrana durante 15 dias, seguidos de 48 h de vida de prateleira. A goiaba serrana é muito perecível porque apresenta alta atividade metabólica. Logo, para trabalhos futuros seria interessante avaliar a aplicação e viabilidade econômica de revestimentos comestíveis mistos (cera de carnaúba, amido de mandioca, glicerol e goma de caju). Nestes estudos, além das variáveis avaliadas neste trabalho (P'_{H2O} , atributos físico-químicos e perda de massa fresca), seria avaliado microestrutura, permeânci a gases e propriedades químicas e físicas do revestimento.

REFERÊNCIAS

- AL-HARTHY, A.-A. S. **Postharvest treatments to extend the storage life of feijoa (*Acca sellowiana*)**. 2010. 161 f. Thesis (Doctor of Philosophy in Food Technology) - Massey University, Palmerston North, 2010.
- AMARANTE, C.; BANKS, N. H. Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. **Horticultural Reviews**, West Lafayette, v. 26, n.1 p. 161-238, 2000.
- AMARANTE, C.; BANKS, N. H.; GANESH, S. Effects of coating concentration, ripening stage, water status and fruit temperature on pear susceptibility to friction discolouration. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v. 21, n.3, p. 283-290, 2001.
- AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; DUCROQUET, J.P.H.J.; SASSO, A. Qualidade de goiaba serrana em resposta a temperatura de armazenamento e ao tratamento com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.1683-1689, 2008.
- AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; BENINCÁ, T.D.T.; HACKBARTH,C.; SANTOS, K.L. Qualidade e potencial de conservação pós-colheita dos frutos em cultivares brasileiras de goiabeira-serrana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.4, p.990-999, 2013.
- BARREIROS, A.L.B.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P. Estresse oxidativo: Relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.1, p. 113-123, 2006.

BARMAN, K.; SIDDQUI, M.D.W.; PATEL, V.B.; PRASAD, M.Nitric oxide reduces pericarp browning and preserves bioactiveantioxidants in litchi. **Scientia Horticulturae**, Agassiz, v.171, n.1, p.71-77, 2014.

BASILE, A.; CONTE, B.; RIGANO, D.; SENATORE, F.; SORBO, S. Antibacterial and antifungal properties of acetonic extract of *Feijoa sellowiana* fruits and its effect on *Helicobacter pylori* Growth. **Journal of Medicinal Food**, Orlando, v.13, n.1, p.189-195, 2010.

BATISTA, P.F.; PEREIRA, M.C.; SANTOS, A.E.O.; RIBEIRO, V.G.; ASSIS, J.S. Associação de 1-MCP com ceras de carnaúba na conservação de goiabas ‘Paluma’. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.4, n.1, p.22-26, 2009.

BESTWICK, C.S.; BROWN, I.R.; BENNETT, M.H.R.; MANSFIELD, J.W. Localization of Hydrogen Peroxide Accumulation during the Hypersensitive Reaction of Lettuce Cells to *Pseudomonas syringae* pv *phaseolicola*.**The Plant Cell**, Norwich, v.9, n.1, p.209-221, 1997.

BEYHAN, O.; ELMASTAS, M.; GEDIKLI, F.Total phenolic compounds and antioxidant capacity of leaf, dry fruit and fresh fruit of feijoa (*Acca sellowiana*, Myrtaceae). **Journal of Medicinal Plants Research**, Nsukka, v.11, n.4, p.1065-1072, 2010.

BEYHAN, O.; EYDURAN, S.P.Determination of promising native feijoa (*Feijoa sellowiana* Berg.) genotypes from Sakarya Region in Turkey. **Scientific Research and Essays**, Maryland, v.6, n.19, p. 4104-4108, 2011

BLUM, J.;HOFFMANN, F.B.; AYUB, R.A.; JUNG, D.L.J.; MALGARIM, M.B. Uso de cera na conservação pós-colheita do caqui cv. Giombo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.830-833, 2008.

BONTEMPO, P.; MITA, L.; MICELI, M.; DOTO, A.; DOTO, A.; NEBBIOSO, A.; BELLIS, F.; CONTE, M.; MINICHIELLO, A.; MANZO, F.;CARAFA, V.; BASILE, A.; RIGANO, D.; SORBO, S.; COBIANCHI, R.C.; SCHIAVONE, E.M.; FERRARA, F.; SIMONE, M.; VIETRI, M.T.; CIOFFI, M.; SICA, V.; BRESCIANI, F.; LERA, E.; ALTUCCI, L.; MOLINARI, A.M.*Feijoa sellowiana* derived natural Flavone exerts anti-cancer action displaying HDAC inhibitory activities. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, Amsterdã, v.39, n.1, p.1902-1914, 2007. .

