



LUCIMARA NAZARÉ SILVA BOTELHO

**PELÍCULA BIODEGRADÁVEL ASSOCIADA AO
ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA NA
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA GOIABA
(*Psidium guajava*)**

**LAVRAS-MG
2015**

LUCIMARA NAZARÉ SILVA BOTELHO

**PELÍCULA BIODEGRADÁVEL ASSOCIADA AO
ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA NA
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA GOIABA
(*Psidium guajava*)**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de
Lavras, como parte das
exigências do Programa de
Pós-Graduação em
Agroquímica, para obtenção
do título de Mestre.

ORIENTADORA
Dra. CELESTE MARIA PATTO DE ABREU

**LAVRAS-MG
2015**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Botelho, Lucimara Nazaré Silva.

Película biodegradável associada ao óleo essencial de canela na conservação pós-colheita da goiaba (*Psidium guajava*). / Lucimara Nazaré Silva Botelho. – Lavras : UFLA, 2015.

126 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador(a): Celeste Maria Patto de Abreu.

Bibliografia.

1. Armazenamento. 2. Filmes biopolímeros. 3. Antracnose. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

LUCIMARA NAZARÉ SILVA BOTELHO

**PELÍCULA BIODEGRADÁVEL ASSOCIADA AO ÓLEO ESSENCIAL
DE CANELA NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA GOIABA
(*Psidium guajava*)**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de
Lavras, como parte das
exigências do Programa de
Pós-Graduação em
Agroquímica, para obtenção
do título de Mestre.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2015.

Dra. Denise Alvarenga Rocha

UFLA

Dra. Joelma Pereira

UFLA

ORIENTADORA

Dra. CELESTE MARIA PATTO DE ABREU

LAVRAS-MG

2015

*Aos meu pais, Maria Aparecida e José Antônio Botelho, as minhas irmãs
Luciana e Luana, a minha sobrinha Laura e ao meu marido Bruno, pelo
incentivo, confiança, e amor sempre.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus por estar sempre presente em minha vida, iluminando meus passos e guiando o melhor caminho a seguir.

Aos meus pais minhas irmãs e minha sobrinha Laura pelo carinho, apoio e dedicação.

Ao meu marido Bruno por estar sempre presente, sendo companheiro nas horas mais difíceis.

A Professora Celeste Maria Patto de Abreu pela orientação, apoio, paciência e todos os ensinamentos que a mim foram passados.

À universidade Federal de Lavas (UFLA) e ao Departamento de Química (DQI), pela oportunidade para a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento a Pesquisa (CNPq), a Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa e concessão da bolsa de estudos.

Aos meus colegas de Laboratório de Bioquímica, que estiveram presentes ao longo dessa caminhada.

Aos meus familiares e amigos que sempre torceram por mim e sempre estiveram do meu lado.

A todos que, de alguma forma, contribuíram e fizeram parte da realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA

RESUMO GERAL

A cultura da goiabeira tem se destacado no Brasil devido a sua importância econômica. Ela é cultivada praticamente em todas as regiões do país. Seu fruto é de intensa atividade metabólica, ocorrendo muitas perdas após a colheita. Métodos alternativos vem sendo estudados a fim de reduzir as perdas pós-colheita e obter frutos com uma melhor qualidade e com um maior tempo de conservação. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento e as alterações nas características físico-químicas e bioquímicas de goiaba armazenadas em temperatura ambiente, revestidas de película biodegradável a base de fécula de mandioca em combinação ao óleo essencial de canela para o controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, (agente etiológico da antracnose) e conservação pós-colheita da fruta. As análises realizadas no fruto durante o armazenamento, foram: pH; perda de massa; cor; firmeza; acidez titulável; sólidos solúveis; açúcares totais, açúcares redutores e não redutores; pectina total, pectina solúvel e porcentagem de solubilização; enzima pectinametilesterase (PME) e vitamina C. Por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi analisado as mudanças ocorridas na parede celular da fruta nos diferentes tratamentos ao longo dos dias de armazenamento e caracterizou os grânulos de amido de mandioca. O experimento foi conduzido seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), disposto em esquema fatorial 3x5, sendo compostos por três tratamentos, controle (C), fécula (F) e fécula+óleo essencial de canela (F+OE) e cinco tempos de análise, 0,2,4,6 e 8 com três repetições de três frutos para cada tratamento. Para a maioria dos parâmetros avaliados, nos tratamentos F e F+OE obteve resultado satisfatórios quando comparados com o controle. Já os parâmetros acidez titulável e atividade da PME, os resultados encontrados estiveram próximos dos encontrados para o tratamento controle. Observou através do MEV a degradação da parede celular dos frutos controle corroborando com a perda de firmeza dos frutos e a forma e grânulos de amido e como este interfere na propriedade de formação da película biodegradável. Os óleos essencial de canela se mostrou um aditivo importante à fécula de mandioca para uma melhor conservação dos frutos de goiaba e de suas características físico-químicas após a colheita.

Palavras-chave: Armazenamento. Filmes biopoliméricos. Antracnose.

GENERAL ABSTRACT

The guava crop has stood out in Brazil, due to its economic importance. It is grown in almost every region of the country. Its fruit has an intense metabolic activity, and many post-harvest losses occur. Alternative methods have been studied in order to reduce post-harvest losses and obtain fruits with a better quality and a longer preservation time. The objective of the present study was to evaluate the development and changes in physicochemical and biochemical characteristics of guava stored at room temperature, coated with a biodegradable film based on cassava starch, in combination with cinnamon essential oil, for the control of *Colletotrichum gloeosporioides* (etiological agent of anthracnose) and post-harvest conservation of the fruit. The analyses carried out in the fruit during storage were: pH; weight loss; color; firmness; titratable acidity; soluble solids; total sugars, reducing and non-reducing sugars; total pectin, soluble pectin and percentage of solubilization; pectin methylesterase (PME) and vitamin C. By scanning electron microscopy (SEM), changes in the cell wall of the fruit were analyzed in different treatments over the days of storage, and cassava starch granules were characterized. The experiment was conducted in a completely randomized design (CRD), arranged in a 3x5 factorial scheme, consisting of three treatments: control (C), starch (F) and starch + cinnamon essential oil (F+OE), and five times of analysis, 0, 2, 4, 6 and 8 days, with three replications of three fruits for each treatment. For most of the evaluated parameters, the treatments F and F+OE achieved satisfactory results, when compared with the control. On the other hand, the parameters titratable acidity and activity of PME had results similar to those found for the control treatment. By SEM, it was possible to observe the degradation of the cell wall of the control fruit, corroborating the loss of fruit firmness and shape, as well as starch granules, and how it interferes with the formation of the biodegradable film. Cinnamon essential oil showed to be an important additive to cassava starch, for a better preservation of guava fruits and its physicochemical characteristics after harvest.

Keywords: Storage. Biopolymeric films. Anthracnose.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1

Figura 1	Aspectos físicos das partes que compõem a goiabeira, (A) Arbusto da goiabeira 3-7m; (B) Folhas; (C) Flor; (D) fruto	17
Figura 2	Estrutura de uma substância péctica, unidades de ácidos galacturônico	27
Figura 3	Lesões da antracnose em goiaba	31
Figura 4	Estrutura do amido, (A) estrutura da amilose; (B) estrutura da amilopectina	41

CAPITULO 2

Figura 1	Preparo dos frutos, (A) - imersão do fruto na suspensão; (B)- secagem dos frutos; (C) – armazenamento	66
Figura 2	Perda de massa das goiabas revestidas ou não com fécula de mandioca ou fécula de mandioca e óleo essencial de canela	69
Figura 3	Frutos da goiaba ‘Pedro Sato’ no oitavo dia de armazenamento (A)- Controle; (B) – Fécula; (C) – Fécula+OE	72
Figura 4	Firmeza dos frutos da goiaba ‘Pedro Sato’ no oitavo dia de armazenamento	74
Figura 5	Curvas e equação de regressão para os teores de pectina total para os tratamentos controle, fécula e fécula+OE de goiabas ‘Pedro Sato’,	

armazenadas em temperatura ambiente por oito dias	77
Figura 6 Curvas e equação de regressão para os teores de pectina solúvel para os tratamentos controle, fécula e fécula+OE de goiabas ‘Pedro Sato’, armazenadas em temperatura ambiente por oito dias	78
Figura 7 Curva e equação de regressão linear representativas da atividade da PME de goiabas cv. Pedro Sato submetidas a diferentes tratamento armazenadas sob condições ambientais por um período de oito dias	80
Figura 8 Armazenamento e desenvolvimento de antracnose nos frutos de goiabeira nos três tratamentos C, F e F+OE durante oito dias	83
Figura 9 Eletromicrografias de varredura de goiabas ‘Pedro Sato’ evidenciando as células ao longo do amadurecimento, nos diferentes tratamentos	87

CAPITULO 3

Figura 1 Curvas e equações de regressão representativa de pH de sólidos solúveis presentes em goiabas ‘Pedro Sato’ em diferentes tratamentos ao longo de oito dia de armazenamento	101
Figura 2 Curvas e equações de regressão representativa dos teores de sólidos solúveis presentes em goiabas ‘Pedro Sato’ em diferentes tratamentos ao longo de oito dia de armazenamento	105
Figura 3 Relação de sólidos solúveis /acidez titulável (SS/ATT) de goiabas ‘Pedro Sato’ nos tratamentos controle, fécula e fécula+óleo essencial de canela armazenados por um período de oito dias	107

Figura 4	Curvas e equações de regressão linear representativa do valores de açúcares totais presentes em goiabas ‘Pedro Sato’ em diferentes tratamentos ao longo de oito dia de armazenamento	109
Figura 5	Curvas e equações de regressão linear representativa do valores de açúcares redutores presentes em goiabas ‘Pedro Sato’ em diferentes tratamentos ao longo de oito dias de armazenamento	111
Figura 6	Curvas e equações de regressão linear representativa do valores de açúcares não redutores presentes em goiabas ‘Pedro Sato’ em diferentes tratamentos ao longo de oito dias de armazenamento	112
Figura 7	Curvas e equações de regressão linear representativa do valores ácido ascórbico presentes em goiabas ‘Pedro Sato’ em diferentes tratamentos ao longo de oito dias de armazenamento	114

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 2

Tabela 1	Médias da variável croma (c^*) da casca da goiaba Pedro Sato nos tratamentos T, F e F+OE ao longo dos dias de armazenamento	71
Tabela 2	Médias da variável hue (h^*) da casca da goiaba Pedro Sato nos tratamentos T, F e F+OE ao longo dos dias de armazenamento	72

CAPITULO 3

Tabela 1	Médias da variável acidez total titulável (AT) da goiaba 'Pedro Sato' nos tratamentos T, F e F+OE ao longo dos dias de armazenamento	103
----------	--	-----

SUMÁRIO

CAPITULO 1	13
INTRODUÇÃO GERAL	13
2 OBJETIVO	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 Aspectos gerais da goiaba	16
3.2 Características físico-químicas da goiaba	19
3.2.1 Perda de massa	21
3.2.2 Cor	21
3.2.3 Firmeza	23
3.2.4 Acidez total titulável e pH	24
3.2.5 Sólidos Solúveis (SS)	25
3.2.6 Relação de sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/ATT)	25
3.2.7 Substâncias Pécicas	26
3.2.8 Enzimas da parede celular	28
3.2.9 Ácido Ascórbico	29
3.3 Antracnose	30
3.3.1 Controle alternativo	32
3.4 Embalagens Ativas	36
3.4.1 Filmes e revestimentos comestíveis	37
3.5 Óleos essenciais no controle de fitopatógenos	44
3.5.1 Óleo essencial de canela-da-índia (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>)	46
3.6 Combinação de óleo essencial e película a base de fécula de mandioca	47

REFÊNCIAS	51
CAPITULO 2	60
QUALIDADE E CONTROLE DA ANTRACNOSE DE GOIABAS 'PEDRO SATO' TRATADAS COM FÉCULA DE MANDIOCA E ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA	60
1 RESUMO	60
2 ABSTRACT	61
3 INTRODUÇÃO	62
4 MATERIAL E MÉTODOS	64
4.1 Obtenção das goiabas	64
4.2 Delineamento experimental	64
4.3 Obtenção do óleo essencial	65
4.4 Obtenção da Fécula de mandioca e recobrimento dos frutos	65
4.5 Análises estatísticas	66
4.6 Análises laboratoriais	66
4.6.1 Perda de massa:	66
4.6.2 Cor	66
4.6.3 Firmeza:	66
4.6.4 Pectina total e solúvel	67
4.6.5 Pectinametilesterase (PME	67
4.6.6 Antracnose	67
4.6.7 Microscopia eletrônica de varredura da parede celular dos frutos	67
5 RESULTADOS DE DISCUSSÃO	68
6 CONCLUSÕES	88
7 REFERÊNCIAS	89
CAPITULO 3	94

MUDANÇAS NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DURANTE O ARMAZENAMENTO DA GOIABA ‘Pedro Sato’ SUBMETIDA À ATMOSFERA MODIFICADA	94
1 RESUMO	94
2 ABSTRACT	95
3 INTRODUÇÃO	96
4 MATERIAL E METODOS	98
4.1 pH:	98
4.2 Acidez total titulável (ATT)	98
4.3 Sólidos Solúveis (SS):	99
4.4 Relação SS/ATT	99
4.5 Açúcares totais, redutores e não redutores:	99
4.6 Ácido ascórbico	99
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
6 CONCLUSÕES	116
7 REFERÊNCIAS	117
ANEXOS	121

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

A goiaba (*Psidium guajava* L.) pertence à família Myrtaceae, que é composta por mais de 70 gêneros e 2.800 espécies, distribuídas nas regiões tropicais e sub-tropicais. Esta fruta vem conquistando o paladar dos consumidores nacionais e internacionais pelo seu sabor exótico e incomparável o que ocasionou o aumento da produção e exportação pelo Brasil (TODA FRUTA, 2013).

Por ser uma fruto de intensa atividade metabólica, seu amadurecimento e senescência se dá em torno de 5 a 8 dias após a colheita. Essa característica acaba resultando em períodos muito curtos para comercialização, já chegando no mercado fruto pouco atraente. Por esse fato, é importante o estudo e adoção de técnicas que venham minimizar o intenso metabolismo desta fruta, visando à redução de perdas pós-colheita (VILA, et. al., 2007).

Em frutos da goiabeira observa-se, normalmente, alta incidência e severidade da antracnose. A antracnose ou mancha-chocolate é considerada uma das doenças mais graves em pós-colheita, causada pelo patógeno *Colletotrichum gloeosporioides*. Esta doença juntamente com o uso incorreto e exacerbado de produtos químicos, se torna uma barreira para a exportação e comercialização desta fruta. O uso indiscriminado desses produtos, além de proporcionar a contaminação do ambiente, oferece riscos à saúde humana, ocasionando infecções, doenças cancerígenas e a seleção de fungos patogênicos (CAMILI, et. al., 2010; FERRAZ, 2010).

A extinção e/ou substituição do uso de produtos químicos (agrotóxicos) por produtos biológicos ou fitorreguladores é uma alternativa que cresce no mercado visando à segurança alimentar e proteção ambiental. O uso de

embalagens ativas, aquelas que interagem positivamente com o alimento, vem sendo cada vez mais estudados e aplicados a fim de aumentar a vida útil dos produtos porém com qualidade. O uso de recobrimentos a base de produtos biodegradáveis e compostos naturais biologicamente ativos presentes em óleos essenciais, desempenham função importante de proteção contra o desenvolvimento de fungos, bactérias, vírus e ataques de insetos (GALLI; CALORE, 2012).

A combinação de películas biodegradáveis com óleos essenciais pode constituir-se em um método alternativo e potencial para o controle de doenças em goiaba, conservando suas características físico-químicas e químicas durante o processo de maturação e inibição do crescimento microbiano, aumentando o tempo de vida útil desta fruta tanto para o comércio interno quanto para a exportação (ROZWALKA, 2010).

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial da fécula de mandioca associada ou não ao óleo essencial de canela no controle da antracnose da goiaba e sua influência no amadurecimento do fruto e conservação pós-colheita do mesmo.

2.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar as modificações ocorridas na goiaba durante o amadurecimento;
- b) Estudar ultra-estruturalmente os eventos ocorridos na parede celular do fruto durante o amadurecimento por meio de microscopia eletrônica de varredura;
- c) Analisar ultra-estruturalmente a forma e disposição dos grânulos de amido mandioca;
- d) Avaliar as alterações físico-químicas, bioquímicas e enzimáticas durante o amadurecimento da goiaba;
- e) Analisar as mudanças ocorridas devido ao uso do revestimento biodegradável a base de fécula de mandioca e óleo essencial de canela;
- f) Avaliar o controle do revestimento sobre a antracnose.

REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aspectos gerais da goiaba

A goiabeira é originária das Américas Central e do Sul e é caracteristicamente um fruto tropical, porém é altamente adaptável a vários tipos de clima. Pertence à família Myrtaceae, que é composta por mais de 70 gêneros e 2.800 espécies, distribuídas nas regiões tropicais e sub-tropicais do globo, principalmente na América e na Austrália (TODA FRUTA, 2013).

Seus frutos são bagas, com mesocarpo de textura firme e 4-5 lóculos cheios de massa pastosa, onde são encontradas as sementes (Figura 1D). Seu formato é redondo a piriforme, a cor da polpa é variável de acordo com o cultivar, podendo ser polpa branca ou vermelha (JACOMINO, 2012).

Atualmente, a goiaba é cultivada em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. O Brasil apresenta imensas áreas de clima e solo favoráveis à produção comercial da goiabeira, sendo esse aspecto importante, não apenas pelo valor nutritivo da fruta, mas também pela perspectiva que representa no incremento da produção agrícola, na ampliação da atividade industrial e no potencial de Exportação (TODA FRUTA, 2013).



Figura 1 Aspectos físicos das partes que compõem a Goiabeira. A: Arbusto de Goiabeira 3-7m; B: Folhas; C: Flor; D: Frutos Fonte: Jacomino, 2012.

O setor brasileiro de fruticultura representa a terceira maior potência mundial, com safra estimada em 38 milhões de toneladas de frutas, ficando atrás apenas da China e da Índia. Embora seja o terceiro maior produtor de frutas do mundo, apenas 1% é destinado à exportação (Europa 70% e Mercosul 11%), 46% para a indústria e 53% para o mercado interno e consumo *in natura* (CHITARRA & CHITARRA; 2005).

A produção brasileira de goiaba, no ano de 2011, foi de 342,5 mil toneladas, sendo que a região mineira produziu 15,2 mil toneladas, o que representou 4,4% do volume nacional. A região do nordeste ocupa o primeiro lugar na produção nacional de goiaba, com 44,3%, seguido do sudeste com 43,5%. A produtividade média do Brasil entre os anos de 2010 a 2011 foi de 21.510 kg.ha⁻¹, ficando Minas Gerais com 14.080 kg.ha⁻¹ desta produção. No Brasil entre os cultivares disponíveis aos produtores destacam-se: Kumagai, Pedro Sato, Sassaoka, Paluma, Rica e Século XXI. As variedades mais cultivadas em Minas Gerais são: Paluma e Pedro sato. Pedro Sato, apresenta

como característica frutos ovalados e grandes, peso variável (entre 150 e 280 gramas) podendo atingir peso superior a 400 gramas, a casca é rugosa, polpa firme, rosada, apresenta poucas sementes, sabor agradável é bastante cultivada para mesa e indústria.

(MINAS GERAIS, 2014)

A cultura da goiabeira no Brasil tem grande importância socioeconômica dada a sua ampla e variada formas de utilização. É produzida principalmente para o suco, polpa, geléia, em conserva, sorvete e entre outros. É um dos frutos mais importantes nas áreas tropicais subtropicais, não só devido ao seu alto valor nutritivo, mas também à sua excelente aceitação de consumo *in natura*, a sua capacidade de desenvolvimento em condições adversas, e à sua ampla aplicação industrial. Também é considerada uma fruta bastante atraente em razão de sua cor delicada e aroma agradável, além de ser uma das mais completas e balanceadas frutas (ABREU, et. al., 2012).

Quando se refere ao valor nutricional, a goiaba é rica em vitamina C, apresentando conteúdo de 55 a 1,044 mg de ácido ascórbico por 100g de polpa, essa quantidade pode variar de acordo com o cultivar, local e manejo. Por apresentar altos índices de vitamina C, a goiaba é considerada uma fruta potente no combate a radicais livres e a oxidação, que são causadores de várias doenças degenerativas. Entretanto, esta vitamina é reconhecida como sendo um dos nutrientes em alimentos mais sensíveis ao calor, além de perder suas propriedades na presença de ar, água ou luz. Apresenta também quantidades razoáveis de provitamina A, vitaminas do complexo B e sais minerais, como cálcio, fósforo e ferro. (EVANGELISTA; VIEITES, 2006)

Um dos grandes desafios da fruticultura brasileira é a conservação da qualidade dos frutos após a colheita. A alta perecibilidade e sensibilidade da goiaba, as condições de manejo durante a colheita, transporte e comercialização

têm se tornado problemas constantes frente à qualidade *in natura*, tanto para exportação e quanto para o mercado interno (NEVES et. al.; 2009).

A goiaba é uma fruta que apresenta intensa atividade metabólica, seu tempo de prateleira pode variar de 2 a 8 dias, entrando em senescência rapidamente após a colheita. Logo, é extremamente importante a adoção de técnicas que venham minimizar o seu intenso metabolismo, visando à redução de perdas pós-colheita e a ampliação do período de conservação, proporcionando a comercialização de frutas de excelente qualidade, tanto sensorial quanto nutricional, especialmente para o consumo *in natura*. (VILA, et. al., 2007)

3.2 Características físico-químicas da goiaba

O momento certo da colheita determina a qualidade final do fruto oferecido ao consumidor. Quando colhidos imaturos, os frutos não apresentam suas características sensoriais totalmente desenvolvidas, além de pouca qualidade, têm alto índice de perda de água e são muito suscetíveis às desordens fisiológicas, alterações bioquímicas e estruturais. Já por outro lado, quando os frutos são colhidos muito maduros, entram em processo de senescência, ou seja, na fase final, a capacidade de síntese do fruto é muito limitada e dentro de certo tempo as transformações tendem para o lado das degradações, o que determina a perecibilidade do mesmo (MANICA et. al., 2000; CERQUEIRA, 2007).