BORGO, J.; XAVIER, C.A.G.; MOURA, D.J.; RICHTER, M.F.; SUYENAGA, E.S. Influência dos processos de secagem sobre o teor de flavonóidese na atividade antioxidante dos extratos de *Baccharis articulata*(Lam.) Pers., Asteraceae..**Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Curitiba, v.20, n.1, p.12-17, 2010.

BRADFORD, M.M.Rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analitic Biochemistry**, Maryland,v.76, n.1, p.248-255, 1976.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **FoodScience and Technology**,Campinas, v.28, n.1, p.25-30, 1995.

CERQUEIRA, T.S.; JACOMINO, A.P.; SASAKI, F.F.; ALLEONI, A.C.C. Recobrimento de goiabas com filmes proteicos e de quitosana. **Tecnologia de Pós-Colheita**, Campinas, v.70, n.1, p.216-221, 2011.

CHEN, J.; HE, L.; JIANG, Y.; WANG, Y.; JOYCE, D.C.; JI, Z.; LU, W. Role of phenylalanine ammonia-lyase in heat pretreatment-induced chilling tolerance in banana fruit. **Physiologia Plantarum**, Umea, v.132, n.3, p.318-328, 2008.

CHEN, J.Y.; WEN, P.F.; KONG, W.F.; PAN, Q.H.; ZHAN, J.C.; LI, J.M.; WAN, S.B.; HUANG, W.D. Effect of salicylic acid on phenylpropanoids and phenylalanine ammonia-lyase in harvested grape berries. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.40, n.1, p.64-72, 2006.

CHEN, Y.; WANG, J.; OU, Y.; CHEN, H.; XIAO, S.; LIU, G.; CAO, Y.; HUANG, Q. Cellular antioxidant activities of polyphenols isolated from *Eucalyptus* leaves (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* GL9). **Journal of Functional Foods**, St John's, v.7, n.1, p.737-745, 2014.

CHISARI, M.; BARBAGALLO, R.N.; SPAGNA, G. Characterization of polyphenol oxidase and peroxidase and influence on browning of cold stored strawberry fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.55, n.9, p.3469-3476, 2007.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CHIUMARELLI, M.; FERREIRA, M.D. Qualidade pós-colheita de tomates ‘Débora’ com utilização de diferentes coberturas comestíveis e temperaturas de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.3p. 381-385, 2006.

CHIUMARELLI, M.; HUNBINGER, M.D. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. **Food Hydrocolloids**, Wrexham, v.38, n.1, p.20-27, 2014.

CHOEHOM, R.; KETSA, S.; DOORN, W.G.V. Senescent spotting of banana peel is inhibited by modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.31, n.2, p.167-175, 2004.

CHON, S.; BOO, H.; HEO, B.; GORINSTEIN, S. Anthocyanin content and the activities of polyphenol oxidase, peroxidase and phenylalanine ammonia-lyase in lettuce cultivars. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Parma, v.63, n.1, p.45-48, 2012.

CLERICI, M.T.P.S.; SILVA, L.B.C. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruits grown in Brazil. **Food Research International**, Campinas, v.44, n.1, p.1658-1670, 2011.

CORRALES, S.P.G.; LUNA, C.E.R.; GALLEGOS, L.O. Determinación del comportamiento químico y fisiológico de *Feijoa sellowiana* en almacenamiento. **Cenicafé**, Chinchiná, v.54, n.1, p.50-62, 2003.

CORRÊA, M.O.G.; PINTO, D.D.; ONO, E.O. Análise da atividade respiratória em frutos de jabuticabeira. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, n.2, p.831-833, 2007.

DEGENHARDT, J.; DUCROQUET, J.-P.; GUERRA, M.P.; NODARI, R.O. Avaliação fenotípica de características de frutos em duas famílias de meios-irmãos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana* Berg.) de um pomar comercial em São Joaquim, SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.475-479, 2003.

DEGLINNOCENTI, E.; PARDOSSI, A.; TOGNONI, F.; GUIDI, L. Physiological basis of sensitivity to enzymatic browning in ‘lettuce’, ‘escarole’ and ‘rocket salad’ when stored as fresh-cut products. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.104, n.1, p.209-215, 2007.

DING, C.K.; WANG, C.Y.; GROSS, K.C.; SMITH, D.L. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. **Planta**, Freiburg, v.124, n.1, p.895-901, 2002.

DIXON, R.A.; PAIVA, N.J. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. **The Plant Cell**, Norwich, v.7, n.6, p.1085-1097, 1995.