Os principais fatores que interferem na qualidade pós-colheita de goiaba são a rápida perda da coloração verde da casca, a elevada incidência de podridões, além do murchamento, perda de brilho e do amolecimento excessivo (BASSETTO et. al., 2005).

Na pós-colheita, o amadurecimento é um das fases mais importantes no desenvolvimento dos frutos, pois os tornam aceitáveis e comercialmente

atraentes devido a mudanças de cor, sabor e textura, na concentração de açúcares, compostos aromáticos, na acidez e nos compostos fenólicos. Tais mudanças envolvem complexas transformações no metabolismo dos frutos, as quais são decorrentes do aumento da sua atividade enzimática. O amadurecimento leva o fruto a senescência, fase final do seu processo de desenvolvimento (AZZOLINI; JACOMINO; BRON, 2004).

Tradicionalmente os frutos podem ser classificados como climatérios e não climatéricos, essa classificação é essencial para definir o ponto de colheita, técnicas de manipulação e de armazenamento que possam ser usadas para aumentar o tempo de vida útil do fruto. No fruto não climatérico, estes não apresentam a capacidade de amadurecer após a colheita, não apresentam aumento da produção de etileno e da atividade respiratória, não ficam mais doces ou melhoram o sabor. Esses frutos só recebem da planta-mãe o que se chama açúcares simples e não conseguem transformar esses açúcares simples em amido e armazená-lo. Já os frutos climatéricos que são aqueles que logo após o início do amadurecimento, apresentam rápido aumento na intensidade respiratória e produção de etileno (pico climatérico), podem amadurecer após a colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para Lima et. al., (1998), Azzolini et. al. (2005) e Cavalini (2004) a goiaba é considerada como climatérica por apresentar aumento na taxa respiratória e produção de etileno após a colheita, o que lhe confere um menor tempo de armazenamento sob condições normais.

A qualidade da goiaba para o consumo de mesa está diretamente relacionada com os seus atributos físicos de cor, tamanho, forma, coloração e firmeza, e esses fatores são importantes na diferenciação do produto. A variação na composição química afeta sabor e aroma da fruta e combinadas com a aparência do produto são importantes para a aceitação do produto pelo consumidor. Todos esses fatores são influenciados pela variedade, estágio de

maturação, condições climáticas do local de cultivo. As inúmeras alterações químicas que ocorrem durante o amadurecimento estão relacionadas com os teores de carboidratos, ácidos orgânicos, compostos fenólicos e pectinas, transformações ocasionadas pela ação de enzimas específicas, destacando-se a pectinametilesterase (PME) (ABREU, 2010).

3.2.1 Perda de massa

Os frutos no geral contêm cerca de 70% a 95% de água. À medida que a temperatura do ar aumenta a perda de água do fruto também aumenta. Fatores como umidade relativa do ar e a pressão de vapor também influenciam na perda de água. Quando a umidade relativa do ar for menor que o conteúdo de água que o fruto representa, ocorre a evaporação de água do mesmo (CERQUEIRA, 2007).

A grande perda de água, do fruto fresco tem grande importância durante o armazenamento e comercialização dos frutos, pois, essa perda em alguns casos resulta no murchamento e perda de firmeza, conseqüentemente perda da qualidade (LEMOS et. al., 2007).

A fim de tentar reduzir essa perda de água, alguns cuidados devem ser tomados, tais como elevar a umidade do ar, adequar a temperatura e ventilação, ou utilizar embalagens protetoras. Dentro dessas embalagens protetoras podemos citar filmes plásticos, ceras e filmes comestíveis (KLUGE et al., 2002).

3.2.2 Cor

A coloração dos frutos é um importante atributo de qualidade, pois além de contribuir para a boa aparência interfere na escolha do consumidor. Durante o amadurecimento, a maioria dos frutos tem alterações na sua cor da casca.

As mudanças de coloração são resultantes principalmente da degradação da clorofila, mas também é resultado da síntese de pigmentos como carotenóides e antocianinas. A degradação da clorofila é o processo predominante na mudança de cor dos frutos. Esta degradação ocorre em função das mudanças de pH, ácidos, do aumento dos processos oxidativos (WILLS et. al., 1998).

Os produtos de coloração forte e brilhante são os preferidos, embora, na maioria dos casos, a coloração não se correlacione nem com o valor nutritivo nem com a qualidade comestível do produto. Com relação aos pigmentos, para a maioria das frutas, o primeiro sinal de amadurecimento consiste no desaparecimento da cor verde (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A goiaba sofre modificações de coloração, durante o amadurecimento, principalmente na cor da casca. Nas goiabas de polpa vermelha, a cor da casca muda de verde escura para amarela durante o amadurecimento, enquanto que a cor da polpa muda de rosa para vermelho. A cor da casca é um bom índice para indicar o estágio de maturação da goiaba, porém deve-se ter cuidado em utilizar esse parâmetro, isso porque, frutos localizados em certas posições na copa, que recebem raios solares durante boa parte do dia, adquirem coloração muito intensa resultando em falsa indicação do estágio de maturação. (PEREIRA, 1995)

A determinação da cor dos frutos pode ser feita por métodos subjetivos, os quais se baseiam na intensidade e nas variações da coloração perceptíveis ao olho humano. A determinação também pode ser feita por equipamentos capazes de medir a qualidade e quantidade da luz refletida do produto, sendo estes, métodos objetivos que garantem maior confiabilidade na utilização deste parâmetro (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O colorímetro e o espectrofotômetro são dois equipamentos utilizados para a avaliação colorimétrica. A cor de uma substância deve-se, em geral, à absorção seletiva das radiações visíveis que sobre ela incidem. A cada cor

corresponde um determinado comprimento de onda de luz visível. O croma e o hue são uma das propriedades mais importantes da cor. O valor do croma (c^*) que é grau de concentração ou pureza de uma cor é igual à zero no centro do eixo de cores e aumenta conforme se distancia do centro, ou seja, quanto maior o valor de croma, maior a saturação ou intensidade da cor do produto (MARTINAZZO et. al., 2008).

O ângulo hue (h°) tom é um atributo amplamente utilizado como ferramenta analítica para descrever a cor, uma vez que é o atributo por meio do qual uma cor é percebida como vermelho, amarelo, verde, azul, entre outras. Os valores da tonalidade variam de 0 (pura cor vermelha), 90 (cor amarela pura), 180 (cor verde pura) a 270 (cor azul puro) (CAPARINO et. al., 2012; RAMALLO; MASCHERONI, 2012).

3.2.3 Firmeza

Após a mudança de cor, o amolecimento de um fruto é a transformação mais evidente durante o amadurecimento. Além deste fator interferir no aspecto econômico, tem efeito na resistência ao transporte, na conservação e no ataque de microrganismos.

Nos frutos, o amaciamento dos tecidos é um dos principais sinais de amadurecimento, sendo relacionado com mudanças na estrutura e no metabolismo do fruto. Em goiabas, a firmeza está diretamente associada com a composição pécica e estrutura da parede celular, podendo variar conforme a intensidade do processo e grau de maturação do fruto. A diminuição deste parâmetro, com conseqüente amaciamento, durante o amadurecimento tem sido atribuída a modificações e degradação dos componentes da parede celular, causadas por enzimas hidrolíticas, como pectinametilesterase (PME), celulase, glicanohidrolases e transglicosidases (LINHARES; SANTOS; ABREU, 2007).

A firmeza pode ser medida com o auxílio de equipamentos como, penetrômetro, analisador de textura ou prensas hidráulicas, por meio da obtenção de dados sobre a resistência e consistência do tecido por meio da compressão do produto. A medida obtida equivale à força necessária para vencer a resistência dos tecidos da polpa (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

3.2.4 Acidez total titulável e pH

As variações ocorridas nos teores de acidez total titulável e pH durante o período de maturação contribuem para o desenvolvimento do sabor da goiaba. A acidez total titulável é a quantidade de ácido de uma amostra que reage com uma base de concentração conhecida. Em um fruto é dada pela presença dos ácidos orgânicos. O teor dos ácidos tende a diminuir durante o processo de maturação devido à sua oxidação no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares, pois nesta fase ocorre maior demanda energética pelo aumento do metabolismo. (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A goiaba apresenta sabor moderado e bem aceito pelo consumo de mesa, sua acidez é devida à presença do ácido málico e cítrico e em menores quantidades, dos ácidos galacturônico e fumárico (GERHARDT et. al., 1997).

Os ácidos se degradam rapidamente depois da colheita se o fruto for mantido à temperatura ambiente. Este decréscimo pode ser retardado pelo uso do frio ou com atmosferas controladas. A relação entre açúcares e ácidos é importante na caracterização das variedades dos frutos e sua evolução, em geral, é inversa em respectivas concentrações: enquanto os açúcares aumentam com o amadurecimento, os ácidos diminuem (LEMOS et. al, 2007).

3.2.5 Sólidos Solúveis (SS)

O conteúdo e a composição de açúcares têm um papel fundamental no sabor do fruto, sendo também indicadores do estágio de amadurecimento dos mesmos. Os sólidos solúveis (SS) são comumente designados como açúcares solúveis e sua unidade é dada em °Brix e tem tendência de aumento com o avanço da maturação. Como o próprio nome indica, os SS correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas em um determinado solvente, no caso das frutas, essas substâncias estão dissolvidas na água presente neles, como açúcares, vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas. O amadurecimento, em geral, conduz a uma maior doçura, devido ao aumento nos teores de açúcares. O teor de SS depende do estágio de maturação no qual o fruto é colhido e geralmente aumenta durante a maturação pela biossíntese ou degradação de polissacarídeos. Entre os polissacarídeos existentes nos frutos, destaca-se o amido, cuja degradação é uma das características mais marcantes durante o processo de amadurecimento de frutos climatéricos (ABREU, 2010).

Na goiaba, o teor de sólidos solúveis é representado por cerca de 51 % a 91% de açúcares, visto que o principal açúcar é a frutose, esse teor está sob influência de fatores que afetam a síntese da frutose (AZZOLINI et. al., 2005).

3.2.6 Relação de sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/ATT).

A relação entre SS e ATT fornece um indicativo do sabor do fruto, pois relaciona a quantidade de açúcares e ácidos presentes no fruto. Esta relação tende a aumentar durante a maturação devido ao aumento nos teores de açúcares e a diminuição dos ácidos (CAVALCANTI, 2004).

Essa relação pode ser considerada um índice de maturação para goiabas, em que valores acima de 25 são indesejáveis, pois as frutas apresentam sabor estranho. Deve-se ter cuidado em estabelecer esta relação, pois frutas insípidas,

contendo baixos teores de ácidos e SS, apresentam relação elevada, o que pode conduzir a interpretações errôneas quanto à qualidade da fruta (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Segundo Reyes; Martín; Bolanós (1976), a relação SS/ATT para goiabas verdes gira em torno de 7.3, enquanto que goiabas verdes-maduras e as maduras apresentam relações em torno de 7.8 a 16.5 respectivamente.

3.2.7 Substâncias Pécicas

As substâncias pécticas são heteropolissacarídeos complexos extraídos de plantas. Inicialmente, essas substâncias são encontradas na forma de protopectina. A protopectina, ligação da pectina com cálcio, predomina nos tecidos vegetais imaturos sendo que com o amadurecimento dos frutos ocorre a liberação do cálcio da pectina, ocasionando o amaciamento dos tecidos em decorrência da redução da força de coesão entre as células. Além disso, a decomposição de outros componentes da parede celular, tais como celulose e hemicelulose, bem como a hidrólise do amido e o grau de hidratação dos tecidos influencia no processo de amaciamento dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A protopectina consiste na forma natural da pectina, quando associada à celulose, hemicelulose e lignina, é uma molécula insolúvel em água, e em presença de ácidos diluídos formam os ácidos péctinicos, pécticos ou pectinas, de diferentes tamanhos moleculares e composição, é muito importante no início do crescimento vegetal, sendo responsável pela rigidez do tecido, com o amadurecimento. O ácido pectínico e ácido péctico são polímeros de ácido galacturônico, que diferem pela solubilidade em água e pelo grau de metoxilação (número de grupos $-CH_3$ esterificados na molécula) (UENOJO, PASTORE, 2007). A estrutura geral das substâncias pécticas é a seguinte:

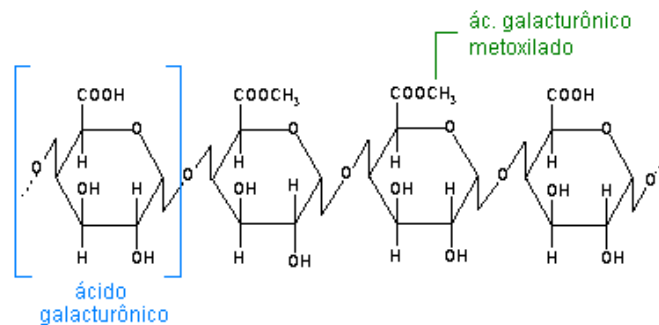


Figura 2 Estrutura de uma substância pécicas, unidades de ácidos galacturônico.

Assim, o ácido pécico é um polímero de ácido galacturônico que não apresenta metoxilação e que forma coloíde em água, enquanto o ácido pectínicos apresenta metoxilação em graus variados e pode ou não ser solúvel em água. Aos ácidos pectínicos solúveis em água dá-se o nome de pectinas, em algumas pectinas, alguns resíduos de monossacarídeos com galactose, arabinose e ramanose podem estar ligados aos monômeros de ácido galacturônico (PAIVA, LIMA, 2009)

A pectina juntamente com a fração de fibra, é responsável pela integridade da parede celular. Com o avanço da maturação ocorre a solubilização da pectina da parede celular e diminuição da fração fibra (celulose e hemicelulose), tornando o fruto mais macio (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O aumento nos teores de pectina solúvel indica amaciamento do fruto e acontece devido ao fato das substâncias pécicas serem degradadas a ácido galacturônico solúvel. O amaciamento da goiaba é um processo que se caracteriza pela despolimerização das pectinas da parede celular, acompanhado por um aumento na solubilização das mesmas e é controlado por enzimas pectolíticas (XISTO et. al., 2004)

3.2.8 Enzimas da parede celular

Durante o amadurecimento nas goiabas há um incremento na atividade enzimática degradativa da parede celular, responsável pelo amaciamento. Diferentes complexos enzimáticos atuam nas paredes celulares dos tecidos vegetais, tanto na fase do desenvolvimento como de amadurecimento, causando modificações nas propriedades texturais. No amadurecimento de frutas, o amaciamento dos tecidos é decorrentes da ação de enzimas despolimerizantes, desmetoxilantes e hidrolíticas, como as enzimas pécticas, em conjunto com celulases, hemicelulases, β -galactosidases, entre outras. Entre elas, salientam-se as enzimas pécticas, as quais catalisam a degradação de macromoléculas de pectinas constituídas por unidades de ácido galacturônico. Pertencem a dois grupos: desmetoxilantes e despolimerizantes. Entre elas as mais importantes e objetos de maiores estudos são as pectinametilesterases (PME, EC 3.1.1.11) e poligalacturonase (PG, EC 3.2.1.15) (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A PME e PG são as duas principais enzimas que agem na fração pectina da parede celular, já que as mesmas estão envolvidas na solubilização das pectinas presentes (WEI et al, 2010). Em goiaba a atividade dessas duas enzimas é bastante contraditória, e os mecanismos que controlam o amadurecimento não tem sido claramente definidos. Na goiaba, não se encontra atividade de PG ou é muito baixa, dessa forma este trabalho irá abordar somente o comportamento da enzima PME. Mesmo com as contradições citadas na literatura com relação a essas enzimas, os frutos de goiabeira amadurecem, ocorrendo todos os processos de amaciamento do fruto, reforçando a indicação de que a solubilização das pectinas seja também efetuada além das enzimas PME e PG, por outras enzimas diferentes. (LINHARES, SANTOS, ABREU 2007; ABREU, 2012).

Linhares; Santos; Abreu (2007), avaliando as transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas “Pedro Sato” tratadas com cloreto de cálcio e 1-

metilciclopropeno armazenadas sob refrigeração, observaram o aumento da atividade PME com o decorrer do amadurecimento nos frutos controle, o mesmo foi observado por Xisto et. al (2004), avaliando conservação pós-colheita de goiabas “Pedro Sato” com aplicação de cloreto de cálcio em condições ambientais.

No grupo das enzimas desmetoxilantes tem-se a pectinametilesterases (PME), que catalisa a hidrólise dos grupos metil éster (OCH_3) da pectina, liberando metanol e íons hidrogênio, e convertendo pectina em pectato de cálcio (insolúvel) ou despolimerizada por hidrolases e liases. A PME prepara o substrato para a ação da PG (UENOJO, PASTORE, 2007).

Esta enzima é altamente específica para ésteres e metil ésteres, quando esses ocorrem na pectina, não hidrolisando esses radicais em cadeias curtas de galacturonanas. A enzima ativada por cátions divalentes ou monovalentes em altas concentrações e sua faixa ótima de pH varia de 4 a 8, dependendo da concentração de cátions (PRESSEY, 1977).

As enzimas despolimerizantes são classificadas de acordo com a clivagem hidrolítica (hidrolases) ou transeliminativa (liases). As hidrolases (catalisam a hidrólise de ligações α -1,4) e as liases (catalisam a β -eliminação). Na hidrolases tem-se a PG, que atua de forma aleatória sobre as ligações glicosídicas internas, liberando resíduos de ácido galacturônico (UENOJO, PASTORE, 2007). O aumento da atividade das hidrolases da parede celular é indicativo do amaciamento dos tecidos e do avanço do grau de amadurecimento em frutos climatéricos (ABREU, 2010).

3.2.9 Ácido Ascórbico

A vitamina C encontra-se nos tecidos vegetais na forma reduzida como ácido ascórbico, ou na forma oxidada como ácido deidroascórbico, ambos com atividade vitamínica. O total de ácido ascórbico na goiaba é influenciado pela

condição climática, temperatura, umidade do solo, cultivo e variedade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Na goiaba, toda a vitamina C está na forma de ácido ascórbico, contudo, após a maceração ocorre a rápida oxidação do ácido ascórbico e, aproximadamente depois de três horas, 60% do ácido ascórbico é convertido em ácido deidroascórbico sem perda no conteúdo de vitamina C do fruto (MOKADY; COGAN; LIEBERMAN, 1984).

Segundo Vazquez-Ochoa & Colinas-Leon (1990), desde os estádios iniciais de desenvolvimento até a maturação total, o conteúdo de ácido ascórbico aumenta nos frutos e, quando excessivamente maduro, o conteúdo desse ácido diminui significativamente. Tal redução ocorre provavelmente devido à ação de enzimas como a polifenol oxidase e a ácido ascórbico oxidase, que agem com mais intensidade durante a senescência e apodrecimento do fruto promovendo a desorganização da parede celular e a produção de etileno.

3.3 Antracnose

A antracnose é uma das doenças mais comuns que afeta a goiabeira. É a principal doença de frutos em pós-colheita, sendo considerada de elevada importância econômica no Brasil (LIMA FILHO; OLIVEIRA; MENEZES, 2003).

Essa doença na goiabeira é causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penzig), fungo que caracteriza-se pela formação de acérvulos subepidêmicos, dispostos em círculos, com presença de setas, micélio aéreo bem desenvolvido em colônias de coloração marrom (Figura 3) (FERRAZ, 2010).



Figura 3 Lesões da antracnose em goiaba.

A infecção do hospedeiro pelo fungo pode ser direta, com a formação de apressórios, e também por insetos ou durante o manuseio, ou pela cavidade floral. A técnica de ensacar o fruto favorece a doença, pois cria uma câmara úmida artificial favorável ao patógeno. Essa doença por causar importantes perdas em pós-colheita, é um dos fatores limitantes à exportação de frutas. Nos meses mais quentes do ano, na ausência de medidas de controle, sua incidência pode atingir 70 a 100% dos frutos. (PICCININ; PASCHOLATI; DI PIERRO, 2005).

A antracnose é uma doença comum da goiabeira em toda a América do Sul, América Central e sul dos Estados Unidos. Também existem registros da doença na Índia e África do Sul. Embora não existam informações oficiais acredita-se que a doença esteja presente em todas as regiões produtoras de goiaba do país (FERRAZ, 2010).

A mancha de chocolate, é o nome popular da antracnose, que em qualquer número ou intensidade, é classificada como podridão (dano patológico que implique em qualquer grau de decomposição, desintegração ou fermentação dos tecidos), e defeito grave de acordo com normas de classificação, inevitavelmente ocasionando a desclassificação do lote para comercialização, não sendo permitida a reclassificação quando acima de 10% (CEAGESP, 2000).

Essa doença afeta a planta na fase de florescimento, maturação e principalmente em pós-colheita. Nos frutos aparecem lesões de formato circular e coloração escura. Quando os sintomas são mais severos aparecem pequenas lesões profundas encharcadas e de coloração marrom, principalmente, em locais danificados por insetos (PICCININ; PASCHOLATI; DI PIERRO, 2005).

Em condições de alta umidade uma massa de esporos de coloração róseo-alaranjada se forma no centro das lesões. A infecção não atinge a polpa mais deixa o fruto impróprio para comercialização (LIMA FILHO; OLIVEIRA; MENEZES, 2003).

A temperatura ideal para que ocorra a infecção é de 22°C a 25°C (JUNQUEIRA, 2000).

Dentre as tecnologias de conservação, a goiaba responde bem ao controle de temperatura e da atmosfera. Após a colheita, os frutos devem ser pré-resfriados ou passar por resfriamento rápido para retirada do calor do campo, antes do armazenamento em câmara fria. A redução da temperatura retarda a evolução da coloração externa da casca e o aparecimento de podridões sem modificar as características químicas como sólidos solúveis, acidez titulável, vitamina C, massa, dentre outros. O ideal é o uso de câmaras frias com temperatura entre 8 a 10 °C e 85 a 90% de umidade. Alguns sistemas incluem tecnologias, como embalagens a vácuo e recobrimento dos frutos com cera e outros revestimentos, uso de absorvedores de etileno, reguladores de crescimento, modificando ou controlando a atmosfera ao redor do produto (BASSETTO, et. al., 2005).