DUAN, X.; SU, X.; YOU, Y.; QU, H.; LI, Y., JIANG, Y. Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested longan fruit in relation to phenolic metabolism. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.104, n.1, p.571-576, 2007.

DUCROQUET, J.P.H.J.; HICKEL, E.R.; NODARI, R.O. **Goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana* Berg).** Jaboticabal: FUNEF, 2000. 66p. (Série Frutas Nativas, 5).

EAST, A.R.; TREJO-ARAYA, X.I.; HERTOG, M.L.A.T.M.; NICHOLSON, S.E.; MAWSON, A.J. The effect of controlled atmospheres on respiration and rate of quality change in 'Unique' feijoa fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.53, n.1, p.66-71, 2009.

EL-SHENAWYA, S.M.; MARZOUKB, M.S.; DIBC, R.A.E.; ELYAZEDC, H.E.A.; SHAFFIED, N.M.; MOHARRAM, F.A. Polyphenols and biological activities of *feijoa sellowiana* leaves and twigs. **Revista Latinoamericano de Química**, Cidade do México, v.36, n.3, p.103-120, 2008.

El-SHORA, H.M. Properties of phenylalanine ammonia-lyase from Marrow cotyledons. **Plant Science**, Columbus, v.162, n.1, p.1-7, 2002.

FALGUERA, V.; QUINTERO, J.P.; JIMÉNEZ, A.; MUÑOZ, J.A.; IBARZ, A. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science e Technology**, Norwich, v.22, n.6, p.292-303, 2011.

FERNANDES, P.L.O.; AROUCHA, E.M.M.; SOUZA, P.A.; SOUSA, A.E.D.; FERNANDES, P.L.O. Qualidade de mamão 'Formosa' produzido no RN e armazenado sob atmosfera passiva. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.4, p.599-604, 2010.

FERNANDEZ, X.; LOISEAU, A.M.; CUVELIER, L.L.; MONNIER, Y. Chemical composition of the essential oil from Feijoa (Feijoa sellowiana Berg.) Peel. **Journal of Essential Oil Research**, Montgomery, v.16, n.3, p.274-275, 2004.

GAO, M.; FENG, L.; JIANG, T. Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (*Agaricus bisporus*) by essential oils fumigation treatment. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.149, n.15, p.107-113, 2014.

GONÇALVES, C.A.A.; LIMA, L.C. de O.; LOPES, P.S.N.; PRADO, M.E.T. Caracterização física, físicoquímica, enzimática e de parede celular em diferentes estádios de desenvolvimento da fruta de figueira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.220-229, 2006.

GUIMARÃES, A.A.; FINGER, F.L.; SOUZA, P.A.; LINHARES, P.C. Fisiologia pós-colheita de *Heliconia* spp. **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n.5, p.38-49, 2010.

HAGENMAIER, R. A comparison of ethane, ethylene and CO₂ peel permeance for fruit with different coatings. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.37, n.1, p.56-64, 2005.

HAGENMAIER, R.D.; BAKER, R.A. Wax microemulsions and emulsions as citrus coatings. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.42, n.1, p.899-902, 1994.

HASNAOUI, N.; WATHELET, B.; ARAUJO, A.J. Valorization of pomegranate peel from 12 cultivars: Dietary fiber composition, antioxidant capacity and functional properties. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.160, n.1, p.196-203, 2014.

HERNÁNDEZ, L.A.C.; BELTRÁN, J.A.G. Total phenolics and antioxidant activity of *Piper auritum* and *Porophyllum ruderale*. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.143, n.1, p.455-460, 2014.

HO, S.C.; HWANG, L.S.; SHEN, Y.J.; LIN, C.C. Suppressive effect of a proanthocyanidin-rich extract from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) flowers on nitric oxide production in LPS-stimulated macrophage cells. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.55, n.26, p.10664–10670, 2007.

HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KLUGE, R.A.; BILHALVA, A.B. Influência da temperatura e do polietileno no armazenamento de frutos de goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana* Berg.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.51, n.3, p.563-568, 1994.

HUCHIN, V.M.M.; HUCHIN, M.L.M.; LEÓN, R.J.E.; GLORY, L.C.; MOTA, I.A.E.; VÁZQUEZ, E.O.; ANCONA, D.B., DUCHO, E.S. Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.166, n.1, p.17-22, 2015.