3.3.1 Controle alternativo

Com o ataque de microrganismos, ocorre redução da qualidade e da vida útil dos frutos, resultando em defeitos ou doenças superficiais ou com destruição

dos tecidos, o que torna o fruto menos atrativo ou não comercializável. O ataque de fungos, bactérias e, em menor extensão, vírus, é provavelmente uma das causas mais sérias de perdas pós-colheita. Em frutas, os fungos patogênicos são os mais envolvidos na deterioração. O crescimento desses fungos produz um número variável de efeitos deteriorantes que incluem descoloração, produção de odores desagradáveis e redução na qualidade do produto. Em decorrência da grande variedade de espécies, a sua taxonomia torna-se complexa (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

De acordo com Picinin et. al., (2005), o controle da antracnose (principal doença fúngica encontrada na pós-colheita da goiaba), é feito basicamente com medidas culturais de poda e plantio em espaçamentos que permitam um bom arejamento de todas as plantas. Deve-se evitar a cobertura dos frutos com sacos de papel ou plástico. Manutenção das condições de limpeza das plantas, com podas de todos os ramos com sintomas de pragas ou doenças, limpeza do pomar e queima imediata de todos os resíduos. Já no controle químico são utilizados agrotóxicos que reduzem as deteriorações patológicas e que aumentam o tempo de vida útil do fruto. É feito a aplicação de fungicidas cúpricos, seguido de ensacamento ou de pulverizações com fungicidas como oxiclureto de cobre, óxido cuproso, hidróxido de cobre e zinco. Entretanto, há relatos que esses fungicidas à base de cobre, usados isoladamente, provocam sintomas leves de fitotoxicidade nos frutos, caracterizado por um retículo superficial, de cor pardo-escuro, coalescendo nas áreas de escoamento do produto aplicado.

Os agrotóxicos representam um grupo heterogêneo de compostos com variadas estruturas químicas e com diferentes toxicidades. Podem ser classificados de acordo com as finalidades de uso, inseticidas combate a insetos, fungicidas combate à fungos, herbicidas combate à ervas daninhas, formicidas combate à

formigas, acaricidas combate à ratos e nematicidas combate à nematoides (BEDOR et. al, 2009).

Nos últimos anos, muitos dos compostos utilizados têm sido banidos das listas oficiais em decorrência dos resíduos e/ou metabólicos tóxicos que se desenvolvem a partir dos compostos aplicados. Outros apresentam uso limitado, ou seja, redução significativa em sua eficiência no controle químico da doença. Desse modo, os defensivos agrícolas vêm sendo substituídos pelo uso controlado de agentes alternativos e/ou produtos que são de grande interesse no contexto da sustentabilidade e da agricultura economicamente proveitosa. Também tem sido crescente a conscientização dos consumidores quanto os efeitos prejudiciais à saúde, decorrentes dos tratamentos químicos aplicados nos produtos hortícolas (JARDIM; ANDRADE; QUEIROZ, 2009).

Segundo Porto e Soares (2012), em números, são a cada ano, no mundo, pelo menos um milhão de pessoas intoxicadas por pesticidas (fungicidas) e 3 mil a 20 mil destas são levadas a óbito. Isso ainda é pior em países periféricos e semiperiféricos, onde ocorre pelo menos metade dessas intoxicações e 75% dessas mortes, tendo em vista o nível educacional associado aos poucos cuidados com o uso, assim como a regulamentação e os métodos de controle são frequentemente negligentes ou inexistentes.

Alguns dos principais problemas causados pelo contato direto ou indireto com esses produtos, são, problemas oculares, no sistema respiratório, cardiovascular, neurológico, assim como efeitos cutâneos e problemas gastrointestinais e alguns tipos de cânceres podem estar relacionados ao uso desses produtos. Recentemente estudos vêm apontando a relação entre o aumento do uso de agrotóxicos e a incidência de câncer no Brasil, ou ainda casos de depressão e suicídios (FARIA; FASSA; FACCHINI, 2007).

A indústria de alimentos é, sem dúvida, uma das mais importantes do mundo. No Brasil, o setor de fruticultura, representa a terceira maior potência

mundial, ficando atrás apenas da China e da Índia. Entretanto, no mercado externo, nossa comercialização ainda é pequena diante da grandeza da nossa produção. Por outro lado, no mercado interno, o consumidor está cada vez mais exigente em busca de produtos saudáveis e de qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Diante da preocupação mundial com o uso de produtos agroquímicos em pós-colheita, tem ocorrido um considerável interesse por métodos alternativos de controle de doenças, que possuam mecanismos capazes de promover a indução de resistência nos tecidos vegetais a patógenos ou que possam complementar ou substituir o uso de fungicidas e prolongar o período de armazenamento dos frutos, reduzindo os riscos a saúde do homem e ao meio ambiente. (CAMILI, et. al., 2010)

Vários são os exemplos encontrados na literatura sobre a utilização de potenciais indutores de resistência, para o manejo de doenças pós-colheita. Os diferentes tratamentos alternativos pós-colheita para o controle ou redução de microrganismos no produto podem ser aplicados isoladamente ou em combinação e incluem os seguintes: uso da temperatura baixa ou elevada; modificação nas concentrações de O₂ e CO₂; tratamento térmico; uso de radiação UV-C; controle biológico; uso de biofungicidas não seletivos, como carbonato e bicarbonato de sódio, ácido ascórbico, cloro ativo; uso de produtos vegetais naturais, óleos essenciais e extratos vegetais (PONZO, 2009).

Cresce o número de trabalhos existentes na literatura que envolvem o estudo de doenças pós-colheita em goiabas. Sob tal aspecto, OJEDA (2001), trabalhando com aplicação de ceras comerciais para o controle da antracnose da goiaba, constatou que todas as ceras avaliadas reduziram a incidência de podridões, e que a aplicação da cera prochloraz inibiu completamente o desenvolvimento da doença.

Lorenzetti; Monteiro; Souza (2011), no estudo do controle da doença *Botrytis cinerea* (mofo cinzento do morangueiro) com o uso de óleos essenciais

de plantas medicinais e aromáticas, constatou que os óleos essenciais estudados de canela, capim limão, palmarosa e menta inibiram o crescimento micelial de 80% a 59% com relação a testemunha, mostrando-se como os mais promissores para estudos futuros.

Vários tipos de revestimentos comestíveis têm sido estudados, tais como revestimentos à base de cera de carnaúba e de outros vegetais, ceras de abelha, óleos vegetais, amido, entre outros; entre eles, o revestimento à base de amido de mandioca seria um dos mais viáveis devido a sua fácil obtenção e baixo custo. O nordeste brasileiro apresenta grande potencial de oferta deste produto (SILVA, et. al., 2011).

Há vários relatos de resultados positivos sobre a utilização de agentes físicos e naturais de controle, que demonstraram ser eficientes no controle de podridões pós-colheita em diferentes frutas contra diferentes patógenos.

3.4 Embalagens Ativas

As embalagens tradicionais protegem o produto que acondicionam contra os fatores ambientais, danos mecânicos, entre outras, atuando como uma barreira inerte, elas não são suficientes para atender às novas exigências dos consumidores por produtos mais próximos ao natural, contendo menos conservantes e que sejam seguros. Com o avanço tecnológico, outros tipos especiais de embalagens foram desenvolvidos utilizando materiais que não só protegem, mas que também interagem com o produto e com o meio ambiente, conservando melhor suas funções e qualidade, aumentando a vida útil com segurança de uso. Surgiu daí um novo conceito de embalagem, designada como embalagem ativa, que é definida como aquela que, além de proteger, interage positivamente com o produto, podendo apresentar como funções adicionais; absorção de compostos que favorecem a deterioração do fruto; liberação de

compostos que aumentam a vida de prateleira; monitoramento do tempo de armazenamento (MOURA; AOUADA; SOUZA, 2014).

Nos Estados Unidos, Japão e na Austrália, o conceito de embalagens ativas está sendo aplicado com sucesso. Na Europa, o desenvolvimento e a aplicação desse tipo de embalagem são ainda limitados, devido às restrições de legislação, resistência do consumidor, necessidade de conhecimento sobre a efetividade aos impactos econômico e ambiental (SOARES, 2009).

Segundo Ferreira et. al. (2009), encontram-se entre as aplicações mais comuns das embalagens ativas: sistemas de atmosfera modificada; sistemas enzimáticos, químicos e fotoquímicos de absorção de O₂; controle dos níveis de etileno; redução dos níveis de umidade, liberação de etanol e de aditivos; incorporação de enzimas; sistemas monitoradores de temperatura; absorção de radiação; absorção de odores e sabores desagradáveis; e preservação da cor. Assim, as embalagens ativas constituem importante ferramenta tecnológica para aumentar a vida útil dos alimentos, principalmente aqueles suscetíveis a oxidação. Oferecem a vantagem da biodegradabilidade, o que as torna ambientalmente corretas e particularmente atrativas para o segmento de consumidores conscientes.

3.4.1 Filmes e revestimentos comestíveis

O uso de filmes ou coberturas comestíveis sobre a superfície de frutos para aumentar a conservação é uma técnica que data do século XIII, quando chineses aplicavam ceras para conservar cítricos em viagens marítimas. A partir de 1930, as ceras de abelha, parafina e carnaúba e os óleos mineral e vegetal foram usados na conservação de frutas. Já na década de 60, o uso de polissacarídeos solúveis em água se tornou mais estudado e opção comercial

para o uso em coberturas comestíveis de frutos com a função de aumentar a vida útil destes (VILLADIEGO et al., 2005).

Os revestimentos ou coberturas não substituem as embalagens sintéticas não comestíveis, mas podem atuar como coadjuvante, reduzindo o uso de embalagens descartáveis. Os materiais utilizados nas formulações podem ser comestíveis ou não, e são usados como filmes, os quais são pré-formados e aplicados sobre o produto ou são usados como cobertura, aplicada diretamente sobre o produto, formando uma camada fina e superficial sobre ele (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Com a aplicação de revestimentos em frutas, tem-se a formação de uma cobertura com preenchimento parcial dos estômatos e lenticelas, reduzindo, dessa forma, a transferência de umidade (transpiração) e as trocas gasosas (respiração). Como o início do processo de maturação está estreitamente associado ao aumento na produção de etileno e, considerando que o O_2 é necessário para a sua produção, a redução da permeação do O_2 para o interior do fruto gerará uma correspondente redução na produção do etileno (responsável pelo amadurecimento), o que permite, em princípio, prolongar a vida do fruto (LUVIELMO, LAMAS, 2012).

O uso de revestimentos comestíveis podem apresentar vantagens, como reduzir a perda de água e o murchamento do fruto, retardar o amadurecimento, reduzir os danos causados pelo frio no armazenamento refrigerado, reduzir os danos mecânicos causados pelo manuseio e transporte, reduzir a deterioração, proporcionar brilho ou polimento aos frutos e ainda podem servir de veículo para ingredientes úteis, como compostos antimicrobianos, antioxidantes, absorvedores de etileno, corantes e aromatizantes (TOGRUL E ARSLAN, 2004).

As matérias primas dos revestimentos podem ser classificadas em:

- Polissacarídeos: amido e seus derivados, celulose e seus derivados, gomas, pectinas, entre outras;
- Proteínas: gelatina, caseína, glúten de trigo, entre outras;
- Lipídeos: ceras e ésteres de ácidos graxos, entre outras;
- Ou combinação dos mesmos.

O revestimento à base de amido de mandioca seria um dos mais viáveis visto que, o nordeste brasileiro apresenta grande potencial de oferta deste do amido de mandioca. O revestimento é facilmente obtido a partir da gelatinização do amido em dispersão aquosa aquecida a 58-70°C e posterior retrogradação sobre a superfície do fruto (SILVA, et al.; 2011).

Uma grande vantagem que também cabe salienta é a biodegradabilidade dos revestimentos comestíveis. Para que um material seja chamado de biodegradável ele deve ser degradado completamente por microrganismos em compostos naturais, como CO₂, água, metano, hidrogênio e biomassa. Dessa forma, a utilização de revestimentos biodegradáveis poderá contribuir na redução do uso de fontes não renováveis, ajustando-se perfeitamente no ecossistema e evitando a poluição ambiental (VILLADIEGO et al., 2005).

Filmes comestíveis e revestimentos agem como barreiras semipermeáveis que pode ser capaz de manter a qualidade do alimento. Sendo biodegradável, eles oferecem sistemas de embalagens alternativas, que causam redução nos danos ambientais.

Na confecção dos filmes biopoliméricos, na classe dos revestimentos a base de polissacarídeos, temos o amido, que é um excelente material para elaboração de coberturas comestíveis, notadamente pela capacidade de formação de películas de amilose, a qual apresenta uma estrutura linear apropriada.

Os revestimentos a base de polissacarídeos são materiais naturalmente hidrofílicos cuja afinidade por água está associada à predominância de grupos altamente polares como hidroxila. Alguns, quando aplicados na forma de gel, podem retardar a perda de umidade de alguns alimentos, devido à evaporação da umidade do gel antes da desidratação do alimento revestido. A película formada pelo revestimento a base de polissacarídeos apresenta baixa permeabilidade a gases reduzindo, principalmente, a taxa de escurecimento enzimático, que ocorre devido a ação das polifenoloxidasas. Os polissacarídeos mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis em frutas são: fécula de mandioca, alginato, pectina, carragena, quitosana e derivados da celulose (por exemplo, a metilcelulose, carboximetilcelulose e hidroxipropilmetilcelulose) (LUVIELMO, LAMAS, 2012).

A fécula de mandioca é um dos agentes mais estudados para formação de revestimentos comestíveis devido a suas características: boa transparência e boa resistência às trocas gasosas. Alguns autores a consideram como matéria-prima de grande potencial na elaboração de revestimentos comestíveis por ser uma matéria-prima de baixo custo e por formar películas resistentes e transparentes que proporcionam eficientes barreiras a gases (HOJO et al., 2007)

Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina. A amilose é formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -1,4, originando uma cadeia linear.

Já a amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em α -1,4 e α -1,6, formando uma estrutura ramificada. Essas estruturas estão apresentadas na Figura 4 (DENARDIN; SILVA, 2009).

Segundo ANVISA, amido é o produto amiláceo extraído das partes aéreas comestíveis dos vegetais (sementes), entre outras, e a fécula é o produto amiláceo extraído das partes subterrâneas comestíveis dos vegetais (tubérculos, raízes e rizomas). O produto é designado "amido" ou "fécula", seguido do nome

do vegetal de origem. Ex.: "amido de milho", "fécula de batata" (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 1978).

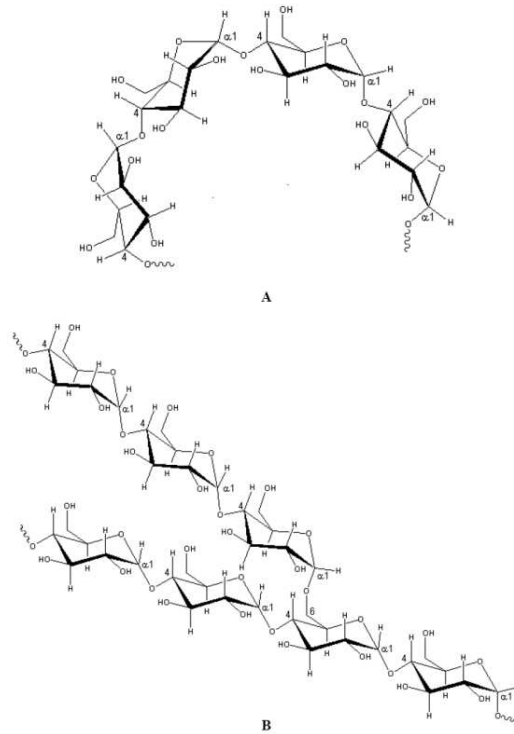


Figura 4 Estrutura do amido A) Estrutura da amilose [polímero linear composto por D-glicoses unidas em α -(1-4)]. B) Estrutura da amilopectina [polímero ramificado composto por D-glicoses unidas em α -(1-4) e α -(1-6)]. Fonte: DENARDIN; SILVA, 2009.

O amido que se apresenta na forma de discretos grânulos com forma e tamanho dependente da sua fonte botânica é insolúvel em água fria. Essa insolubilidade é devida às fortes ligações de hidrogênio existentes entre dois tipos de macromoléculas: amilose e amilopectina, que forma áreas cristalinas radialmente ordenadas. Entre essas áreas cristalinas existem regiões amorfas, nas quais as moléculas não têm uma orientação particular. As áreas cristalinas mantêm a estrutura do grânulo e controlam o comportamento do amido em água,

fazendo com que o grânulo de amido absorva uma quantidade limitada de água (Teixeira, 2007).

Com o aquecimento do amido com excesso de água os grânulos incham até um rompimento irreversível das ligações de hidrogênio entre as moléculas de amilose e amilopectina. Com o rompimento dessa estrutura cristalina a água se liga aos grupos hidroxila das moléculas, provocando perda de birrefringência, lixiviação de amilose, aumento da viscosidade e solubilização do amido. Esse processo é conhecido como gelatificação e ocorre quando o amido é aquecido na faixa de 70 °C dependendo da origem do amido (LEMOS, et. al., 2007).

A amilose durante a distensão de sua estrutura não ramificada apresenta a propriedade de absorver até 25 vezes seu peso em água. A amilopectina é menos susceptível que a amilose à ação de certas enzimas, o que é fator importante para explicar a ação de enzimas. A grande maioria dos amidos contém 20-30% de amilose e 70-80% de amilopectina. O arranjo da amilose e amilopectina nos grânulos leva à formação de zonas de deposição mais ou menos densas. A região onde se concentra a amilopectina é mais densa ou cristalina. Sendo mais compacta, dificultando a entrada de moléculas como as de água e enzimas, apresentando-se, portanto, mais resistente ao processo de hidrólise (CANGANI et. al., 2009; Silva, 2011).

Ao ocorrer resfriamento, alguns polímeros de amilose e amilopectina solubilizados, começam a se reassociar, formando uma estrutura mais ordenada, um precipitado ou gel ocorrendo um aumento na opacidade da pasta. Este processo é conhecido como retrogradação que é basicamente a volta do amido à sua condição de insolubilidade em água fria. Quando o amido é resfriado, a energia cinética diminui e o processo de cristalização das moléculas de amido ocorre pela forte tendência de formação de ligações de hidrogênio entre moléculas adjacentes. A associação das moléculas do amido propicia o desenvolvimento de uma rede tridimensional mantida coesa pelas áreas

cristalinas. Esta rede é formada por grânulos de amido parcialmente inchados e componentes do amido em solução. A formação desta rede durante o resfriamento resulta no aparecimento de gel viscoso (CANGANI et. al., 2009).

Pereira et al. (2006) estudaram o uso de revestimento de fécula de mandioca para conservação do mamão Formosa Tainung, em temperatura ambiente, avaliando o efeito no amadurecimento. Utilizaram o método de imersão das frutas inteiras e o resultado mostrou que os frutos tratados com a solução de fécula de mandioca tiveram seu amadurecimento retardado, prolongando a vida útil pós-colheita por quatro dias. Os frutos mantiveram por mais tempo a firmeza da polpa, o que garante uma melhor resistência a danos mecânicos durante o manuseio e transporte. Castricini et al. (2010) também avaliaram a influência de revestimentos de fécula de mandioca no amadurecimento de mamões inteiros, *Carica papaya* L., durante 14 dias de armazenamento. Nesta pesquisa foram utilizadas formulações de fécula de mandioca a 1%, 3% e 5%, sendo que os revestimentos de 3% e 5% reduziram a perda de massa fresca mantendo a coloração verde durante o armazenamento.

Em goiabas *Psidium guajava*, Vila et al. (2007) avaliaram o uso de revestimento de fécula de mandioca na manutenção da qualidade pós-colheita. As frutas inteiras foram imersas nas concentrações de 2%, 3% e 4%. O biofilme, nas concentrações de 3% e 4% mostrou-se efetivo em retardar o amadurecimento de goiabas proporcionando maior teor de açúcares não-redutores, de vitamina C e menores teores de açúcares totais, açúcares redutores, pectina solúvel, percentual de solubilização e também menor atividade das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase.

Não sendo tóxica, a película a base de fécula de mandioca pode ser ingerida juntamente com os frutos e hortaliças, sendo facilmente removida quando necessário. Além disso, películas produzidas a partir de mandioca

apresentam-se como produto comercial de custo baixo, quando comparado às ceras comerciais (ROZWALKA, 2010).

3.5 Óleos essenciais no controle de fitopatógenos

Os óleos essenciais (OE) são compostos complexos naturais, voláteis, caracterizados por um forte odor e constituído por metabólitos secundários de plantas aromáticas. São definidos pela ISO (International Standard Organization) como produtos obtidos de partes de plantas por meio da destilação por arraste de vapor d' água, bem como os produtos obtidos por prensagem dos pericarpos de frutos cítricos. Também existem outros métodos de extração, como extração por CO₂ supercrítico e por solventes orgânicos apolares. De forma geral, são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, com baixos pesos moleculares, geralmente odoríferas e líquidas, constituídas, na maioria das vezes, por terpenos (SIMOES & SPITZER, 2007).

Os óleos são líquidos, voláteis, límpidos e raramente coloridos, lipossolúveis e solúveis em solventes orgânicos, com uma densidade geralmente mais baixa do que a da água. Eles podem ser sintetizados por toda a planta, como por exemplo, em brotos, flores, folhas, caules, galhos, sementes, frutos, raízes, madeira ou cascas, e são armazenados em células secretoras, cavidades, canais, as células da epiderme ou tricomas glandulares (BAKKALI, et. al., 2008).

Eles são normalmente obtidos por meio de vapor ou hidro-destilação, sendo o primeiro desenvolvido na Idade Média pelos árabes. Conhecido pela sua atividade antisséptica, ou seja, bactericida, fungicida e virucida e propriedades medicamentosas e flavorizantes, eles são usados em embalsamentos, conservação dos alimentos como antibióticos, analgésicos, sedativos, anti-inflamatório, antiespasmódico e anestésico local. Essas características não se alteraram muito ao longo do século, exceto que na atualidade são mais

conhecidos alguns de seus mecanismos de ação, particularmente para o efeito antimicrobiano (BAKKALI, et. al., 2008).

A maior parte dos óleos essenciais consiste na mistura de hidrocarbonetos (monoterpenos, sequiterpenos, entre outros) e de compostos oxigenados (álcoois, ésteres, éteres, aldeídos, cetonas, lactonas, fenóis, éteres fenólicos, entre outros). Os terpenos constituem uma ampla classe de produtos secundários, que são ativos contra bactérias, fungos, vírus e protozoários (BAKKALI, et. al, 2008).

Trabalhos desenvolvidos, com óleos essenciais obtidos a partir de plantas medicinais da flora nativa, têm indicado o potencial das mesmas no controle de fitopatógenos, tanto por sua ação fungitóxica direta, inibindo o crescimento micelial e a germinação de esporos, quanto pela indução de fitoalexinas e outros compostos de defesa. Há evidência de que cerca de 35% dos óleos essenciais de plantas possuem atividade antimicrobiana e 65% possuem atividades antifúngicas, atuando na preservação do produto (STIEVEN; MOREIRA; SILVA, 2009).

Dentre os óleos essenciais conhecidos que possuem propriedades antimicrobianas, citam-se os de alho, canela, capim cidreira, cravo, cebola, manjerição, manjerona, menta e mentol, orégano, Pimenta-da-Jamaica, segurelha, tomilho, que podem ser testados em embalagens ativas para alimentos, por terem potencial antimicrobiano significativo (MONTES, et. al., 2013).

A atividade antifúngica de compostos naturais biologicamente ativos em óleos essenciais presentes em plantas medicinais, condimentares, ornamentais e florestais, *in vitro* e *in vivo*, sobre fitopatógenos, foi relatada por alguns autores. Entretanto, os estudos são em número reduzido para o controle de *C. gloeosporioides* (ROZWALKA, 2010).

Maqbool; Ali; Alderson (2010) no seu estudo do efeito do óleo essencial de canela sobre a incidência da antracnose e a qualidade pós-colheita de bananas durante o armazenamento observou que este óleo na concentração 0,3% pode ser utilizado como um método seguro para o tratamento de da antracnose em bananas. Ranasinghe; Jayawardena; Abeywickrama (2002) verificaram que óleos essenciais de canela e cravo apresentaram efeito fungistático e fungicida sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum musae*, agente etiológico da antracnose e em bananas. Rozwalka (2010) no estudo da atividade antifúngica do compostos voláteis e fixos de óleos essenciais sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* e *Colletotrichum musae* observou inibição total do desenvolvimento desses fungos nos tratamentos com os óleos essenciais de canela, erva-baleira, cravo-da-índia, atroveram orégano, erva-doce e tomilho.

Uma das principais características dos OE é a volatilidade, o que difere dos outros óleos fixos. A complexidade do OE é grande, estudar o modo de ação desses compostos em pós-colheita é fundamental para poder trabalhar com produtos menos ofensivos e de maneira eficaz.

3.5.1 Óleo essencial de canela-da-índia (*Cinnamomum zeylanicum*)

Nativa da Ásia, pertence à família Lauraceae, a *Cinnamomum zeylanicum* é uma árvore perene, com aproximadamente 12m-17m de altura. É encontrada e conhecida no Brasil como canela-da-índia e canela-do-ceilão. As folhas de coloração verde escuras possuem um formato oval longo com 7m-18 cm de comprimento. As flores são amarelas e pequenas, transformando-se em uma fruta arroxeada, com aproximadamente 1 cm, produzindo uma única semente (LIMA; DURIGAN; TOSTES, 1998).

A parte comercial da canela constitui-se da parte interna da casca do tronco e dos ramos, que é amplamente utilizada, com vasto uso mundial na

perfumaria e na culinária. Seu consumo como especiaria está relacionado as suas propriedades sensoriais (de sabor e aroma), que são conferidas pela presença de compostos químicos, como aldeído cinâmico, o eugenol, a cânfora e uma variedades de polifenóis. O óleo essencial de canela pode ser obtido tanto das cascas como das folhas, mas a composição dos dois é completamente distinta (LIMA; DURIGAN; TOSTES, 1998).

Alega-se que o óleo essencial de canela aumenta a resistência do organismo e promove uma boa circulação. Além de possuir propriedade antimicrobiana já comprovada na literatura, alguns estudos mostraram grande potencial de estimular os sentidos humanos. Ou seja, o odor da canela em alguns materiais faz com que a aceitação do material por humanos seja melhorada (MOURA; AOUADA; SOUZA, 2014).

Win et. al. (2007) em seu estudo dos efeitos do extrato de canela, revestimento de quitosana, tratamento de água quente (TAQ) e suas combinações sobre a doença de podridão que afeta a banana, sugere que o óleo essencial de canela, quitosana e TAQ poderia ser utilizado comercialmente para reduzir a necessidade de fungicidas. O óleo de canela pode ser mais eficaz no uso de armazenamento para uso a curto prazo.

3.6 Combinação de óleo essencial e película a base de fécula de mandioca

A demanda dos consumidores por alimentos mais frescos e convenientes tem aumentado muito nas últimas décadas. Em razão disso, a tecnologia de métodos combinados (TMC), também conhecida como tecnologia de obstáculos (*hurdle technology*), tem sido muito visada pelos pesquisadores. Essa tecnologia tem como base a combinação de dois ou mais obstáculos ao crescimento microbiano, aplicados em baixos níveis, para promover a estabilidade do alimento em temperatura ambiente. A inibição ao crescimento microbiano, ao

invés de ser alcançada pela aplicação drástica de um único fator de conservação, é obtida por efeito sinérgico da combinação de vários fatores ou obstáculos (AZEREDO, 2003).

Nessa tecnologia, geralmente, são utilizados conservantes químicos como um dos obstáculos ao crescimento de microrganismos. Como a concentração de conservantes deve ser tão baixa quanto possível, é importante que se otimize o uso de tais compostos. Assim, pode-se controlar o crescimento microbiano nas superfícies por meio da incorporação de compostos antimicrobianos a películas comestíveis. A aplicação direta de conservantes químicos em superfícies de alimentos sólidos exerce efeito limitado, já que o composto difunde-se rapidamente para o interior do alimento. Por outro lado, a adição de compostos antimicrobianos nas películas comestíveis oferecem a vantagem de manter altas concentrações do composto na superfície do produto, local em que é mais requerido, sem elevar muito sua concentração no interior do alimento (AZEREDO, 2003).

A redescoberta de filmes, bem como suas novas atribuições comestíveis e biodegradáveis tem despertado interesse na indústria de alimentos, devido às vantagens que os diferenciam das embalagens convencionais. Os óleos essenciais podem viabilizar também a segurança do alimento. Assim, a incorporação de compostos bioativos, tais como agentes antimicrobianos, em embalagens, promoveria um novo meio para a melhoria da segurança e da vida útil de alimentos prontos para o consumo (MONTES, et al., 2013).

Dentre os antimicrobianos utilizados em filmes de acetato de celulose estão alguns óleos essenciais extraídos de alecrim, cravo, canela, orégano, noz-moscada, manjeriço, dentre outros condimentos (LÚCIO et al., 2011). Uma vez incorporados aos polímeros e, em contato com o alimento, pode ocorrer uma migração lenta e constante dos agentes bactericidas e fungicidas, por difusão ou

separação para a superfície do produto, de modo que a atividade antimicrobiana ocorra com maior intensidade onde se faz necessário (COMA, 2008).

A utilização de películas comestíveis como obstáculo ao crescimento microbiano tem sido até o momento pouco documentado. A combinação da película a base de fécula de mandioca com óleo essencial, ao final do processo, protege as frutas contra alterações indesejáveis durante a estocagem, além de melhorar sua integridade estrutural, aumentar o tempo de conservação do fruto e proteger contra o ataque de microrganismos. (ROZWALKA, 2010).

No Brasil, pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) vêm desenvolvendo embalagens ativas e inteligentes, comprometidas com a responsabilidade ambiental por incentivar a substituição do plástico. Além de utilizar fontes renováveis, a embalagem possui extratos de óleos essenciais que ajudam a conservar os produtos embalados por mais tempo. Um dos projetos desenvolve embalagens a partir de fécula de mandioca que tem função antimicrobiana. A composição em questão inclui a fécula de mandioca, óleos essenciais e nanopartículas de argila para aumentar a resistência à tração e torná-la menos permeável e suscetível à entrada de umidade e oxigênio. Também para coibir a atividade microbiana nos alimentos, foram acrescentados os óleos essenciais que, conforme o contato com o produto libera ingredientes que evitam a deterioração (MONTES, et. al., 2013).

Um estudo acerca do sinergismo entre a atividade antimicrobiana de três óleos essenciais (óleo de broto de cravo, óleo de canela e óleo de anis-estrelado), associado a filmes elaborados à base de quitosana, verificou que o óleo de canela teve a melhor atividade antimicrobiana quando comparado com os demais óleos analisados contra bactérias e fungos, como por exemplo: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus oryzae*, e *Penicillium digitatum*. Já na utilização do filme elaborado à base de quitosana, efeitos inibidores foram visualizados apenas contra as bactérias, excetuando-se os fungos, não tendo uma

notável atividade antimicrobiana. No entanto, o filme de quitosana contendo óleo essencial de canela apresentou um efeito sinérgico, pois esta associação aumentou a atividade antimicrobiana do óleo, fator que pode estar associado à liberação constante do óleo no filme. Este estudo também mostrou que a incorporação de óleos essenciais ao filme de quitosana modificou a sua resistência mecânica, a permeabilidade ao vapor de água, ao teor de umidade e à solubilidade (WANG et al., 2011).

Maqbool, et. al. (2011) ao estudar os efeitos antifúngicos de goma arábica (10%), óleo essencial de capim-limão (0,05%), óleo essencial de canela (0,4%), e suas combinações tanto *in vitro* como *in vivo* para o controle da antracnose na pós-colheita de banana e mamão, causadas pelos fungos *C. musae* e *C. gloeosporioides*, revelou que no estudo *in vivo*, a goma arábica 10% combinado com o óleo essencial de canela 0,4% era a concentração ótima para a redução de 80% e 71%, na incidência *C. musae* e *C. gloeosporioides*, respectivamente. Essa combinação reduziu 10 % o amadurecimento desses frutos em termos de peso, firmeza dos frutos, teor de sólidos solúveis e acidez titulável. Os resultados sugerem a possibilidade de utilizar a goma arábica 10% combinada com 0,4% de óleo de canela como um biofungicida para controle da antracnose pós-colheita nos principais frutos tropicais, como banana e mamão.

Assim, para o controle de doenças em pós-colheita, o aumento da vida útil e a manutenção das características físico-químicas dos frutos de goiabeiras, a combinação de óleos essenciais e fécula de mandioca sob a forma de película apresenta-se como mais uma estratégia promissora.

REFÊNCIAS

ABREU, R. J. **Monitoramento de alterações físicas, químicas e fisiológicas durante o amadurecimento de goiabas cv Pedro Sato**. 2010. 94 p. Tese (Doutorado em agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ABREU, J. R.; SANTOS, C. D.; SOUZA, R.V. Sugar fractionation and pectin content during the ripening of guava cv. Pedro Sato, **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.32, n.1, p.156-162, mar. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. ANVISA. Resolução. Normas Técnicas Especiais – CNNPA n.12, de 1978. Sessão Plenária, realizada em 30/03/78, resolve aprovar as seguintes NORMAS TÉCNICAS ESPECIAIS, do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 jul. 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_amidos.htm>. Acesso em: 23 jul. 2014.

AZEREDO, H. M. Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados: potencial da aplicação. **Boteim Ceppa**, Curitiba, v.21 n.2, p.267-278, 2003.

AZZOLINI, M. Ripening of “Pedro Sato” guava: study on its climacteric or non-climacteric nature. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v.17, n.3, p. 299-306, Sept. 2005.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, I. U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n. 2, p. 139-145, feb. 2004.

BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils: a review. **Food and Chemical Toxicology**, v.46, n. 2, p.446–475, Feb. 2008.

BASSETO, E.; JACOMINO, A. P.; PINHEIRO, A. L. Conservation of “Pedro Sato” guavas under treatment with 1-methylcyclopropene, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p. 3433-440, maio 2005.

BEDOR, C. N. G. et al. Vulnerabilidades e situações de riscos relacionados ao uso de agrotóxicos na fruticultura irrigada. **Revista Brasileira Epidemiologia**. São Paulo, v.12, n.1, p. 39-4, mar. 2009.

CANGANI, A. et al. Relatório de caracterização de polissacarídeos. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA8XkAD/caracterizacao-polissacarideos>>. Acessado: 15 jun. 2014.

CAMILI, E. C. et al. Vaporização de ácido acético para o controle pós-colheita de *Botrytis cinerea* em uva ‘Itália’. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 436-443, abr./jun. 2010.

CAPARINO, O. A. et al. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine ‘Carabao’ var.*) powder; **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.111, n.1, p.135-148, July 2012.

CAVALINI, F. C. **Índices de maturação, ponto de colheita e padrão respiratório de goiabas ‘KUMAGAI’ e ‘PALUMA’**. 2004. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CERQUEIRA T. S. **Recobrimentos comestíveis em goiaba cv. ‘Kumagai’**. Dissertação (Mestrado em fisiologia e bioquímica de plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CHITARRA, M. I. F., CHITARRA A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

COMA, V. Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products. **Meat Science**, Oxford, v.78, n.1-2, p. 90-103, Jan./Feb. 2008.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO – CEAGESP. Centro de Qualidade em Horticultura. Classificação da goiaba (*Psidium guajava* L.). São Paulo, 2000. Fôlder. (Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros).

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Starch granules structure and its regards with physicochemical properties **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.945-954, Jul./Set. 2009.

EVANGELISTA, R. M.; VIEITES, R. L. Avaliação da quantidade de polpa de goiaba congelada, comercializada na cidade de São Paulo. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.13, n.2, p.76-81, 2006.

FARIA, N. M. X.; FASSA, A. G.; FACCHINI, L. A. Intoxicação por agrotóxicos no Brasil: os sistemas oficiais de informação e desafios para realização de estudos epidemiológicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 25-38, jan./mar. 2007.

FERRAZ, D. M. M. **Controle da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em pós-colheita da goiaba (*Psidium guajava*), produzida em sistema de cultivo convencional e orgânico, pela aplicação de fosfitos, hidrotermia e cloreto de cálcio**. 2010. 119 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

FERREIRA, M. L. A. et al. Embalagens ativas: estado da arte e da técnica a partir do monitoramento de informações tecnológicas. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., Salvador, 2009. **Anais...** Salvador: ADEPRO, 2009. p.14.

GALLI, J. C.; CALORE, R. A. **Panorama nacional do cultivo de goiaba no Brasil e produção integrada de frutas**. 2012. Disponível em: <http://artigos.netsaber.com.br/resumo_artigo_79997/artigo_sobre_panorama_nacional_do_cul

tivo_de_goiaba_no_brasil_e_produ%C3%87%C3%83o_integrada_de_frutas>. Acesso em: 23 ago. 2014.

GERHARDT, L.B.A. et al. Características físico-químicas dos frutos de quatro cultivares e três clones de goiabeira em Porto Lucena, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 185-192, fev. 1997.

HOJO, E.T.D. et al. Uso de películas de fécula de mandioca e PVC na conservação pós-colheita de pimentão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.1, p.184-190, jan./fev. 2007.

JACOMINO, A. P. **Cultura da goiaba**. Piracicaba: ESALQ, 2012. Disponível em: <<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/ACULTURADAGOIABEIRA.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

JARDIM, I. C. S. F.; ANDRADE, J. A.; QUEIROZ, S. C. N. Residues of pesticides in food: a global environmental preoccupation - Focussing on apples, **Química Nova**, São Paulo, v.32, n.4, p. 996-1012, 2009.

JUNQUEIRA, N. T. V. Doenças e pragas. In: MANICA, I. et al. **Goiaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. Cap. 9, p. 225- 247. (Fruticultura Tropical, 6).

KLUGE, R. A. et al. Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado. 2. ed. Campinas: Rural, 2002. p.214.

LEMOS, O. L. et al. Use of edible biofilm in the conservation of sweet pepper 'Magali R' under two conditions of storage. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.693-699, 2007.

LIMA, M. A.; DURIGAN, J. F.; TOSTES, D. R. D. Avaliação do comportamento respiratório de goiabas 'Pedro Sato' e a influência de diferentes embalagens na sua conservação sob refrigeração, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1998. p.1980-1983.

LIMA FILHO, R. M.; OLIVEIRA, S. M. A.; MENEZES, M. Caracterização enzimática e patogenicidade cruzada de *Colletotrichum* ssp. Associadas a doenças de pós-colheita. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, n.6, p. 620-625, 2003.

LIMA, M. P. et al. Constituintes voláteis das folhas e dos galhos de *Cinnamomum zeylanicum* blume (Lauraceae), **Acta Amazônica**, Manaus, v.35, n.3, p.363-366, jul./set. 2005.

LINHARES, L. A.; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P. Chemical, physical and enzymatic transformations of guavas 'PEDRO SATO' treated at postharvest with calcium chlorite and 1-methylciclopropone and stored under refrigeration. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.3, p. 829-841, jul./set. 2007.

LORENZETTI, E.R.; MONTEIRO, F.P.; SOUZA, P.E. Bioatividade de óleos essenciais no controle de *Botrytis cinerea* isolado de morangueiro, **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.13, p. 619-627, 2011. Especial.

LÚCIO, L.M.F. et al. Uso de filmes ativos antimicrobianos incorporados com óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) na conservação de massa fresca. Goiânia: UFG, 2011. 11 p.

LUVIELMO, M. M., LAMAS, S. V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, São Leopoldo, v.8 n.1, p. 8-15, jan./jun. 2012.

MANICA, I. et al. **Fruticultura tropical: goiaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. 373p.

MAQBOOL, M. et al. Postharvest application of gum arabic and essential oils for controlling anthracnose and quality of banana and papaya during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 62, n.1, p.71-76, Oct. 2011.

MAQBOOL, M.; ALI, A.; ALDERSON, P. G. Effect of cinnamon oil on incidence of anthracnose disease and postharvest quality of bananas during storage. **International Journal Agriculture Biology**, Faisalabad, v.12, n.4, p. 516–520, July 2010.

MARTINAZZO, A. P. et al. Avaliação colorimétrica de folhas secas de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf durante o armazenamento em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, p.131-140, 2008.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado Agricultura. Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Perfil da fruticultura brasileira: base de dados de 2012 e 2013**. 2014. <http://www.agricultura.mg.gov.br/images/files/perfil/perfil_fruticultura_2014.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2014.

MOKADY, S.; COGAN, U.; LIEBERMAN, L. Stability of vitamin C in fruit and fruit blends. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v.35, n. 4, p.452-456, 1984.

MONTES, S. S.; SANTANA NETA, L. G.; CRUZ, R. S. Óleos essenciais em embalagens para alimentos: revisão de literatura de 2000 a 2012, **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v.5, n. 1/2, p.11, 2013.

MOURA, M. R. M.; AOUADA, F.A.; SOUZA, J.R. Preparação de novos nanobiocompósitos comestíveis ativos contendo nanoemulsão de canela e pectina. **Polímeros**, São Carlos, v. 24, n. 4, p. 486-490, 2014.

NEVES, L. C. et al. Qualidade pós-colheita de mangas, não refrigeradas, e submetidas ao controle da ação do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.1, p. 94-100, 2009.

OJEDA, M.R. **Utilização de ceras, fungicidas e sanitizantes na conservação de goiabas, ‘Pedro sato’ sob condição ambiente**. 2001. 57 p. Dissertação de (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

PAIVA, E. P.; LIMA, M. S. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana**, México, v.10, p.196-211, 2009.

PEREIRA, F. M. **Cultura da goiabeira**. Jaboticabal: Funep, 1995. 47p.

PEREIRA, M. E. C. et al. Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.6, p.1116-1119, 2006.

PICCININ, E.; PASCHOLATI, S. F.; DI PIERRO, R. M. Doenças da goiabeira. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de Fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v.2.

PONZO, F. S. **Agentes alternativos no controle pós-colheita da antracnose em goiabas ‘kumagai’**. 2009. 77 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2009.

PORTO, M. F.; SOARES, W. L. Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. **Revista Brasileira Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 37, n.125, p.17-50, 2012.

PRESSEY, R.; Enzymes involved in fruit softening; In: ORY, R.L.; ANGELO, A. J. (Ed.). **Enzymes in food beverage processing**. Washington: American Chemical Society, 1977. p.172-191.

RAMALLO, L. A.; MASCHERONI, R. H. Quality evaluation of pineapple fruit during drying process. **Food and Bioproducts Processing**, Rugby, v.90, n.2 p.275-283, Apr. 2012.

RANASINGHE, L.; JAYAWARDENA, B.; ABEYWICKRAMA, K. Fungicidal activity of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* (L.) and *Syzygium aromaticum* (L.) merr et L. M. Perry against crown rot and anthracnose

pathogens isolated from banana. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v.35, n.3, p. 208-211, 2002.

REYES, F. G.; MARTIN, M. S.; BOLANÕS, M. A. Determinação de pectina na goiaba (*Psidium guajava* L. **Revista Brasileira de Tecnologia**, Brasília, v.7, n.3, p.313-315, 1976.

ROZWALKA, L. C. **Óleos essenciais: ação sobre *Colletotrichum gloeosporioides* e *Colletotrichum musae*, associados ou não à película de fécula de mandioca no controle da antracnose em goiaba**. 2010. 198 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SILVA, A. A. L. et al. Efeitos de revestimentos de amido gelatinizado no armazenamento refrigerado de banana prata (*Musa Aab*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.3, p. 235-241, 2011.