IELPO, M.TL.; BASILE, A.; MIRANDA, R.; MOSCATIELLO, V.; NAPPO, C.; SORBO, S.; LAGHI, E.; RICCIARDI, M.M.; RICCIARDI, L.; VUOTTO, M.L. Immunopharmacological properties of flavonoids. **Fitoterapia**, Novara, v.71, n.1, p.101-109, 2000.

JACOMINO, A.P.; OJEDA, R.M.; KLUGE, R.A.; FILHO, J.A.S. Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.401-405, 2003.

JIANG, Y.; DUAN, X.; JOYCE, D.; ZHANG, Z.; LI, J. Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.88, n.3, p.443-446, 2004.

JUNIOR, A.R.C.; GOMES, G.A.; FERREIRA, R.O.; CARVALHO, M.G. Constituintes químicos e atividade antioxidante de folhas e galhos de *Eugenia copacabanensis* Kiaersk (Myrtaceae). **Química Nova**, São Paulo, v.37, n.3, p.477-482, 2014.

KAISOON, O.; KONCZAK, I.; SIRIAMORNPUN, S. Potential health enhancing properties of edible flowers from Thailand. **Food Research International**, Campinas, v.46, n.2, p.563-571, 2012.

KAISOON, O.; SIRIAMORNPUN, S.; WEERAPREEYAKUL, N.; MEESO, N. Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. **Journal of Functional Foods**, St John's, v.3, n.2, p.88-99, 2011.

KARAMI, M.; NAKABADI, F.K.; EBRAHIMZADEH, M.A.; NAGHSHVAR, F. Nephroprotective effects of *Feijoa Yellowiana* leaves extract on renal injury induced by acute dose of ecstasy (MDMA) in mice. **Iranian Journal of Basic Medical Sciences**, Mashhad, v.17, n.1, p.69-72, 2014.

KOLESNIK, A. A., GOLUBEV, V. N., & GADZHIEVA, A. A. Lipids of the fruit of *Feijoa sellowiana*. **Chemistry of Natural Compounds**, Yahya Gulyamova, v.27, n.4, p.404–407, 1991.

KONG, J.M.; CHIA, L.S.; GOH, N.K.; CHIA, T.F.; ROUILLARD, R. Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry**, Pullman, v.64, n.1, p.923-933, 2003.

LAPCÍK, O.; KLEJDUS, B.; KOKOSKA, L.; DAVIDOVÁ, M.; AFANDI, K.; KUBÁN, V.; HAMPL, R. Identification of isoflavones in *Acca sellowiana* and two *Psidium* species (Myrtaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, Surrey, v.33, n.1, p.983-992, 2005.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.45, n.1, p.1390-1393, 1997.

LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of pigment analysis in cranberries. **HortScience**, Alexandria, v.7, n.1, p.83-84, 1972.

LOPES, A.M.; TORALLES, R.P.; ROMBALDI, C.V. Thermal inactivation of polyphenoloxidase and peroxidase in Jubileu clingstone peach and yeast isolated from its spoiled puree. **Food Science and Technology**, Campinas, v.34, n.1, p.150-156, 2014.

LOWRY, J.B. Anthocyanins of the Melastomataceae, Myrtaceae and some allied families. **Phytochemistry**, Pullman, v.15, n.4, p.513-516, 1976.

LUO, Y.; LI, X.; HE, J.; SU, J.; PENG, L.; WU, X.; DU, R.; ZHAO, Q. Isolation, characterization, and antioxidant activities of flavonoids from chufa (*Eleocharis tuberosa*) peel. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.164, n.1, p.30-35, 2014.

LUO, Z.; CHEN, C.; XIE, J. Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of 'Qingnai' plum fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdā, v.62, n.1, p.115-120, 2011.

LUO, Z.; WU, X.; XIE, Y.; CHEN, C. Alleviation of chilling injury and browning of postharvest bamboo shoot by salicylic acid treatment. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.131, n.2, p.456-461, 2012.

MACHADO, F.L.C.; COSTA, J.M.C.; BATISTA, E.N. Application of carnauba-based wax maintains postharvest quality of 'Ortanique' tangor. **Food Science and Technology**, Campinas, v.32, n.2, p.261-266, 2012

MAGUIRE, K.M.; BANKS, N.H.; LANG, A.; GORDON, I.L. Harvest date, cultivar, orchard, and tree effects on water vapor permeance in apples. **Journal of the American Society for Horticultural Sciense**, Alexandria, v.125, n.1, p.100-104, 2000.

MAGUIRE, K.M.; BANKS, N.H.; LANG, A. Sources of variation in water vapour permeance of apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdā, v.17, n.1, p.11-17, 1999.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, R.F.F.; TREPTOW, R.O. Conservação de tangerina cv. Clemenules utilizando diferentes recobrimentos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, n.1, p.75-82, 2007 (a).