SOARES, N. F. et al. Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, p. 370-378, 2009.

STIEVEN, A.C.; MOREIRA, J.J.; SILVA, C.F. Óleos essenciais de uvaia (*Eugenia piryformis cambess*): avaliação das atividades antimicrobiana e antioxidante. **Eclética Química**, Araraquara, v. 34, n.3, p. 7-13, 2009.

TEIXEIRA, E. M. **Utilização de amido de mandioca na preparação de novos materiais termoplásticos**. 2007. 210 p. Tese (Doutorado em Ciência) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

TODA FRUTA. **Característica da goiaba**. 2003. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=156>. Acesso em: 10 out. 2013.

TOGRUL, H.; ARSLAN, N. Extending shelf-life of peach and pear by using CMC from sugar beet pulp cellulose as a hydrophilic polymer in emulsions. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v.18, n.2, p. 215–226, Mar. 2004.

UENOJO, M.; PASTORE, G. M. Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v.30, n. 2, p.388-394, 2007.

VAZQUEZ-OCHOA, R. I.; COLINAS-LEON, M. T. Changes in guavas of three maturity stages in response to temperature and relative humidity. **Horticultural Science**, Oxford, v.25, n.1, p.86-87, 1990.

VILLADIEGO, A.M.D. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.53, p.221-244, 2005.

VILA, M. T. R. Chemical and biochemical characterization of guavas stored under refrigeration and modified atmosphere. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1435-1442, Sept/Oct 2007.

WANG, L. et al. Synergistic antimicrobial activities of natural essential oils with chitosan films. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.59, n.23, p. 12411 –12419, 2011.

WEI, J. et al. Changes and postharvest regulation of activity and gene expression of enzymes related to cell degradation in ripening apple fruit; **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 56, n.2, p.147-154, May 2010.

WILLS, R. et al. Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. 2. ed. Zaragoza: **Acribia**, 1998. p.240.

WIN, N.K.K.; JITAREERAT, P.; KANLAYANARAT, S. Effects of cinnamon extract, chitosan coating, hot water treatment and their combinations on crown rot disease and quality of banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 45, n. 3, p. 333-340, Sept. 2007.

XISTO, A.L.R.P. et al. Textura de goiabas “Pedro Sato” submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.1, p. 113-118, 2004.

CAPITULO 2

QUALIDADE E CONTROLE DA ANTRACNOSE DE GOIABAS 'PEDRO SATO' TRATADAS COM FÉCULA DE MANDIOCA E ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA

1 RESUMO

A goiaba é uma fruta de intensa atividade metabólica e muito atacada por um doença conhecida como antracnose. A alteração na parede celular com consequente amaciamento do fruto, é uma das principais mudanças, pois afetam a aparência e tornam este mais susceptível ao ataque de patógenos, afetando significativamente a comercialização e armazenamento. Assim o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações físicas, químicas, enzimáticas e alterações na parede celular ocorridas neste fruto armazenado nas condições de temperatura ambiente e atmosfera modificada. O experimento foi conduzido seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), disposto em esquema fatorial 3x5, sendo compostos por três tratamentos, controle (C), fécula (F) e fécula+óleo essencial de canela (F+OE) e cinco tempos de análise, 0, 2, 4, 6 e 8 dias. Foram analisadas as modificações de perda de massa, cor, firmeza, pectina total e solúvel, atividade da enzima pectinametilesterase, desenvolvimento das lesões típicas da antracnose e degradação da parede celular. A perda de massa, firmeza e cor, os tratamentos F e F+OE foram eficientes em retardar a perda de água, firmeza dos frutos e a coloração verde dos frutos foi mantida, destacando o tratamento F+OE que reduziu 69,77% da perda de massa e uma firmeza de 12.23N, já em relação a cor, esses tratamentos apresentaram comportamento semelhante. Os teores de pectina total para o tratamento C aumentou apresentando no 8º dia 3,15 mg.100g⁻¹, já para os tratamentos F e F+OE houve um aumento seguido por um decréscimo, com valores de 2,45 mg.100g⁻¹ e 2,65 mg.100g⁻¹, respectivamente. O aumento nos teores de pectina solúvel foi observado em todos os tratamentos, porém de forma mais acentuada no tratamento C apresentando no final da avaliação valores de 0,62 mg.100g⁻¹ e no F e F+OE 0,32 mg.100g⁻¹ e 0,33 mg.100g⁻¹. A atividade da enzima PME foi menor no tratamento F+OE quando comparado com os outros tratamentos, apresentando no oitavo dia valor de 233,38 U.g.min⁻¹, neste tratamento houve menor amaciamentos dos tecidos dos frutos. A degradação da parede celular dos frutos foi observado no tratamento C corroborando com a perda de firmeza e solubilização das pectinas. Os tratamentos F e F+OE foram eficientes em manter a qualidade das goiabas em temperatura ambiente e atmosfera modificada, estendendo o tempo de vida útil deste fruto tão perecível.

Palavras-chaves: Pós-colheita. Tecnologia de métodos combinados.

CHAPTER 2

QUALITY AND CONTROL OF ANTHRACNOSE IN 'Pedro Sato' GUAVA TREATED WITH CASSAVA STARCH AND CINNAMON ESSENTIAL OIL

2 ABSTRACT

Guava is a fruit with an intense metabolic activity, frequently attacked by a disease known as anthracnose. The alteration in cell wall with consequent softening of the fruit is a major change, since it affects the appearance and makes it more susceptible to the attack by pathogens, significantly affecting commercialization and storage. Therefore, the objective of this study was to evaluate the physical, chemical, enzymatic and cell wall changes that occurred in this fruit stored at room temperature and modified atmosphere. The experiment was conducted in a completely randomized design (CRD), arranged in a 3x5 factorial scheme, consisting of three treatments: control (C), starch (F) and starch + cinnamon essential oil (F+OE), and five times of analysis, 0, 2, 4, 6 and 8 days. Changes in mass loss were analyzed, as well as in color, firmness, total and soluble pectin, activity of pectin methylesterase, development of lesions typical of anthracnose and degradation of the cell wall. Regarding the loss of mass, firmness and color, the treatments F and F+OE were effective in slowing water loss, fruit firmness and the green color of the fruit was maintained, highlighting the treatment F+OE, which reduced 69.77% of mass loss, and firmness of 12.23N; in relation to color, these treatments showed a similar behavior. The contents of total pectin increased for treatment C, with 3.15 mg.100g⁻¹ on the 8th day, while for the treatments F and F+OE, there was an increase followed by a decrease, with values of 2.45 mg.100g⁻¹ and 2.65 mg.100g⁻¹, respectively. The increase in the contents of soluble pectin was observed in all treatments, especially in treatment C, with values of 0.62 mg.100g⁻¹ and, for F and F+OE, 0.32 mg.100g⁻¹ and 0.33 mg.100g⁻¹, at the end of the evaluation. The activity of the enzyme PME was lower in the treatment F+OE, when compared with the other treatments, with a value of 233.38 U.g.min⁻¹ on the 8th day; in this treatment, there was a lower softening of fruit tissues. The degradation of the cell wall of fruits was observed in treatment C, corroborating the loss of firmness and solubilization of pectins. The treatments F and F+OE were effective in keeping the quality of guava at room temperature and modified atmosphere, extending the useful life of such a perishable fruit.

Keywords: Post-harvest. Combined method technology.

3 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da fruticultura brasileira é a conservação da qualidade dos frutos após a colheita. Acompanhando a crescente demanda de exportação e consumo *in natura* dos frutos. Sabe-se que não é suficiente só aumentar a produção, mas sim estender a vida útil desses frutos. O período pós-colheita inicia-se após a separação da fruta da planta e termina quando este é consumido.

O amadurecimento de frutas é acompanhado por uma série de processos físicos e bioquímicos que resultam em síntese e degradação de pigmentos, conversão de amido em açúcar, perda de firmeza, produção de voláteis (ANDREWS; LI, 1994).

O amaciamento dos tecidos é um dos principais sinais de amadurecimento, sendo relacionado com mudanças na estrutura e no metabolismo do fruto. Em goiabas, a firmeza está diretamente associada com a composição pécica na parede celular, podendo variar conforme a intensidade do processo e grau de maturação do fruto. A diminuição deste parâmetro, com consequente amaciamento, durante o amadurecimento tem sido atribuída a modificações e degradação dos componentes da parede celular, causadas por enzimas hidrolíticas, como pectinametilesterase (PME), celulase, glicanohidrolases e transglicosidases (LINHARES; SANTOS; ABREU, 2007).

Além de processo metabólicos durante o amadurecimento, existem outros fatores que contribuem para a perda de qualidade dos mesmos e na goiaba podemos citar a antracnose, uma das doenças mais comuns de parte aérea. É a principal doença de frutos em pós-colheita, sendo considerada de elevada importância econômica no Brasil. Conhecida como mancha de chocolate, essa doença em qualquer número ou intensidade, é classificada como podridão, um defeito grave e que de acordo com as normas de classificação, quando um lote

apresentar acima de 10% da doença, deve ser descartado não sendo possível a reclassificação do mesmo (CEAGESP, 2000; LIMA FILHO; OLIVEIRA; MENEZES, 2003).

Quando permitido, a utilização de fungicidas ainda é a principal medida para o controle da antracnose. No entanto, não se tem produtos registrados para uso em pós-colheita para a cultura da goiabeira. Além disso, a preocupação mundial com relação à poluição ambiental e aos riscos à saúde promovidos pelos agrotóxicos, somado à resistência de patógenos a fungicidas e a retirada de alguns produtos do mercado, têm levado ao aumento das pesquisas envolvendo a utilização de agentes alternativos para o controle de doenças de pós-colheita (CIA; PASCHOLATI; BENATO, 2007). Os métodos alternativos de controle de doenças pós-colheita podem minimizar ou substituir o uso de produtos químicos, obtendo alimentos mais saudáveis e reduzindo a poluição ambiental.

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é uma ferramenta largamente utilizada para estudar as características micro estruturais de diversos materiais, basicamente, destina-se ao exame de superfície das amostras. Permite uma alta resolução que pode ser atingida a uma grande profundidade de foco, resultando imagens com aparência tridimensional. Ela apresenta-se como uma complementação as respostas laboratoriais químicas (RAMIREZ, 2011).

Com o MEV é possível acompanhar o processo de desorganização celular dos frutos que ocorrem durante o processo de amadurecimento (ABREU; SANTOS; SOUZA, 2012).

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a influência do revestimento fécula de mandioca na conservação de goiaba 'Pedro Sato' em temperatura ambiente por oito dias e associação da fécula de mandioca com óleo essencial de canela no controle da antracnose, bem como avaliar as mudanças ocorridas na parede celular do fruto durante o amadurecimento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O Trabalho foi realizado no laboratório de Bioquímica no Departamento de Química, da Universidade Federal de Lavras.

4.1 Obtenção das goiabas

As goiabas (*Psidium guajava L.*) de cultivar “Pedro Sato” utilizadas no experimento foram colhidas em um pomar comercial no município de Lavras – MG. Os frutos foram colhidos de forma manual no início da manhã, acondicionadas em caixa de papelão e transportadas para o laboratório de Bioquímica. Foram colhidos 150 frutos e selecionados 135 no estágio de maturação verde, correspondente a coloração da casca verde os frutos foram selecionados em função do tamanho, cor e ausência de injúrias mecânicas e fisiológicas e sem defeitos.

Os frutos colhidos e selecionados foram lavados em água corrente e imersos na solução de hipoclorito de sódio 0,01%. Após a secagem dos frutos, eles foram numerados, pesados e separados para comporem os tratamentos, foram três tratamento distintos: Controle (C), Fécula de mandioca (F) e Fécula+ óleo essencial de canela (F+O). Os frutos foram acondicionados a temperatura ambiente média de 25 °C e umidade relativa 76±5%UR.

4.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (3X5), sendo três tratamentos (controle, fécula de mandioca e fécula de mandioca + óleo essencial de canela) e cinco tempos de análises, correspondendo aos dias 0, 2, 4, 6 e 8 será utilizado três repetições de três frutos cada.

4.3 Obtenção do óleo essencial

O óleo essencial de canela foi extraído no laboratório de produtos naturais do Departamento de Química, na Universidade Federal de Lavras. A técnica de extração utilizada foi da hidrodestilação. Foi utilizado canela em pau obtida no comércio local.

Realizou um pré-teste a fim decidir a concentração que seria utilizada. Foram testados três diferentes concentrações (1%, 0,5% e 0,01%) e de acordo com os resultados obtidos foi decidido que seria utilizado a concentração de 0,01%, devido a esta concentração não ter ocasionado danos no fruto, visto que nos frutos com as outras concentrações testadas apresentaram queimaduras, devido a fitoxidez do óleo essencial.

4.4 Obtenção da Fécula de mandioca e recobrimento dos frutos

A fécula de mandioca utilizada no experimento foi obtida no comércio local (marca AMAFIL). A suspensão de fécula a 2% (peso/volume) foi aquecida até 70 °C, sob agitação constante em banho-maria em um fogão comercial (marca continental calore, modelo FGCT005PCADA0IN), para a obtenção dos géis de recobrimento e formação da película. O gel de recobrimento formado foi dividido em duas partes. A primeira parte foi utilizada sem nenhuma incorporação. Na segunda parte do gel, quando este atingiu a temperatura ambiente, foi incorporado 0,01% do óleo essencial de canela. Para o recobrimento dos frutos, foi utilizada a técnica de imersão. Os frutos foram amarrados pelo pedúnculo e imersos na suspensão, retirou-se o excesso, e após a secagem por 10 minutos foi repetido o mesmo procedimento. Os frutos foram amarrados em palet para a secagem, mantendo uma distância mínima de 2cm entre os frutos. Após a secagem os frutos foram dispostos em prateleiras dentro

do laboratório com controle de temperatura e umidade (Figura 1).

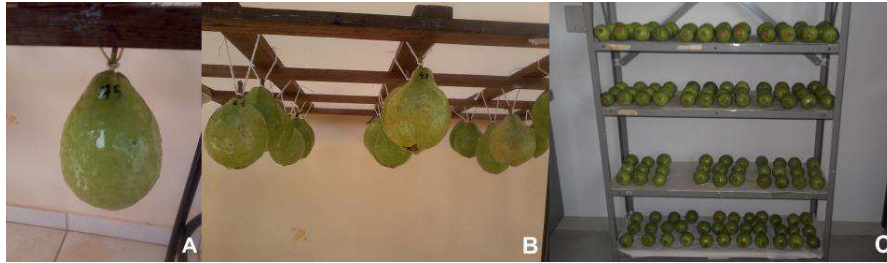


Figura 1 Preparo dos frutos. A- imersão do fruto na suspensão; B- secagem dos frutos; C- armazenamento.

4.5 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos a análise de variância pelo programa SANEST (ZONTA; MACHADO, 1991) e quando houve diferença significativa, aplicou-se regressão.

4.6 Análises laboratoriais

4.6.1 Perda de massa: A pesagem dos frutos foi realizada em uma balança semi-analítica (Simadzu, AY220), máxima 220g, divisão 0.0001g. A porcentagem de perda de massa (PM) dos frutos foi calculada por meio da expressão: $PM (\%) = [(P_{inicial} - P_{final}) / P_{inicial}] * 100$

4.6.2 Cor: Foi determinada sobre a casca na região equatorial do fruto, com duas repetições em lados opostos, utilizando-se de um Colorímetro (Konica Minolta – modelo CM-5) para os parâmetros de leitura L^* , a^* , b^* , c^* e h° . Os resultados foram expressos em termos de c^* e h° .

4.6.3 Firmeza: O índice de firmeza dos frutos foi medido através da força máxima de compressão necessária para introdução de uma ponteira “probe”

cilíndrica de 5 mm a uma profundidade de 1 cm, com duas repetições na posição equatorial em lados opostos de cada fruto. As medidas foram feitas usando um penetrômetro digital (Instrutherm – modelo PTR300), e os resultados foram expressos em Newton (N).

4.6.4 Pectina total e solúvel: A extração da pectina totais e solúveis foram feitas segundo a técnica padronizada por McCread & McComb (1952) e os teores determinados colorimetricamente, segundo Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100g de polpa.

4.6.5 Pectinametilsterase (PME): A atividade da PME foi determinada de acordo com a técnica descrita por Jen & Robinson (1984). Uma unidade de atividade enzimática (U) foi definida como sendo a capacidade da enzima em catalisar a desmetilação da pectina correspondente a 1 micromol de NaOH nas condições de ensaio. Os resultados foram expressos em $U \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$.

4.6.6 Antracnose: Foi realizado apenas análise visual dos frutos atingidos pela doença. Foi observado quando iniciou a infecção dos lotes e seu desenvolvimento ao longo dos dias de armazenamento e em seguida foi feita a relação dos lotes infectados com os lotes não infectados.

4.6.7 Microscopia eletrônica de varredura da parede celular dos frutos: O preparo das amostras e a observação das imagens foram realizadas no Departamento de fitopatologia, Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultraestrutural (LME) da Universidade Federal de Lavras. A Metodologia seguida foi de acordo com a descrita por Alves (2005)

5 RESULTADOS DE DISCUSSÃO

5.1 Perda de massa

Na Figura 2 está representada a perda de massa dos frutos de goiaba submetidos aos três tratamentos durante o armazenamento.

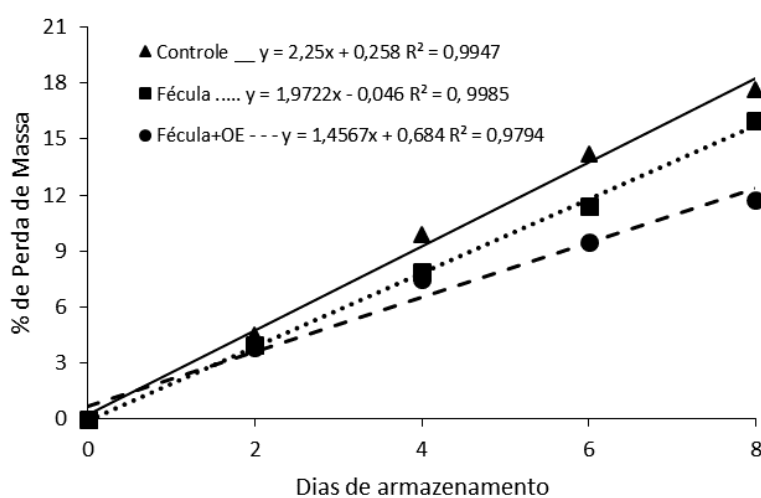


Figura 2 Perda de massa das goiabas revestidas ou não com fécula de mandioca ou fécula de mandioca e óleo essencial de canela.

Observa-se que a perda de massa das goiabas em todos os tratamentos controle (C), fécula (F) e fécula+óleo essencial de canela (F+OE) foi crescente ao longo do período de armazenamento, atingindo valores médios no oitavo dia de 18,26%; 15,73% e 12,34% respectivamente. Destaque para o tratamento F+OE que reduziu 69,77% da perda de massa, quando comparado com o tratamento controle. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), uma perda de massa de até 15% não prejudica a aparência do fruto. Nos frutos do tratamento F+OE a perda de massa não comprometeu a aparência dos frutos, isso ocorreu pelo

recobrimento. A presença da fécula, um polissacarídeo forma uma barreira semipermeável que minimiza a taxa respiratória reduzindo a perda de água.

Cerqueira et al. (2011) relataram que goiabas 'Kumagai' armazenadas durante oito dias a temperatura de $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $70 \pm 5\% \text{UR}$ e recobertas com quitosana 6%, apresentaram menor perda de massa de 5,67% no oitavo dia quando comparado com outras concentrações de quitosana, e outros tratamentos e o controle que no oitavo dia apresentou uma perda de 8,00%. Mendonça et. al. (2007) ao avaliarem o efeito do tempo de armazenamento na perda de água em goiabas 'Cortibel 1' e 'Cortibel 4', observaram uma perda de massa dos frutos foi crescente nas duas variedades, com variação média de, aproximadamente, 11,0% do 2.º ao 8.º dia e de 27,5% no 16.º em relação ao 2º dia, sob temperatura de $24,1 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e $74,1 \pm 4,3 \text{UR}$. LINHARES; SANTOS; ABREU (2007), ao analisarem a perda de massa de goiabas 'Pedro Sato' após 25 dias de refrigeração, verificou que a perda de massa para os frutos controle foi de 21,80%, para os frutos tratados com cloreto de cálcio 21,13%, e 18,60% para os frutos tratados com 1-MCP.

Maqbool et. al. (2011) no seu estudo da aplicação da goma arábica e óleos essenciais na pós-colheita de banana e mamão para o controle durante o armazenamento refrigerado, observaram que a combinação de goma arábica 10% e óleo essencial de canela 0,4% reduziu a perda de massa 89% e 81% bananas e mamões respectivamente.

5.2 Cor

A coloração dos frutos de goiabeira, expressa pelos parâmetros croma (c^*) e hue (h^*), foi influenciada significativamente nos tratamentos F e F+OE, (Tabela 1 e 2).

Tabela 1 Médias da variável croma (c*) da casca da goiaba ‘Pedro Sato’ nos tratamentos testemunha, fécula e fécula com óleo essencial de canela ao longo dos dias de armazenamento.

Armazenamento (dias)	Croma (c*)		
	Testemunha	Fécula	Fécula+OE
0	25,33 a	24,33 c	24,87 b
2	27,62 a	25,75 b	25,50 c
4	29,52 a	25,71 c	27,72 b
6	33,59 a	24,81 b	24,74 c
8	40,43 a	25,62 c	26,10 b
Médias	31,30 A	25,25 C	25,79 B

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 2 Médias da variável hue (h*) da casca da goiaba ‘Pedro Sato’ nos tratamentos testemunha, fécula e fécula com óleo essencial de canela ao longo dos dias de armazenamento.

Armazenamento	hue (h*)		
	Testemunha	Fécula	Fécula+OE
0	105,39 b	105,51a	104,61 c
2	94,12 c	97,34 b	100,18 a
4	89,27 c	98,29 b	101,16 a
6	78,18 c	97,11 b	98,71 a
8	60,87 c	96,17 b	97,81 a
Médias	85,57 C	98,88 B	100,50 A

Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Os resultados mostram que todos os tratamentos, tiveram mudança crescente nos valores de croma e decrescente nos valores de hue em função do tempo de armazenamento, indicando a transição da coloração do verde para o amarelo. No oitavo dia a testemunha apresentou valores de c^* em torno de 40.43, a fécula em torno de 25.62 e a fécula + óleo essencial 26.10. Já os valores do h^* para os tratamentos T, F e F+OE foi de 60.87, 95.10 e 97.81 respectivamente. Esses resultados mostram que nos frutos tratados com F e F+OE houve uma diminuição no processo de amadurecimento. Ao retardar a síntese do etileno, retardou também a degradação da clorofila. O tratamento C apresentou frutos amarelos e mais claros, quando comparados com o dia inicial, apresentaram sintomas de deterioração decorrente da incidência de doenças. Já os tratamentos F e F+OE os frutos estavam com um brilho e a cor verde foi mantida, como mostrado na Figura 3.

A mudança na coloração da casca desta cultivar de goiabas é comum, a perda da coloração verde, observada principalmente no controle é devido a degradação da clorofila e síntese de pigmentos, principalmente carotenóides. Degradação esta que muitas vezes ocorre como consequência do processo respiratório do fruto, enquanto a síntese está relacionada, com o processo natural de amadurecimento das goiabas (TUKER, 1993)



Figura 3 Frutos da goiaba 'Pedro Sato' no oitavo dia de armazenamento. A- Controle; B – Revestidos com fécula; C – Revestidos com fécula+OE.

Azzolini et. al. (2005), em seu trabalho para determinar índices de maturação adequados para avaliar a influência dos estádios de maturação nas transformações físico-químicas após a colheita de goiabas 'Pedro Sato', relataram a diminuição do ângulo Hue na casca da goiaba em todos os estádios de maturação, durante o armazenamento, indicando a mudança de cor verde para amarela. Cerqueira (2011) verificou que em goiabas 'Kumagai' revestidas com biofilmes de quitosana na concentração de 6% apresentou valores de Hue próximo 114,64° no oitavo dia de armazenamento, isso demonstra que a aplicação de revestimentos com concentrações mais elevadas de quitosana pode ser eficiente na contenção da maturação, já que a coloração é um dos principais critérios para esta avaliação. Em contrapartida, é preciso avaliar se as concentrações de fécula de mandioca e óleo essencial de canela não provocarão reações indesejadas nos frutos, como respiração anaeróbica que resultam em odor alcoólico, indicando que a concentração utilizada não estava adequada.

Os frutos necessitam de O₂ para produzir energia suficiente para manter a integridade e a qualidade por meio do processo de respiração aeróbica, na qual carboidratos são convertidos a CO₂ e água a partir da redução do O₂. Quando o nível de O₂ diminui abaixo do mínimo necessário ou CO₂ acumula-se acima do máximo, o fruto irá gerar por meio da respiração anaeróbica o que dará origem a produtos finais (acetaldeído e etanol) que causam sabor e aroma indesejados e perda de qualidade (GORRIS; PEPPELENBOS, 1992)

5.3 Firmeza

De modo geral, os frutos apresentaram uma diminuição na firmeza da polpa ao longo dos oito dias de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 4), visto que a firmeza das goiabas do tratamento controle (C) no tempo

zero foi de 17.81 N e no oitavo dia 4.96 N. Já no tratamento Fécula (F) a firmeza ao longo do armazenamento ficou entre 20.77 N no primeiro dia e no oitavo dia 11,38 N, e o tratamento fécula+ óleo essencial de canela (F+OE) obteve valores de firmeza entre 20.30 N a 12.27N no primeiro e oitavo dia de avaliação, respectivamente, isso representa queda de firmeza de 72,15%; 54,80% e 60,44% no final do armazenamento, para os tratamentos C, F e F+OE respectivamente, mostrando mais uma vez que os frutos tratados com F e F+OE tiveram seu metabolismo reduzido e a degradação da parede celular retardado. Além da degradação da parede celular dos frutos ser responsável para a diminuição da firmeza, outros processo podem contribuir, dentre eles a perda do turgor celular. Isso está de acordo com a Figura 2, que mostra os frutos dos tratamentos F e F+OE, os frutos que tiveram menor perda de água durante o armazenamento.

As goiabas dos tratamento F e F+OE estavam mais verdes e com uma firmeza tanto de casca e de polpa mais firmes, já o tratamento C os frutos de goiaba estavam mais amarelos e moles.

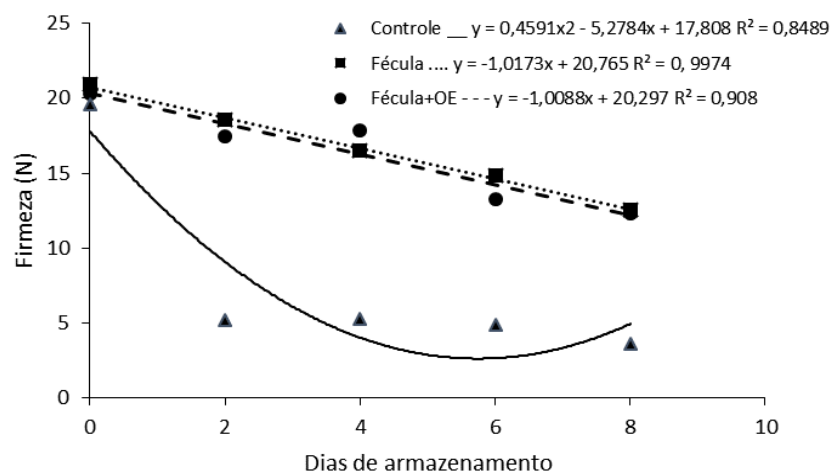


Figura 4 Firmeza dos frutos da goiaba 'Pedro Sato' no oitavo dia de armazenamento. A- Controle; B – Revestidos com fécula; C – Revestidos com fécula+OE.

Cerqueira et al. (2011) constataram que ao final dos oito dias de armazenamento, goiabas tratadas com quitosana 6% estavam mais firmes que os demais tratamentos, indicando que a perda normal da firmeza decorrente do amadurecimento foi alterada. Essa diferença entre os resultados pode ser atribuída à alta concentração de quitosana.

Grigio et al. (2011) ao trabalharem com atmosfera modificada em goiabas, estipularam um valor mínimo de 20N de firmeza para que os frutos estivessem em condições adequadas para o transporte e comercialização. Na Figura 4 observa-se que todos os frutos de goiaba de todos os tratamentos estavam nessas condições, entretanto, os frutos do tratamento C apresentaram uma queda brusca na firmeza à partir do dia zero, o que não aconteceu com os frutos dos outros tratamentos. Isso indica uma maior degradação de parede celular e maior perda de água durante o armazenamento.

Cavalini (2004) ao avaliar a produção de etileno em goiabas ‘Kumagai’ e ‘Paluma’ observou que em ambas as variedades a intensa perda de firmeza foi acompanhada do aumento gradual da produção de etileno. Maqbool, et. al. (2011), ao estudarem os efeitos do revestimento de goma arábica associada aos óleos essenciais de capim-limão e canela para o controle da antracnose em banana e mamão durante o armazenamento refrigerado, observou que a firmeza da combinação do revestimento goma arábica 10% com óleo essencial de canela 0,4% apresentou níveis de firmeza no final do 28º dia de armazenamento de 67.33N e 55.12N em comparação com o controle que apresentou firmeza de 39.21N e 32.18N, para a banana e mamão, respectivamente.

5.4 Pectina total - PT e solúvel – PS

Em todos os tratamentos foi possível observar que os teores de PT medidos em mg de ácido galacturônico por 100g de polpa sofreram pequena variação até o final do oitavo dia de avaliação (Figura 5). Nos frutos do tratamento C o teor de PT variou de 1,62% no primeiro dia de avaliação a 3,15% no oitavo dia. O tratamento F variou 1,56% a 2,45% do primeiro até o oitavo dia avaliado. Já o tratamento F+OE a variação ficou entre 1,63% a 2,65%. No oitavo dia de avaliação os tratamentos F e F+OE pode-se observar um queda nos teores de PT.

Os resultados encontrados neste trabalhos foram semelhantes aos encontrados por Mendonça et. al. (2007), que estudando as características de goiabas ‘Cortibel 1’ e ‘Cortibel 4’ armazenadas em condições ambientais, no que diz respeito ao teor de pectina total, notou que esse parâmetro aumentou e, aproximadamente, 1,2% para 2,3%, do 2° ao 16° dia após a colheita.

No presente trabalho o aumento linear da PT nos frutos do tratamento C, pode ter sido devida a rápida perda de massa ocorrida durante os oito dias de armazenamento, contribuindo para uma maior concentração da pectina total.

Linhares; Santos; Abreu (2007) analisando as transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas ‘Pedro Sato’ tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno, observaram que os teores de pectina total não mostraram diferenças entre os tratamentos. Apesar das pequenas variações encontradas nos teores de pectina total, pode-se dizer que as mesmas apresentaram um comportamento relativamente constante durante todo o período de armazenamento.

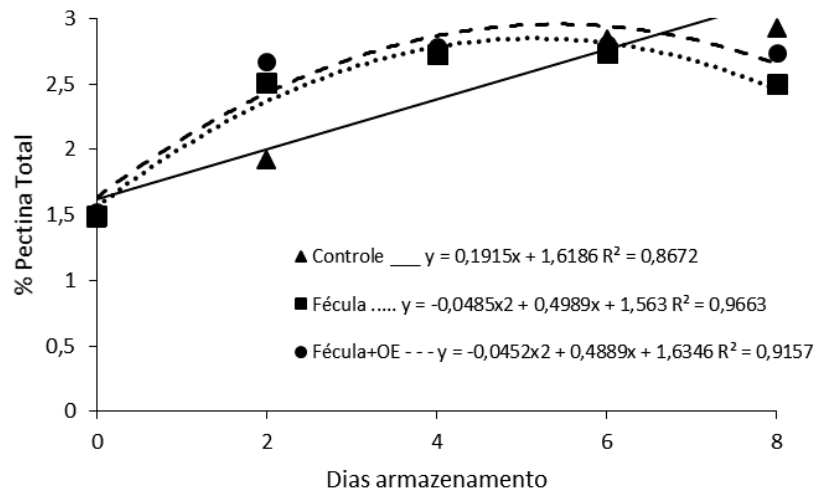


Figura 5 Curvas e equação de regressão para os teores de pectina total para os tratamentos controle, fécula e fécula+OE de goiabas 'Pedro Sato', armazenadas em temperatura ambiente por oito dias

Vila et. al. (2007) observaram que o uso de biofilme de fécula de mandioca não teve influência sobre os valores de pectina total. Houve aumento no teor de pectina total, no início do armazenamento, seguido de decréscimo. Este comportamento pode sugerir uma tendência de síntese e degradação das pectinas, com o amadurecimento. Isso era esperado e também foi observado neste trabalho.

O aumento nos teores de pectina solúvel (PS) indica amaciamento do fruto e acontece devido ao fato das substâncias pectinas serem degradadas a ácido galacturônico solúvel, causando degradação da parede celular (XISTO et. al., 2004).

Na Figura 6 observa-se o conteúdo de PS nos tratamentos ao longo dos dias de armazenamento. O conteúdo de PS aumentou linearmente em todos os tratamentos, C, F e F+OE, apresentando quantidades de 0,17 a 0,62 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$; 0,11 a 0,32 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e 0,12 a 0,33 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente.

O aumento de PS nos frutos do tratamento C durante o armazenamento foi de 72,58% de PS, nos frutos tratados com F e F+OE o aumento foi de 65,62% e 63,64%, respectivamente. A solubilização da pectina está relacionada com a degradação da parede celular e conseqüentemente com o amaciamento dos frutos, observa-se na Figura 4 (firmeza), que os frutos do tratamento C apresentaram queda mais acentuada na firmeza durante o armazenamento e também maior aumento no teor de PS.

Esses resultados indicam que os tratamentos F e F+OE modificaram a concentração de gases ao redor do fruto, reduzindo o metabolismo ocasionando atraso nos processos naturais do amadurecimento com conseqüente aumento no tempo de armazenamento. Se observamos os resultados de todos os parâmetros estudados, os frutos do tratamento C apresentaram resultados que interferiram na integridade do fruto, quando comparados aos outros dois tratamentos a partir do quarto dia de armazenamento. Com isso podemos inferir que os tratamentos F e F+OE estenderam em quatro dias a qualidade dos frutos, já que o presente trabalho o armazenamento foi de oito dias.

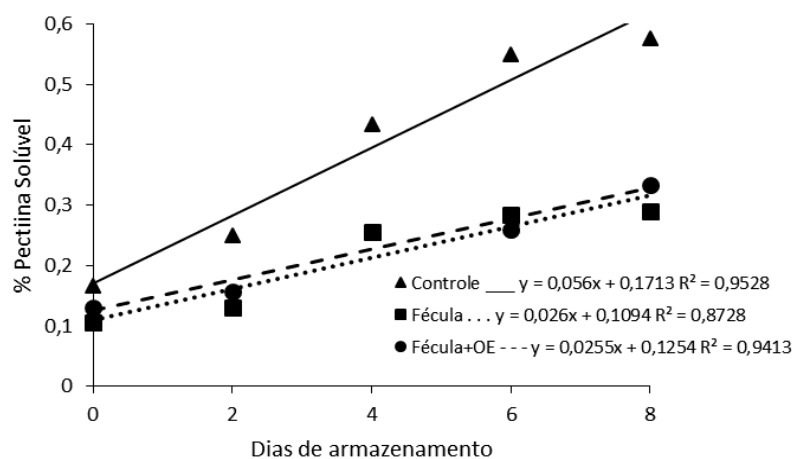


Figura 6 Curvas e equação de regressão para os teores de pectina solúvel para os tratamentos controle, fécula e fécula+OE de goiabas 'Pedro Sato', armazenadas em temperatura ambiente por oito dias.

Os resultados encontrados de PS estão de acordo com Reyes, Marin e Bolaños (1976) que determinaram o conteúdo pectínico de diversas partes da goiaba em diferentes estádios de maturação, observaram um conteúdo na polpa e na cavidade interna valores de PS em torno de 0,56 e 1,07 mg.100g⁻¹. Xisto et. al. (2004) encontraram teores de pectina solúvel entre de 0,09 a 0,39% de ácido galacturônico, estando de acordo ao observado por El-Buluk; Babiker; El-Tinay(1995) e Vila et. al. (2007), que também observaram aumento nos teores de PS e protopectina.

Linhares; Santos; Abreu (2007) analisando goiabas 'Pedro Sato' tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração, observaram que o teor de pectina solúvel aumentou com o amadurecimento salientando-se os frutos tratados com cloreto de cálcio e com 1-MCP, que apresentaram teores mais baixos e porcentagem de solubilização mais lenta, o que possivelmente contribuiu para que o amaciamento desses frutos fosse menos acentuado, demonstrando que estes tratamentos podem influir reduzindo e ou retardando a atividade das enzimas pécticas.

5.5 Pectinametilesterase

O comportamento da pectinametilesterase (PME) mostrou-se semelhante para todos os tratamentos estudados, ou seja, houve diminuição na atividade dessa enzima em todos os tratamentos, ao longo dos dias de armazenamento. As curvas de regressão estão apresentadas na Figura 7, onde é possível observar que o tratamento C, até o 4º dia de avaliação, apresentou maiores valores na atividade da enzima PME, quando comparado com os outros tratamentos, já no 8º dia esse tratamento apresentou menor atividade da enzima PME apresentado o valor de 216,54 U.g⁻¹.min⁻¹. Os tratamentos F e F+OE, tiveram comportamento

parecidos e no 8º dia de avaliação o tratamento F apresentou 288,72 U.g⁻¹.min⁻¹, sendo este maior que o tratamento C e F+OE. O tratamento F+OE no 8º dia tinha 252,63 U.g⁻¹.min⁻¹ da enzima PME, esse tratamento, apresentou menores valores na atividade da PME, com isso a solubilização das pectinas diminuiu, proporcionando menor amaciamento dos tecidos nesses frutos.

Pode-se observar que no dia da colheita os frutos de todos os tratamentos já apresentavam atividades alta da PME, entretanto para o tratamento C a queda na atividade dessa enzima foi mais acentuada, indicando queda maior no teor de pectina metilada (substrato da enzima), e conseqüentemente atuação mais rápida da enzima que promovem a quebra das pectinas na parede celular.

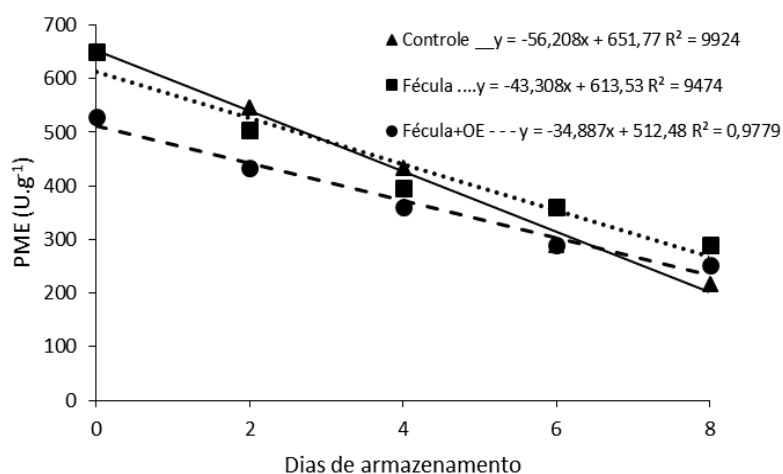


Figura 7 Curva e equação de regressão linear representativas da atividade da PME de goiabas cv. Pedro Sato submetidas a diferentes tratamento armazenadas sob condições ambientais por um período de oito dias.

A PME e PG são as duas principais enzimas que agem na solubilização das pectinas presentes na parede celular. Em goiaba a atividade dessas duas enzimas é bastante contraditória. Segundo alguns autores, na goiaba, não se

encontra atividade de PG ou é muito baixa. Mesmo com as contradições citadas na literatura com relação a essas enzimas, os frutos de goiabeira amadurecem, ocorrendo todos os processos de amaciamento do fruto, reforçando a indicação de que a solubilização das pectinas seja também efetuada além das enzimas PME e PG, por outras enzimas diferentes (WEI et. al., 2010; LINHARES; SANTOS; ABREU, 2007; ABREU; SANTOS; SOUZA, 2012).

Segundo Manrique e Lajolo (2004) citado por Grigio et. al. (2011), a PME aumenta a suscetibilidade das pectinas da parede celular, ela desesterifica o polímero de ácido galacturônico, enquanto que a PG catalisa as ligações entre os resíduos desse ácido no interior das cadeias pécticas. A PG depende da atividade da PME para despolimerização dos componentes pécticos da parede celular, tornando os frutos menos duros e mais suculentos. Em seu estudo do efeito da atmosfera modificada em goiabas da cultivar Paluma observaram em todos os tratamentos testados que até o 10º dia de armazenamento houve aumento na atividade da enzima PME seguido por um decréscimo até o 30º dia de armazenamento.

A diminuição na atividade da PME em goiaba 'Pedro Sato' durante o período de armazenamento a temperatura ambiente foi observada por Linhares; Santos; Abreu (2007), Lima (2005), El-Zoghbi (1994), estudando as transformações enzimáticas ocorridas na polpa desse fruto. Diferentemente, Xisto et. al. (2004) observaram que goiabas sem tratamento e as goiabas tratadas com cálcio apresentaram aumento na atividade da enzima PME. Carvalho et. al. (2001) também relataram que com o avanço da maturação, houve no geral, aumento na atividade da enzima PME em goiabas 'Kumagai', seguido por um declínio até o fim do experimento.

A menor atividade enzimática da PME promove a manutenção do grau de esterificação, dificultando a desmetilação do polímero péctico. Consequentemente, reduz a ação subsequente da PG, refletindo no controle da

degradação das substâncias pectinas, por conseguinte, da solubilização de pectinas e da contenção do amaciamento da polpa da goiaba (VILA, et. al., 2007).

5.6 Incidência da antracnose

Como mostrado na Figura 8, os tratamentos F e F+OE quando comparados com o tratamento C tiveram resultados satisfatórios quanto à conservação da qualidade e controle do desenvolvimento da antracnose. Os frutos do tratamento C apresentaram amadurecimento mais rápido com menor firmeza e maior degradação de pectina à partir do 4º dia de armazenamento. Esse amaciamento do fruto o tornou mais susceptível ao ataque do fungo causador da antracnose (*Coletrotrichum gloesporioeides*). Como esses frutos não tiveram a proteção da película de fécula de mandioca e óleo essencial de canela, isso facilitou o ataque desse fungo.

O tratamento controle a partir do 6º dia começava a se antracnose começou a manifestar, apresentando lesões típicas dessa doença e no 8º dia, seis dos nove frutos retirados para realizar as análises apresentavam a doença. Assim, neste lote avaliado, 67% dos frutos apresentava antracnose. Os frutos do tratamento de F em certas áreas foi possível observar o rompimento da película, tornando essa área propícia para o desenvolvimento da doença, entretanto, a película foi eficiente em retardar o aparecimento da doença até oito dias.

No tratamentos F+OE a cor verde e brilhante dos frutos se manteve contínua durante todo tempo em que foram realizadas as avaliações, nesses frutos não foram detectados o aparecimento de lesões típicas da antracnose. Isso mostrou que o óleo essencial de canela pode ser utilizado como um aditivo importante na conservação dos frutos em relação a antracnose, também auxiliou numa melhor aplicação da fécula bem como a aparência brilhante dos frutos e

sem causar nenhum dano aparente. A presença dos compostos voláteis presentes neste óleo, fez com que a ação fungitóxica e fungistática fosse eficaz na inibição do desenvolvimento de *C. gloeosporioides*.



Figura 8 Armazenamento e desenvolvimento de antracnose nos frutos de goiabeira nos três tratamentos C, F e F+OE durante oito dias.