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, R.F.F.; TREPTOW, R.O. Armazenamento refrigerado de laranjas cv. Navelina em diferentes concentrações de cera à base de carnaúba. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, n.1, p. 99-105, 2007b.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, R.F.F.; TREPTOW, R.O.; FERRO, V.C. Concentrações de cera de carnaúba na qualidade de pêssegos cv. Esmeralda armazenados sob refrigeração. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, n.4, p. 469-473, 2007c.

MANABE, M.; ISOBE, Y. Suppressing effects of *Feijoa sellowiana* Berg (feijoa) on cytokine secretion by intestinal epithelium. **Food Science and Technology Research**, Athens, v.11, n.1, p.71-76, 2005.

MANEENUAM, T.; KETSA, S.; DOORN, W.G.V. High oxygen levels promote peel spotting in banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.43, n.1, p.128-132, 2007.

MARTÍNEZ-FLÓREZ, S.; GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; CULEBRAS, J.M.; TUÑÓN, M.J. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutrición Hospitalaria**, Princesa, v.6, n.1, p. 271-278, 2002.

MARTÍNEZ-VEGA, R.R.; FISCHER, G.; HERRERA, A.; CHAVES, B.; QUINTERO, O.C. Características físico-químicas de frutos de feijoa influenciadas por la posición en el canopi. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, Cundinamarca, v.2, n.1, p.21-32, 2008.

MASSOLO, J.F.; CONCELLÓN, A.; CHAVES, A.R.; VICENTE, A.R. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) delays senescence, maintains quality and reduces browning of non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v. 59, n.1, p.10-15, 2011.

MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidases isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant & Cell Physiology**, Sendai, v.13, n.1, p.1091-1101, 1972.

MAYER, A.M. Polyphenol oxidases in plants and fungi: Going places? A review. **Phytochemistry**, Pullman, v.67, n.21, p.2318-2331, 2006.

MAZARO, S.M.; JÚNIOR, A.W.; SANTOS, I. Controle do tombamento de plântulas de beterraba e tomate pelo tratamento de sementes com quitosana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1424-1430, 2009.

MEHYAR, G.F.; ISMAIL, K.A.; HAN, J.H.; CHEE, G.W. Characterization of edible coatings consisting of pea starch, whey protein isolate, and carnauba wax and their effects on oil rancidity and sensory properties of walnuts and pine nuts. **Journal of Food Science**, Raleigh, v.77, n.2, p.52-59, 2012.

MISHARA, B.B.; KUMAR, S.; WADHAWAN, S.; HAJARE, S.N.; SAXENA, S.; MORE, V.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Browning of litchi fruit pericarp: role of polyphenol oxidase, peroxidase, phenylalanine ammonia lyase and effect of gamma radiation. **Journal of Food Biochemistry**, Orlando, v.36, n.5, p.604-612, 2012.

MONFORTE, M.T.; FIMIANI, V.; LANUZZA, F.; NACCARI, C.; RESTUCCIA, S.; GALATI, E.M. *Feijoa sellowiana* Berg fruit juice: anti-inflammatory effect and activity on superoxide anion generation. **Journal of Medicinal Food**, Orlando, v.1, n.1, p.1-7, 2013.

MONFORTE, M.T.; LANUZZA, F.; MONDELLO, F.; NACCARI, C.; PERGOLIZZI, S.; GALATTI, E.M. Phytochemical composition and gastroprotective effect of *Feijoasellowiana* Berg fruits from Sicily. **Journal of Coastal Life Medicine**, Orlando, v.2, n.1, p.14-21, 2014.

MORI, T.; SAKURI, M.; SAKUTA, M. Effects of conditioned medium on activities of PAL, CHS, DAHP syntase (DS-Co and Ds-Mn) and anthocyanin production in suspension cultures of *Fragaria ananassa*. **Plant Science**, Columbus, v.160, n.1, p.355-360, 2001.

MOTOHASHI.; KAWASE, M.; SHIRATAK, Y.; TANI, S.; SAIT, S.; SAKAGAM, H.; TERUO KURIHARA, T.; NAKASHIMA, H.; WOLFARD, N.; MUCS, I.; VARGA, A.; MOLNAR, J. Biological activity of feijoa peel extracts. **Anticancer Research**, Boston, v.20, n.1, p.4323-4330, 2000.

NEGRI, M.L.S.; POSSAMAI, J.C.; NAKASHIMA, T. Atividade antioxidante das folhas de espinheira-santa - *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss., secas em diferentes temperaturas. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Curitiba, v.19, n.2B, p.553-556, 2009.