Segundo a COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO – CEAGESP (2000), a antracnose é uma doença grave, e de acordo com as normas de classificação, inevitavelmente ocasionando a desclassificação do lote, quando este apresentar acima de 10% desta doença. Garcia et. al (2008) e Molina et. al. (2010), notaram que o óleo essencial e os constituintes majoritários de diversas plantas controlaram em mais de 50% a infecção causada pelo fungo *C. gloeosporioides* durante a pós colheita de mamão, indicando que os compostos obtidos a partir de plantas têm grande potencial no controle da antracnose na pós-colheita de frutos.

Aquino et. al., (2010) cita em seu trabalho que alguns autores as realizar trabalhos com diferentes frutíferas no controle de doenças de pós-colheita apresentam resultados promissores com o uso de óleos essenciais, como os realizados com banana, manga, goiaba, mamão e abacate.

Os óleos essenciais são relatados como tendo algumas propriedades fungicidas contra certas doenças pós-colheita de frutas e vegetais tropicais e são também mais seguros para o meio ambiente do que os sintéticos. O óleo essencial de canela tem como componente majoritário cinamaldeído, que é geralmente considerado como um composto seguro, uma vez que a sua toxicidade para o mamífero é muito baixa Foi relatado em trabalhos anteriores como de Ranainghe et. al. (2005) a eficácia deste óleo no controle da doença de podridão de coroa em bananas (RANAINGHE, et. al., 2005; MAQBOOL; ALI; ALDERSON, 2010)

Maqbool; Ali; Alderson (2010) estudando o efeito do óleo de canela sobre incidência da antracnose em bananas durante o armazenamento, encontrou resultados que demonstram o potencial do óleo de essencial de canela nas concentrações de 0,1; 0,2; 0,3 e 0,4% v/v para controlar a antracnose causada pelo fungo *Colletotrichum musae*, mesmo gênero da *Colletotrichum*

gloeosporioedes. Das concentrações estudadas, observou que o tratamento com a concentração de 0,4% v/v obteve melhor resultado no controle da doença tanto *in vitro*, bem como *in vivo*.

Ranainghe et. al. (2005) estudando a combinação de óleos essenciais e atmosfera modificada para controlar a deterioração pós-colheita de banana observaram que os tratamentos com óleo da casca e folha de canela à temperatura ambiente melhorou o sabor e aceitação global da dos frutos da bananeira. Assim, os tratamentos podem ter um efeito sobre as alterações bioquímicas associadas com o amadurecimento, mas o mecanismo de ação e efeito sobre estas mudanças ainda não foi determinada. Além disso, os compostos voláteis a partir de as plantas podem inibir o crescimento de fungos patogênicos antes de evaporar, sem deixar qualquer resíduo. Portanto, estes óleos podem potencialmente ser usado como uma alternativa à síntese fungicidas na indústria hortícola. Seria também ser eficaz em termos de custos, uma vez que estes óleos são usados em quantidades mais baixas e estão facilmente disponíveis.

Maqbool et. al. (2011) no estudo da aplicação pós-colheita de goma arábica e óleos essenciais para o controle da antracnose em banana e mamão durante o armazenamento refrigerado observaram que no estudo *in vivo* o efeito sinérgico da goma arábica 10% e óleo essencial de canela 0,4% foi a melhor opção para a inibição do crescimento microbiano, obtendo uma queda de 80% para a desenvolvimento da fungo *C. musae* em bananas e 71% para o desenvolvimento do fungo *C. gloeosporioedes* em mamão. Dessa forma, essa combinação pode ser uma alternativa para a substituição dos fungicidas sintético

5.7 Microscopia eletrônica de varredura da parede celular dos frutos

As eletromicrografias de varredura (Figura 9) do mesocarpo de goiabas 'Pedro Sato', durante o amadurecimento no período de oito dias de armazenamento, mostraram que nos frutos do tratamento controle houve a mudanças na parede celular do mesocarpo. Essa figura mostra quando ocorreu as mudanças mais significativas.

No dia zero (dia em que os frutos foram colhidos), as células apresentavam um formato semelhante a uma colméia, com a parede celular preservada (Figura 9A). Na Figura 9B e 9C são apresentados as células dos frutos no tratamento F e F+OE, e no 2º dia de avaliação a aparência celular está próxima ao do controle no dia da colheita. No decorrer do avanço do amadurecimento foi possível no tratamento controle (Figura 9D e 9G) a deformação gradativa da estrutura inicial e a formação de uma massa desuniforme de células. Já nos tratamentos F e F+OE, observa-se que com o decorrer do tempo (figura 9E, 9F, 9H, 9I) o formato inicial da células foi conservado, indicando a manutenção da parede celular nos frutos dos tratamentos F e F+OE.

A firmeza dos frutos está diretamente relacionado com a degradação da parede celular causada por enzimas com a solubilização de pectinas ali presentes. O amaciamento dos tecidos está relacionado com as mudanças na estrutura e no metabolismo dos frutos. Como apresentado na Figura 4, a firmeza nos frutos do tratamento C foi menor quando comparados com os outros tratamentos e essa perda de firmeza pode ser confirmada através da análise microscópica (MEV), como apresentado na Figura 9A, 9D e 9G, onde representa a desintegração da parede celular desses frutos os longo do oito dias de armazenamento. A firmeza no oitavo dia de armazenamento do tratamento C foi de 4.96N e dos tratamentos F e F+OE de 11.38N e 12.27N, respectivamente de

acordo com a Figura 4, e quando todos os três tratamentos são comparados com na Figura 9 observa-se intensa deformação da parede celular nos frutos do tratamento C e nos tratamentos F e F+OE houve uma maior manutenção da parede celular, indicando que esses tratamentos tiveram seu metabolismo reduzido e um retardamento na degradação da parede celular.

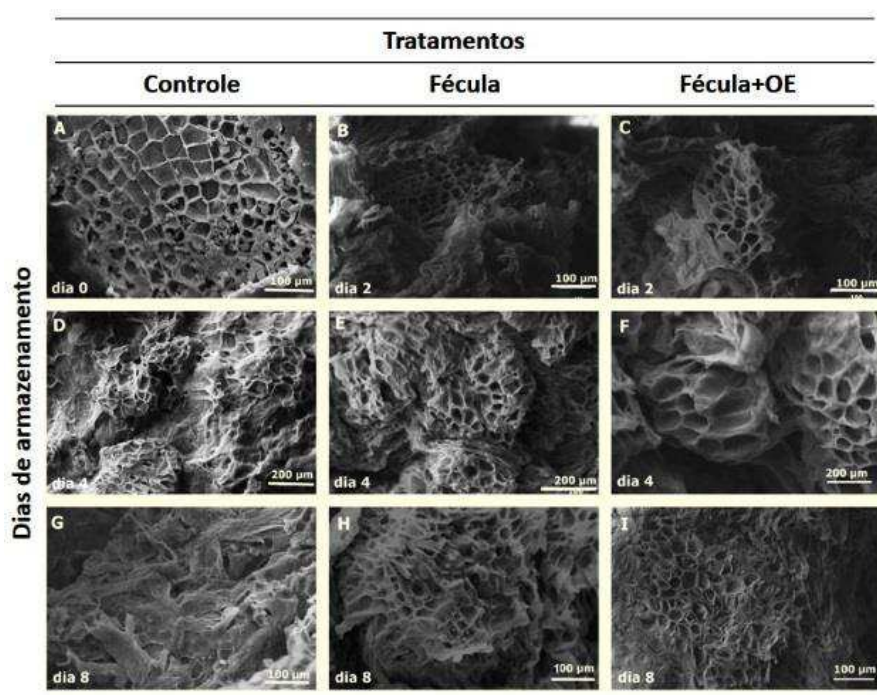


Figura 9 Eletromicrografias de varredura de goiabas ‘Pedro Sato’ evidenciando as células ao longo do amadurecimento, nos diferentes tratamentos.

Abreu; Santos; Souza (2012) no estudo histoquímico de goiabas ‘Pedro Sato’ durante o amadurecimento observou através da microscopia eletrônica de varredura o processo de desorganização celular com o passar dos dias de armazenamento, e essa desorganização celular ocasionou a perda de firmeza dos frutos.

Cavalini et. al (2004) no estudo do índice de maturação de goiabas 'Kumagai' e 'Paluma' armazenadas a 25 °C e 80-90% UR até o completo amadurecimento dos frutos, observou que a firmeza variou entre os dias de armazenamento de 56,38N a 36,28N para a variedade 'Kumagai' e 22,44N a 14,48N para a variedade 'Paluma'.

Para o armazenamento, exportação e transporte para mercados mais distantes, a firmeza dos frutos é um dos atributos chave, pois confere aos frutos uma maior resistência, resultando em maior conservação pós-colheita das frutas, aumento no tempo de armazenamento redução nas perdas pós-colheita.

6 CONCLUSÕES

- O uso da fécula de mandioca mostrou-se eficiente em estender a qualidade da goiaba armazenada em temperatura ambiente por oito dias;
- O uso da fécula de mandioca associada ao óleo essencial de canela, além de manter a qualidade dos frutos foi eficiente no controle da antracnose;
- Os frutos revestidos com a combinação da fécula de mandioca e óleo essencial de canela apresentaram-se com melhor aparência e mais brilhantes, o uso combinado desses dois fatores pode ser uma estratégia, reduzindo ou substituindo o uso excessivo de agrotóxicos.
- A partir das imagens obtidas do mesocarpo da goiaba, foi possível observar a perda da desorganização da parede celular, conseqüentemente a perda da firmeza dos frutos controle ao longo dos dias de armazenamento. E nos frutos revestidos com a fécula (F) e nos frutos revestidos com a fécula associada ao óleo essencial de canela (F+OE) foi possível observar que esses tratamentos foram eficazes manter a integridade da parede celular dos frutos, prolongando assim o tempo de estocagem deste fruto.

7 REFERÊNCIAS

ABREU, J. R.; SANTOS, C. D.; SOUZA, R.V. Sugar fractionation and pectin content during the ripening of guava cv. Pedro Sato, **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.32, n.1, p.156-162, mar. 2012.

ALVES, E. **Curso introdutório de microscopia eletrônica de varredura**. Lavras: UFLA, 2005. p. 43. Apostila.

ANDREWS, P. K.; LI, S. Partial purification and characterization of β -D-galactosidase from sweet cherry, a nonclimateric fruit. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Washington, 42, n.10, p.2177-2182, Oct. 1994.

AQUINO, C.F. et al. Ação e caracterização química de óleos essenciais no manejo da antracnose do maracujá, **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p.1059-1067, dez. 2012

AZZOLINI, M. Ripening of “Pedro Sato” guava: study on its climacteric or non-climacteric nature, **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v.17, n.3, p. 299-306, Sept. 2005.

BITTER, T.; MUIR, H. M.; A modified uronic acid carbazole reaction; **Analytical Biochemistry**. New York, v.4, p.330-334, Oct. 1962.

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

CAVALINI, F. C. **Índices de maturação, ponto de colheita e padrão respiratório de goiabas ‘KUMAGAI’ e ‘PALUMA’**. 2004. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO – CEAGESP. Centro de Qualidade em Horticultura. Classificação da goiaba (*Psidium guajava* L.). São Paulo, 2000. Fôlder. (Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros).

CERQUEIRA, T. S. et al. Recobrimento de goiabas com filmes protéicos e de quitosana. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 216-221, 2011.

CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; BENATO, E.A. Indução de resistência no manejo de doenças pós-colheita. In: RODRIGUES, F.A.; ROMEIRO, R.S. (Org.). Indução de resistência em plantas a patógenos. REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS A PATÓGENOS, 3., 2007, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2007. v. 1, p. 245-268.

REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS A PATÓGENOS, 3., 2007, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 245-268.

CHITARRA, M. I. F., CHITARRA A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

EL-BULUK, R. E.; BABIKER, E. F. E.; EL-TINAY, A. H. Biochemical and physical changes in fruits of four guava cultivars during growth and development. **Food Chemistry**, London, v. 54, n. 3, p. 279-282, 1995.

EL-ZOGHBI, M. Biochemical changes in some tropical fruits during ripening. **Food Chemistry**, London, v.49, n.1, p.33-37, 1994.

GARCIA, R. et al. Antimicrobial activity and potential use of monoterpenes as tropical fruits preservatives. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v.39, n. 1, p.163-268, Jan./Mar. 2008.

GORRIS, L.G.M.; PEPPELENBOS, H.W. Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. **Hort. Technology**, Alexandria, v.2, n.3, p.303-309, 1992.

GRIGIO, M.L. et al. Efeito da modificação atmosférica em goiabas var. Paluma na redução de danos mecânicos em pós-colheita. **Revista Agro@ambiente Online**, Boa Vista, v.5, n.1, p.57-65, 2011.

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

LIMA FILHO, R. M.; OLIVEIRA, S. M. A.; MENEZES, M. Caracterização enzimática e patogenicidade cruzada de *colletotrichum ssp.* Associadas a doenças de pós-colheita. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, n.6, p. 620-625, 2003.

LIMA, E. A. **Produtividade e qualidade de frutos da goiabeira “Paluma” em função da adubação mineral**, 2005. 58f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

LINHARES, L. A.; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P. Chemical, physical and enzymatic transformations of guavas PEDRO SATO treated at postharvest with calcium chlorite and 1-methylcyclopropene and stored under refrigeration. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.3, p. 829-841, jul./set. 2007.

MAQBOOL, M.; ALI, A.; ALDERSON, P. G. Effect of cinnamon oil on incidence of anthracnose disease and postharvest quality of bananas during storage. **International Journal Agriculture Biology**, Faisalabad, v.12, n.4, p. 516–520, July 2010.

MAQBOOL, M. et al. Postharvest application of gum arabic and essential oils for controlling anthracnose and quality of banana and papaya during cold

storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 62, n.1, p.71–76, Oct. 2011.

McCREADY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectin materials in fruit. **Analytical Chemistry**, Washington, v.24, n.12, Dec. p.1586-1588, 1952.

MENDONÇA, R. D. et. al. Physical and chemical characteristics of 'Cortibel 1' and 'Cortibel 4' guavas stored in environmental conditions. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, 2007.

MOLINA, E. B. et. al. Inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* in stored papaya fruit and their possible application in coating. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.57, p.132-137, 2010.

RAMIREZ, M. G. L. **Desenvolvimento de biocompósitos de amido como termoplástico reforçados por fibra de coco**. 2011. 148. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

REYES, F. G.; MARTIN, M. S.; BOLANÕS, M. A. Determinação de pectina na goiaba (*Psidium guajava L.*), **Revista Brasileira de Tecnologia**, Brasília, v.7, n.3, p.313-315, 1976.

VILA, M. T. R. Chemical and biochemical characterization of guavas stored under refrigeration and modified atmosphere. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1435-1442, Sept/Oct. 2007.

WEI, J. et al. Changes and postharvest regulation of activity and gene expression of enzymes related to cell degradation in ripening apple fruit; **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 56, n.2, p.147-154, May 2010.

XISTO, A.L.R.P. et al. Textura de goiabas “Pedro Sato” submetidas à aplicação de cloreto de cálcio; **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.1, p. 113-118, 2004.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. Manual do Sanest: sistema de análise estatística para microcomputadores. Pelotas: UFPel, 1991. 102 p.

CAPITULO 3

MUDANÇAS NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DURANTE O ARMAZENAMENTO DA GOIABA 'Pedro Sato' SUBMETIDA À ATMOSFERA MODIFICADA

1 RESUMO

Revestimentos biodegradáveis têm grande potencial na conservação pós-colheita de frutas e a associação com o óleo essencial de canela é uma alternativa que vem sendo estudada a fim de reduzir a aplicação drástica de um único fator de conservação, mantendo assim as características físico-químicas do fruto. O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química da goiaba durante os dias de armazenamento em atmosfera modificada. Para as análises de pH, sólidos solúveis e acidez titulável, foi realizada a extração: 5g de polpa de goiaba (obtida da mistura de 3 repetições de 3 frutos cada) foi homogeneizada em um homogeneizador com 50 mL de água destilada, em seguida foi realizado a filtração, e o filtrado foi utilizado para a realização das análises. Foram analisados também açúcares e vitamina C. O pH e o teor de sólidos solúveis (SS) aumentou em todos os tratamentos, porém apresentando maiores valores no tratamento C, com valores no 8º dia de armazenamento para pH de 4,21 e para SS de 10º Brix. Já para os tratamento F e F+OE foram encontrados no oitavo dia de armazenamento o mesmo valor de SS, 8º Brix. A acidez foi similar em todos os tratamentos, diminuindo com o passar dos dias, e no último dia de avaliação observou valores de 0,44, 0,46 e 0,54 para os tratamentos C, F e F+OE, respectivamente. Os tratamentos F e F+OE apresentou valores de açúcares totais menores que o controle no último dia de análise, 11,64 g.100⁻¹ e 10,78 g.100⁻¹ já o tratamento C apresentaram valor de 14,62 g.100⁻¹. Para os açúcares redutores nos três tratamentos C, F e F+OE no último dia de avaliação foram obtidos valores de 11,33 g.100⁻¹; 7,76 g.100⁻¹ e 10,06 g.100⁻¹ e para os açúcares não redutores os valores foram de 3,97; 3,73 e 2,80 no final do experimento. O teor de ácido ascórbico, nos tratamentos C, F e F+OE no oitavo dia de avaliação foi de 184,20 g.100⁻¹, 80,77 g.100⁻¹ e 88,82 g.100⁻¹. Desta forma, os tratamento F e o F+OE apresentaram uma boa alternativa para a conservação pós-colheita da goiaba, mantendo as características da fruta, sem alterações indesejáveis.

Palavras-chaves: Filmes biopoliméricos. Óleo essencial de canela. Ácido ascórbico.

CHAPTER 3

CHANGES IN CHEMICAL COMPOSITION DURING STORAGE OF 'Pedro Sato' GUAVA SUBMITTED TO MODIFIED ATMOSPHERE

2 ABSTRACT

Biodegradable coatings have a great potential in the post-harvest conservation of fruits, and the association with cinnamon essential oil is an alternative that has been studied in order to reduce the drastic application of a single conservation factor, thus maintaining the physicochemical characteristics of the fruit. The objective of this study was to evaluate the chemical composition of guava during the days of storage in modified atmosphere. For the analyses of pH, soluble solids and titratable acidity, the following extraction was performed: 5g guava pulp (obtained by mixing 3 replicates of 3 fruits each) were homogenized in a homogenizer with 50 mL distilled water; subsequently, a filtration was carried out, and the filtrate was used for the analyses. Sugars and vitamin C were also analyzed. The content of soluble solids (SS) and pH increased in all treatments, but with higher values in treatment C, with 4.21 for pH and 10° Brix for SS on the 8th day of storage. On the other hand, for the treatments F and F+OE, the same value of SS, 8° Brix, was found on the 8th day of storage. Acidity was similar for all treatments, decreasing throughout the days and, at the last day of evaluation, values of 0.44, 0.46 and 0.54 were observed for the treatments C, F and F+OE, respectively. The treatments F and F+OE showed lower values of total sugars than the control on the last day of analysis, 11.64 g.100⁻¹ and 10.78 g.100⁻¹; on the other hand, treatment C showed a value of 14.62 g.100⁻¹. For reducing sugars, the values 11.33 g.100⁻¹, 7.76 g.100⁻¹ and 10.06 g.100⁻¹ were obtained for the treatments C, F and F+OE on the last day of evaluation and, for non-reducing sugars, the values were 3.97, 3.73 and 2.80 at the end of the experiment. The contents of ascorbic acid in treatments C, F and F+OE were 184.20 g.100⁻¹, 80.77 g.100⁻¹ and 88.82 g.100⁻¹, on the 8th day of evaluation. Therefore, the treatments F and F+OE showed to be a good alternative for the post-harvest conservation of guava, keeping the characteristics of the fruit, with no undesirable changes.

Keywords: Biopolymeric films. Cinnamon essential oil. Ascorbic acid.

3 INTRODUÇÃO

A cultura da goiabeira no Brasil tem grande importância socioeconômicas dadas as suas amplas e variadas formas de utilização. É um fruto com alto valor nutritivo, e sua excelente aceitação de consumo *in natura*, a sua capacidade de desenvolvimento em condições adversas e as diferenças formas de utilização, são os principais fatores que incentivam os estudos da pós-colheita da goiaba. É considerada uma fruta bastante atraente em razão de sua cor delicada e aroma agradável, além de ser uma das mais completas e balanceadas frutas em termos nutricionais (ABREU, et. al., 2012).

A qualidade das frutas, de modo geral, está relacionada com a variação na composição química e nutricional e nas propriedades sensoriais de sabor, aroma e textura. A goiaba é uma fruta que tem vida pós-colheita curta, e é muito suscetível ao ataque de fungos e microrganismos que ocasionam a rápida deterioração da fruta. O desenvolvimento de técnicas de manuseio a fim de regular o amadurecimento e reduzir as perdas pós-colheita, distúrbios e doenças é crucial para aumentar a sua comercialização (SINGH; PAL, 2008).

Variações nos teores de acidez titulável e pH durante o período de maturação contribuem para o desenvolvimento do sabor da goiaba. De modo geral, os valores de pH tendem a aumentar com o amadurecimento do fruto, o qual é influenciado por uma queda na acidez titulável. O teor de sólidos solúveis (SS) é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, uma vez que aumenta de valor à medida que esses teores vão se acumulando na fruta. O SS é expresso em grau Brix (°B) ou quantidade, em gramas, de SS existentes em 100 mL de suco. Os teores de açúcares aumentam com o amadurecimento das frutas por meio de processos biossintéticos ou pela degradação de polissacarídeos, quando há a conversão de amido em açúcares solúveis. Outro fator que contribui para o aumento no teor SS ao longo do amadurecimento é a perda de massa

fresca, o que faz com que os sólidos fiquem mais concentrados no suco (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As goiabas possuem quantidade significativa de vitamina C e as concentrações aumentam durante a etapa de maturação em seguida, diminuem gradativamente. O aumento inicial é relacionado à maior síntese de intermediários metabólicos precursores deste composto, e sua posterior redução se dá à oxidação dos ácidos orgânicos durante o amadurecimento (AZZOLINI, et. al., 2005).