NETO, E.M.F.L.; PERONI,N.; CASAS,A.; PARRA,F.; AGUIRRE,X.;GUILLÉN,S.; PAULINO,U. Brazilian and Mexican experiences in the study of incipient domestication. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, Pollenzo,v. 10, n.1, p.10-33, 2014

NGUYEN, T.B.T.; KETSA, S.; DOORN, W.G.V. Effect of modified atmosphere packaging on chilling-induced peel browning in banana. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.31, n.3, p.313-317, 2004.

NGUYEN, T.B.T.; KETSA, S.; DOORN, W.G.V. Relationship between browning and the activities of polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.30, n.2, p.187-193, 2003.

OLIVEIRA, O.W.; PETROVICK, P.R. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Curitiba, v.20, n.4, p.641-650, 2010.

OSAWA, C.C.; FONTES, L.C.B.; MIRANDA, E.H.W. CHANG, Y.K.; STEEL, C.J. Avaliação físico-química de bolo de chocolate com coberturas comestíveis à base de gelatina, ácido esteárico, amido modificado ou cera de carnaúba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n.1, p.92-99, 2009.

OTHMAN, O.Polyphenoloxidase and peroxidase activity during open air ripening storage of pineapple (*ananas comosus* l.), mango (*mangifera indica*) and papaya (*carica papaya*). **Tanzania Journal of Science**, Dar es Salaam, v.38, n.3, p.84-94, 2012.

PARASHAR, S.; SHARMA, H.; GARG, M.Antimicrobial and Antioxidant activities of fruits and vegetable peels: A review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, Pullman, v.3, n.1, p.160-164, 2014.

PARRA, A.C.; FISCHER, G. Maduración y comportamiento poscosecha de la feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). Una revisión. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, Cundinamarca, v.7, n.1, p.98-110, 2013.

PEREIRA, G.S.; MACHADO, F.L.C.; COSTA, J.C.C. Aplicação de recobrimento prolonga a qualidade pós-colheita de laranja ‘Valência Delta’ durante armazenamento ambiente. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.45, n.3, p.520-527, 2014.

PEREYRA, L.; ROURA, S.I.; DEL VALLE, C.E. Phenylalanine ammonia lyase activity in minimally processed Romaine lettuce. **LWT- Food Science and Technology**, Zürich, v. 38, n.1, p.67-72, 2005.

POURCEL, L.; ROUTABOUL, J.M.; CHEYNIER, V.; LEPINIEC, L.; DEBEAUJON, I. Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v.12, n.1, p.29-36, 2006.

PRADO, A.C.P.; SILVA, H.S.; SILVEIRA, S.M.; BARRETO, P.L.M.; VIEIRA, C.R.W.; MARASCHIN, M.; FERREIRA, S.R.S.; BLOCK, J.M. Effect of the extraction process on the phenolic compounds profile and the antioxidant and antimicrobial activity of extracts of pecan nut [*Carya illinoinensis* (Wangenh) C. Koch] Shell. **Industrial Crops and Products**, St Martin d'Heres, v.52, n.1, p.552–561, 2014.

QUADROS, K.E.; MOTA, A.P.; KERBAUY, G.B.; GUERRA, M.P.; DUCROQUET, J.P.H.J.; PESCADOR, R. Estudo anatômico do crescimento do fruto em *Acca sellowiana* (Berg.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.296-302, 2008.

QUEZADA, M.; PASTINA, M.M.; RAVEST, G.; SILVA, P.; VIGNALE, B.; CABRERA, D.; HINRICHSEN, P.; GARCIA, A.A.F.; PRITSCH, C. A first genetic map of *Acca sellowiana* based on ISSR, AFLP and SSR markers. **Scientia Horticulturae**, Agassiz, v.169, n.1, p.38-146, 2014.

RAIMBAULT, A.K.; ALPHONSINE, P.A.M.; HORRY, J.P.; HAUGRIN, M.F.; ROMUALD, K.; SOLER, A. Polyphenol oxidase and peroxidase expression in fourpineapple varieties (*Ananas comosus* L.) after a chilling injury. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.59, n.1, p.342-348, 2011.

RAMOS, A.R.P.; BARBOSA, A.C.A.; SILVA, E.F. SOUZA, E.M.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Conservação de goiaba cv. ‘Paluma’ com utilização de biofilme comestível. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.6, n.3, p.143-154, 2013.

RIBEIRO, V.G.; ASSIS, J.S.; SILVA, F.F.; SIQUEIRA, P.P.X.; VILARONGA, C.P.P. Armazenamento de goiabas ‘Paluma’ sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.203-206, 2005.

RODRIGUES, D.C.; CACERES, C.A.; RIBEIRO, H.L.; ABREU, R.F.A.; CUNHA, A.P.; AZEREDO, H.M.C. Influence of cassava starch and carnauba wax on physical properties of cashew tree gum-based films. **Food Hydrocolloids**, Wrexham, v.38, n.1, p.147-151, 2014.

RODRÍGUEZ, M.; ARJONA, H.E.; GALVIS, J.A. Maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4 a temperatura ambiente em condiciones de la Sabana de Bogotá. **Agronomía Colombiana**, Cundinamarca, v. 24, n.1 p.68-76, 2006.

ROPKE, C.D.; OSTROSKY, E.A.; KANEKO, T.M.; CAMILO, C.M.; SAWADA, T.C.H.; BARROS, S.B.M. Validação de metodologias analíticas para determinação quantitativa de α -tocoferol e 4-nerolidilcatecol. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v.39, n.2, p. 209-217, 2003

ROSSI, A.; RIGANO, D.; PERGOLA, C.; FORMISANO, C.; BASILE, A.; BRAMANTI, P.; SENATORE, F.; SAUTEBIN, L. Inhibition of inducible nitric oxide synthase expression by an acetonic extract from *Feijoa sellowiana* Berg. fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.56, n.13, p.5053-5061, 2007.

ROURA, S.I.; PEREYRA, L.; DEL VALLE, C.E. Phenylalanine ammonia lyase activity in fresh cut lettuce subjected to the combined action of heat mild shocks and chemical additives. **LWT- Food Science and Technology**, Zürich, v.41, n.1, p.919-924, 2008.

RUBERTO, G.; TRINGALI, C. Secondary metabolites from the leaves of *Feijoa sellowiana* Berg. **Phytochemistry**, Pullman, v.65, n.1, p.2947-2951, 2004.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SOURA-CALIXTO, F. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Embrapa Agroindústria Tropical**, (Comunicado Técnico on-line, 127), 2007a, 4p.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SOURA-CALIXTO, F. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS +. **Embrapa Agroindústria Tropical**, (Comunicado Técnico on-line, 128), 2007b, 4p.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SOURA-CALIXTO, F. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). **Embrapa Agroindústria Tropical**, (Comunicado Técnico on-line, 125), 2006, 4p

SAMYN, P. Corrosion protection of aluminum by hydrophobization using nanoparticle polymer coatings containing plant oil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v.25, n.5, p.947-960, 2014.

SANTOS, T.M.; PINTO, A.M.B.; OLIVEIRA, A.V.; RIBEIRO, H.L.; CACERES, C.A.; ITO, E.N.; AZEREDO,M.C. Physical properties of cassava starch-carnauba wax emulsion films as affected by component proportions. **International Journal of Food Science & Technology**, Canterbury, v.1, n.1, p.1-7, 2014.

SANTOS, K.L. dos; DUCROQUET, J.P.H.J.; NAVA, G.; AMARANTE, C.V.T. do; SOUZA, S.N. de; PERONI. N.; GUERRA, M.P.; NODARI, R.O. **Orientações para o cultivo da goiabeira-serrana(*Acca sellowiana*)**. Florianópolis: Epagri, 2010. 44p (Epagri. Boletim Técnico, 153).

SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary, 2002. 200p.

SAZIMA, I.; SAZIMA, M. Petiscos florais: pétalas de *Acca sellowiana* (Myrtaceae) como fonte alimentar para aves em área urbana no Sul do Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v.7, n.2, p.307-311, 2007.

SCHOTSMANS, W.C.; EAST, A.; THORP, G.; WOOLF, A.B. Feijoa (*Acca sellowiana* [Berg] Burret). In: YAHIA, E. M. (Ed.). **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: Volume 3 - Cocona to mango**. Cambridge: Woodhead Publishing, Limited, 2011. p.115-133.

SHAHIDI, F. Nutraceuticals and functional foods: Whole *versus* precessed foods. **Trends in Food Science e Technology**, Norwich, v.20, n.9, p.376-387, 2009.

SHAW, G.J.; ALLEN, J.M.; YATES, M.K. Volatile flavour constituents in the skin oil from *Feijoa sellowiana*. **Phytochemistry**, Pullman, v.28, n.5, p.1529-1530, 1989.

SHYU, Y.S.; LIN, J.T.; CHANG, Y.T.; CHIANG, C.J.; YANG, D.J. Evaluation of antioxidant ability of ethanolic extract from dill (*Anethum graveolens* L.) flower. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.115, n.2, p.515-521, 2009.

SILVA, M.C.; ATARASSI, M.F.; FERREIRA, M.D.; MOSCA, M.A. Qualidade pós-colheita de caqui 'Fuyu' com utilização de diferentes concentrações de cobertura comestível. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.1, p.144-151, 2011.

SINDI, H.; MARSHALL, L.J.; MORGAN, M.R.A. Comparative chemical and biochemical analysis of extracts of *Hibiscus sabdariffa*. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.164, n.1, p.23-29, 2014.

SOLECKA, D.; KACPERSKA, A. Phenylpropanoid deficiency affects the course of plant acclimation to cold. **Physiologia Plantarum**, Umea, v.119, n.1, p.253-262, 2003.

SOONG, Y.Y.; BARLOW, P.J. Antioxidant activity and phenolic content selected fruit seeds. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.88, n.3, p.411-417, 2004.

SOUZA, C.M.M.; SILVA, H.R.; CAVALCANTE, L.C.; BARROS, E.D.; ARAÚJO, P.B.M.; BRANDÃO, M.S.; CHAVES, M.H. Fenóis totais e atividade antioxidante em cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v.30, n.2, p.351-355, 2007.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Ruakura, v.10, p.63-68, 1959.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiología Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmerd, 2009. 848 p.

THORP, G. Feijoa. In.: JANICK, J., PAULL, R.E. (Eds.) **The encyclopedia of fruit & nuts**. London: CABI Publisher, 2006. p.526-534.

THORP, T.G.; BIELESKI, R. **Feijoas: origins, cultivation and uses**. Auckland: David Bateman, 2002. 87p.

TUNCEL, N.B.; YILMAZ, N.Optimizing the extraction of phenolics and antioxidants from feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae). **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, ISSN 0022-1155, 2013

VALDERRAMA, J.K.; FISCHER, G.; SERRANO, M.S. Fisiología poscosecha en frutos de dos cultivares de feijoa (*Acca sellowiana* O. Berg Burret) sometidos a un tratamiento cuarentenario de frio. **Agronomía Colombiana**, Cundinamarca, v.23, n.2, p.276-282, 2005.

VARGAS, M.; PASTOR, C.; CHIRALT, A.; MCCLEMENTES, D.J.; MARTÍNEZ, C.G. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Amherst, v.48, n.6, p.496-511, 2008

VELHO, A.C.; AMARANTE, C.V.T.; ARGENTA, L.C.; STEFFENS, C.A.; Influência da temperatura de armazenamento na qualidade pós-colheita de goiabas serranas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.14-20, 2011.

WATERHOUSE, D.S.; WANG, W.; GEOFFREY, I.N.; WADHWA, S.S. Utilisation potential of feijoa fruit wastes as ingredients for functional foods. **Food and Bioprocess Technology**, Belfield, v.6, n.1, p.0978-3, 2012.

WESTON, R.J. Bioactive products from fruit of the feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae): A review. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.121, n.1, p.923-926, 2010.

WIRYAWAN, I.; HERTOG, M.L.A.T.M.; TREJO ARAYA, X.I.; EAST, A.R.; MAGUIRE, K.M.; MAWSON, A.J.; At-harvest fruit quality attributes of New Zealand feijoa cultivars. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.682, p.605-610, 2005.

WOLFE, K.L.; LIU, R.H. Structure-activity relationships of flavonoids in the cellular antioxidant activity assay, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.56, n.18, p.8404-8411, 2008.

WONG, S.P.; LEONG, L.P.; KOH, J.H.W. Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.99, n.1, p.775-783, 2006.

YINGSANGA, P.; SRILAONG, V.; KANLAYANARAT, S.; NOICHINDA, S.; MC GLASSON, W.B. Relationship between browning and related enzymes (PAL, PPO and POD) in rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* Linn.) cvs. Rongrien and See-Chompoon. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdā, v.50, n.3, p.164-168, 2008.

YORUK, R.; MARSHALL, M.R. Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: a review. **Journal of Food Biochemistry**, Orlando, v.27, n.1, p.361-422, 2003.

YOUWEI, Z.; JINLIAN, Z.; YONGHONG, P. A comparative study on the free radical scavenging activities of some fresh flowers in southern China. **Food Science and Technology**, Campinas, v.41, n.9, p.1586-1591, 2008.

ZHAN, L.; HU, J.; PANG, L.; LI, Y.; SHAO, J. Light exposure reduced browning enzyme activity and accumulated total phenols in cauliflower heads during cool storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.88, n.1, p.17-20, 2014.