Estudos têm demonstrado a eficiência de embalagens ativas, como as embalagens de atmosfera modificada na conservação de frutas, proporcionando uma barreira inerte às condições externas, estendendo o prazo de validade e melhorando a segurança alimentar (DOBRUCKA; CIERPISZEWSKI, 2014).

Alternativas para o controle de doenças em pós-colheita, o aumento da vida útil e a manutenção das características físico-químicas dos frutos de goiabeiras, vem sendo cada vez mais estudados e a combinação de óleos essenciais e fécula de mandioca sob a forma de película apresenta-se como uma estratégia promissora. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a composição química durante o armazenamento da goiaba 'Pedro Sato' submetidas a atmosfera modificada em temperatura ambiente.

4 MATERIAL E METODOS

A obtenção dos frutos e preparação dos géis de recobrimento foram realizados seguindo os mesmos procedimentos descritos no capítulo 2. Para as análises de pH, sólidos solúveis e acidez titulável, foi realizada a seguinte extração: 5g de polpa de goiaba (obtida da mistura de 3 repetições de 3 frutos cada) foram homogeneizadas em um homogeneizador mecânico tipo politron com 50 mL de água destilada, em seguida foi realizada a filtração a qual foi utilizada.

4.1 pH: Foi determinado usando um pHmetro digital QUIMIS, modelo Q400AS. As medições foram realizadas em duplicata nas amostras previamente preparadas.

4.2 Acidez total titulável (ATT): Foi obtida através da titulação do filtrado com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0.1N, utilizando como indicador a fenolfetaleína, o cálculo utilizado é apresentado abaixo, e o resultado foi expresso em % de ácido cítrico, segundo as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL) 2004.

$$\text{Acidez} = (M \times Fc \times N \times 100 / 1000) * V$$

Onde:

V = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação

Fc = fator de correção da solução de hidróxido de sódio

N = número de hidrogênios ionizáveis do ácido cítrico

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio

4.3 Sólidos Solúveis (SS): Foram retirados 2 gotas da solução filtrada e adicionadas em um refratômetro digital (modelo REF 121, Hong Kong). Os resultados foram expressos em porcentagem (%), segundo a AOAC (2002).

4.4 Relação SS/ATT: A relação entre SS/ATT, também conhecida como ratio, foi obtida dividindo-se os valores determinados para sólidos solúveis pela acidez titulável.

4.5 Açúcares totais, redutores e não redutores: Os açúcares foram extraídos segundo o método descritos por Lane-Enyon, citado pela (AOAC, 2002) e doseamento foi realizado segundo a técnica de Somogyi, adaptada por Nelson (1944); Os resultados foram expressos em g de glicose por 100 g de polpa.

4.6 Ácido ascórbico: O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método colorimétrico, utilizando 2,4-dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 pH e acidez titulável

Na Figura 1 encontra-se o comportamento das goiabas dos três tratamentos em função dos dias de armazenamento. Os valores de pH para o tratamento C ficaram entre 3,80 a 4,21, já os valores para F foram de 3,82 a 3,97 e para o tratamento F+OE apresentou valores entre 3,82 a 4,09. Em todos os tratamentos houve aumento de pH durante o armazenamento, o que era esperado, pois os valores de pH tendem a aumentar durante o amadurecimento.

Os frutos do tratamento C apresentaram maior aumento à partir do 2º dia, quando comparados aos outros tratamentos. Isso indica que o amadurecimento foi mais rápido nesses frutos que não foram aplicados nenhum recobrimento. Os frutos recobertos tiveram o amadurecimento retardado, indicando que a fécula de mandioca foi eficiente em diminuir as reações envolvidas nesse processo.

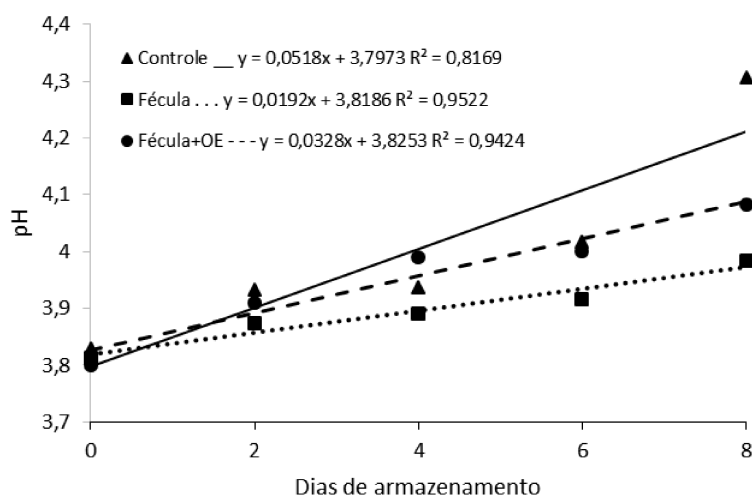


Figura 1 Curvas e equações de regressão representativa de pH presentes em goiabas 'Pedro Sato' em diferentes tratamentos ao longo de oito dias de armazenamento.

Fakhouri e Grosso (2003), ao avaliar goiabas 'Kumagai', tratadas com filmes comestíveis estocadas sob refrigeração a 12°C, encontraram nos dias de avaliação nos frutos controle o menor e maior valores de pH iguais a 3,84 e 4,17, respectivamente. Ao analisar os valores encontrados neste trabalho, observa-se variações semelhantes.

A acidez titulável (ATT) dos frutos submetidos a diferentes tratamentos não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 1). Contudo houve uma tendência da ATT apresentar queda mais rápida nos frutos controle, o que está de acordo com o comportamento do pH (Figura 1), que apresentou maior crescimento nos frutos do tratamento C.

A acidez titulável é considerada um atributo de qualidade e aceitabilidade dos frutos durante a pós-colheita. Ela representa a quantidade de ácidos orgânicos presentes no meio celular e é responsável pelo sabor ácido dos frutos. De acordo com os dados contidos na Tabela 1 a acidez titulável das frutas diminuiu em todos os tratamentos, ao longo dos dias de armazenamento os valores da acidez foi para o C 0.44%, para F 0.46% e para F+OE 0.54%. É possível observar que os frutos tratados com F+OE apresentaram maiores valores de acidez quando comparados com os tratamentos C e F, isso indica um amadurecimento mais lento.

Após a colheita e durante o armazenamento, a concentração dos ácidos orgânicos usualmente declina em decorrência da utilização destes compostos como substrato na respiração e acúmulo de sólidos solúveis, entretanto, essa alteração varia com o fruto. Assim, todos os tratamentos estão dentro da faixa sugerida por diversos autores.

Tabela 1 Médias da variável acidez total titulável (ATT) da goiaba ‘Pedro Sato’ nos tratamentos testemunha, fécula e fécula com essencial de canela ao longo dos dias de armazenamento

Armazenamento	ATT		
	Tratamentos		
	Testemunha	Fécula	Fécula+OE
0	0.67	0.73	0.77
2	0.62	0.69	0.73
4	0.56	0.62	0.63
6	0.50	0.54	0.62
8	0.44	0.46	0.54
Médias	0.56 C	0.61 B	0.66 A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste tukey.

Pinto; Jacomino; Cavalini (2009), comparando o percentual de ácido cítrico entre goiabas ‘Kumagai’ e ‘Pedro Sato’ em diferentes estádios de maturação, acondicionadas em bandejas envoltas com filme de PVC e armazenadas a $5C \pm 1^{\circ}C$ e $80\% \pm 5$ UR, descreveram que para a goiaba ‘Pedro Sato’ houve manutenção nos valores de acidez, encontrando valores 0,58% a 0,41 % de ácido cítrico no 9º dia de armazenamento. Morgado et al. (2010), comparando a influência do estádio de maturação e a temperatura de armazenamento de goiabas ‘Kumagai’ armazenadas sob refrigeração e em condições ambientes, relataram que a acidez titulável diminui com a temperatura ambiente e amadurecimento e observaram em sua revisão que a ATT de goiabas varia de 0,24 a 1,79 mg de ácido cítrico. 100g polpa⁻¹. Campos et al. (2011) avaliando a influência da irradiação com cobalto sobre goiabas ‘Pedro Sato’ armazenadas por 12 dias em temperatura de $10^{\circ}C$, também observaram diminuição da ATT.

Evangelista e Vieites (2006) ao avaliarem a qualidade de polpa de goiaba congelada, comercializada na cidade de São Paulo verificaram valores entre 0,28 a 0,86 g ácido cítrico 100g⁻¹ para polpa congelada de goiaba.

5.2 Sólidos solúveis

Os teores de sólidos solúveis variaram significativamente em função do tempo de armazenamento (Figura 2). No tratamento controle houve um aumento linear no teor de sólidos solúveis, atingindo no 8º dia 10 °Brix. Esse aumento é justificado pela degradação da parede celular e da perda de massa fresca, que neste tratamento foi mais expressiva. A partir do 2º dia, os frutos do tratamento C apresentaram maior teor de SS quando comparados com os outros tratamentos, indicando que nesses frutos o amadurecimento foi mais rápido. Nos tratamentos F e F+OE foi possível observar uma variação nos teores de sólidos solúveis ao longo dos dias de avaliação, indicando um amadurecimento mais lento, devido a película biodegradável.

A goiaba é um fruto com baixos teores de amido e, por conseguinte, espera-se que não haja grandes alterações no teor de SS ao longo do amadurecimento do fruto. Por este fato, o teor de SS não é um índice de amadurecimento adequado para goiabas (MERCADO-SILVA et al., 1998 citado por AZZOLINI; JACOMINO; BRON, 2004).

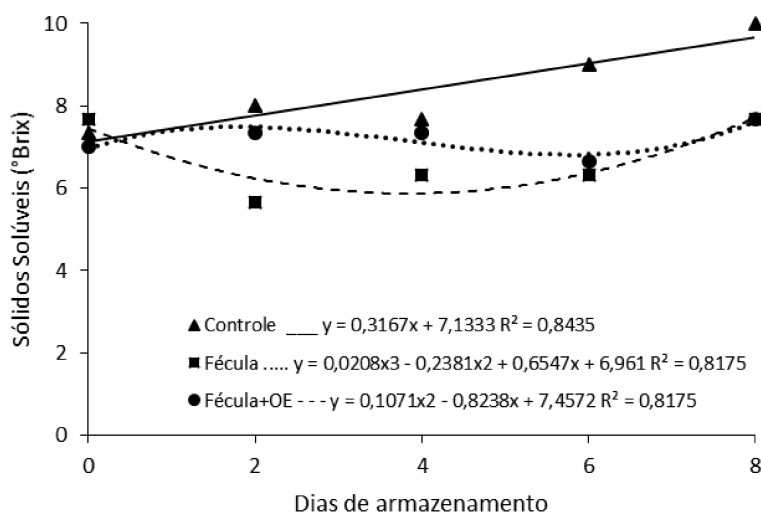


Figura 2 Curvas e equações de regressão representativa dos teores de sólidos solúveis presentes em goiabas 'Pedro Sato' em diferentes tratamentos ao longo de oito dias de armazenamento.

Cerqueira et al. (2011), encontraram que o teor de SS em goiabas não foi influenciado por diferentes recobrimentos (quitosana, concentrado proteico de soro de leite e glúten), na avaliação realizada ao fim do armazenamento aos oito dias. Pinto; Jacomino; Cavalini (2009), ao estudarem os estádios de maturação de goiabas 'Kumagai' e 'Pedro Sato' para o processamento mínimo observaram que os teores de sólidos solúveis dos frutos colhidos verde-amarelado nas duas variedades foram maiores durante todo armazenamento, apresentando valores no 9º dia de 6,91 °Brix e de 8,71 °Brix respectivamente. Basseto; Jacomino; Pinheiro (2005) no estudo da conservação de goiabas 'Pedro Sato' em tratamento com 1-metilciclopropeno armazenados a 25°C e a 10°C com 90±5% UR, observaram que nos frutos tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP), o teor de SS foi menor quando comparado com o controle, sugerindo que o 1-MCP retardou o amadurecimento dos frutos.

Zambrano-Zaragoza et. al. (2013) realizaram um trabalho utilizando nanopartículas de lipídeos sólidos (SLNs) associado ou não ao revestimento comestível goma de xantana em diferentes concentrações para aumentar o tempo de armazenamento de goiaba. Os resultados obtidos quanto o teor de SS das goiabas armazenadas por 29 dias, mostraram que no 19º dia os frutos controle obtiveram maior teor de SS 13,3 °Brix, os frutos tratados com a goma de xantana-SLNs nas concentrações de 60 e 65 g/L, se comportaram próximos ao controle com valores no 19º de 12,5 °Brix e de 12,9 °Brix, já nas concentrações de 75 e 80 g.L⁻¹ goma de xantana-SLNs retardaram significativamente o teor de SS dos frutos atingindo no 29º de 8,5 °Brix e de 6,5 °Brix, respectivamente. O que está de acordo com os resultados desse experimento.

5.3 Relação SS/ATT

A Figura 3 mostra o comportamento da relação SS/ATT para os frutos de goiaba dos três tratamentos em função do tempo de armazenamento. No dia da colheita os frutos dos tratamentos C, F e F+OE apresentaram praticamente o mesmo valor para essa relação. No decorrer do armazenamento, os frutos do tratamento C apresentaram maior relação desde o 2º dia de armazenamento e no final apresentaram valor de 20,53 para essa relação. Quanto maior essa relação mais avançado é o estágio de amadurecimento, pois os SS aumentam e a acidez diminui com o aumento desse estágio.

O tratamento F+OE foi o que apresentou menor relação no final do armazenamento, 13,17, indicando que a associação da fécula + óleo essencial de canela foram eficientes em retardar o processo de amadurecimento durante os oito dias de armazenamento em temperatura ambiente. Os frutos do tratamento F também apresentaram relação SS/ATT menores do que os frutos controle 17,41, mas foram maiores que o tratamento F+OE.

O óleo essencial de canela, pode ter auxiliado a formação de uma película mas uniforme, o que contribuiu para diminuir ainda mais o processo de amadurecimento, impedindo melhor as trocas gasosas.

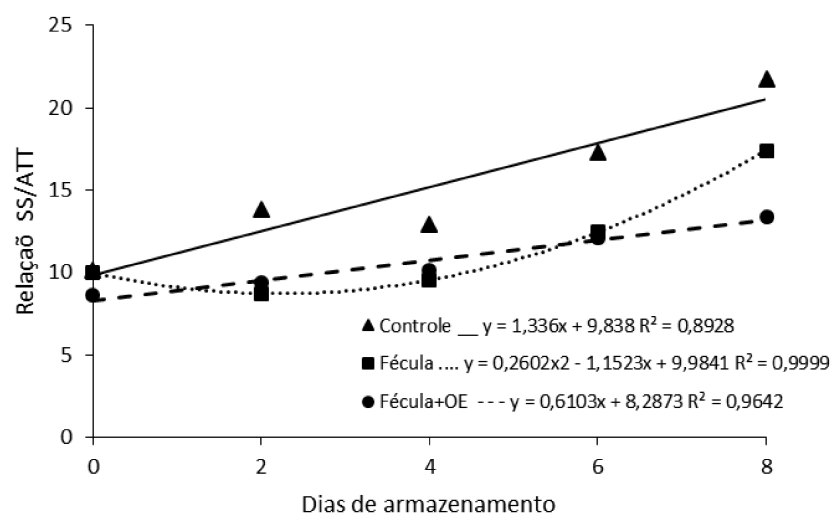


Figura 3 Relação de sólidos solúveis /acidez total titulável (SS/ATT) de goiabas ‘Pedro Sato’ nos tratamentos controle, fécula e fécula+óleo essencial de canela armazenados por um período de oito dias.

Nesse experimento verificaram-se resultados contrários aos valores observados por Oshiro; Dresch; Scalon (2012) ao avaliarem goiabas ‘Pedro Sato’ armazenadas sob atmosfera modificada em refrigeração e temperatura ambiente, observaram que essa relação diminuiu até os 14 dias de armazenamento nas duas condições de temperaturas, provavelmente em função das médias da ATT que neste período aumentaram, fazendo com que esta relação diminuísse. Isso pode ser devido aos diferentes tipos de armazenamento utilizados. Os resultados de Oshiro são semelhantes aos resultados encontrados por Werner et. al. (2009) em goiabas ‘Cortibel’ que atribuíram a redução dessa relação à variação da ATT durante o armazenamento a 22° C durante 9 dias.

Cavalini (2004) ao avaliarem goiabas ‘Paluma’ e ‘Kumagai’ em sete estádios de maturação diferentes observou que o ratio em “Kumagai” manteve valores semelhantes com o avanço da maturação, enquanto em ‘Paluma’ houve aumento no ratio principalmente por influência da diminuição da acidez. Azzolini; Jacomino; Bron (2004) ao avaliarem goiabas ‘Pedro Sato’ colhidas em três estádios de maturação, também observaram aumento do ratio quanto mais avançada a maturação, influenciado tanto pelo aumento no teor de SS quanto pela diminuição da ATT.

5.4 Açúcares totais, redutores e não redutores

A partir da análise de regressão detectou-se aumento linear no conteúdo de açúcares totais (AT), em todos os tratamentos, durante o período de armazenamento (Figura 4). Esse aumento pode ter ocorrido em função da degradação de polissacarídeos da parede celular, resultando na concentração de açúcares, uma vez que segundo Ali e Lazan (1997) citado por Linhares et. al. (2007), em goiabas, o amido representa apenas 1% a 3% do total de carboidratos não estruturais, não contribuindo de forma significativa para o aumento do teor de açúcares durante o amadurecimento. Os teores de açúcares totais encontrados nos frutos do tratamento C variaram entre 4,96% a 14,62%, esses valores foram maiores quando comparado com os outros tratamentos e isso pode ter ocorrido devido a degradação da parede celular mais rápida nesses frutos liberando açúcares ligados na parede contribuindo para o maior valor de AT. O tratamento F obteve valores entre 4,91% a 11,64% e o tratamento F+OE foi encontrado valores entre 4,67% a 10,78%. Os frutos desses dois tratamentos apresentaram valores menores de AT, pois, tiveram o amadurecimento retardado, com menor degradação da parede celular, liberando mais lentamente os açúcares e polímeros de parede celular contribuindo por um menor teor de AT.

Comparando os resultados obtidos nos tratamentos F e F+OE com os valores encontrado pelo tratamento C, observa-se que esses tratamentos alterou de alguma forma o processo de amadurecimento dos frutos, uma vez que os valores encontrados foram menores.

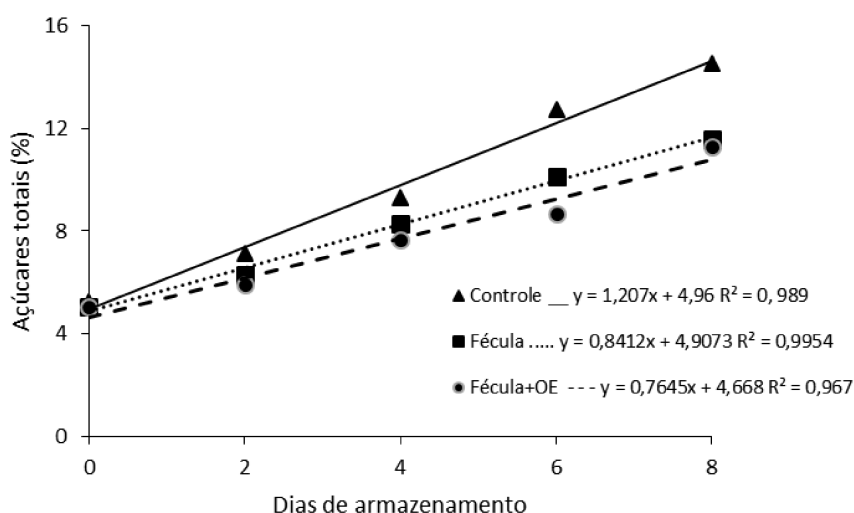


Figura 4 Curvas e equações de regressão linear representativa do valores de açúcares totais presentes em goiabas 'Pedro Sato' em diferentes tratamentos ao longo de oito dia de armazenamento.

Vila et. al. (2007), no estudo das características químicas e bioquímicas de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada, com relação ao teor de açúcares totais obtiveram aumento linear em todos os tratamentos. Linhares et. al. (2007), encontraram resultados semelhantes, ao analisar as transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas 'Pedro Sato' tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. Os teores de açúcares solúveis totais encontrados para o fruto verde e maduro variaram de 7,15% a 9,87% nos frutos controle, de 7,35% a 10,6% nos frutos tratados com cloreto de cálcio e de 7,35% a 10,9 % nos frutos tratados com 1-MCP. Xisto et. al. (2004), tratando goiabas 'Pedro Sato' com cloreto de

cálcio (1 g/100 mL) a 30°C por 30 minutos, verificaram aumento no teor de açúcares totais durante os 4 dias de armazenamento, sendo que os frutos com cálcio mantiveram os teores de açúcares totais em níveis inferiores aos dos frutos sem cálcio, evidenciando que o metabolismo dos frutos controle foi mais intenso.

Oshiro; Dresch; Scalon (2012) no estudo de goiabas ‘Pedro Sato’ armazenadas sob refrigeração (5 °C e 10 °C) com atmosfera modificada com os revestimentos de gelatina e quitosana, notaram que teores de açúcares totais apresentaram aumentos no final do experimento em todos os tratamentos estudados a 5°C, exceto no tratamento com gelatina que apresentou decréscimo a partir do 21° dia.

A análise de variância para os açúcares redutores - glicose (AR), mostrou efeito significativo para os tratamento em função dos dias de armazenamento. A regressão apresentada na figura 5 é possível observar um aumento no teor de açúcar redutor em todos os tratamentos. O tratamento C apresentou valores no primeiro dia de avaliação de 3,39% e no oitavo dia de avaliação 11,37%. Já o tratamento F e F+OE apresentou 3,79% e 3,56% no primeiro dia de avaliação e no oitavo dia 7,76% e 10,06%, respectivamente. Esses tratamentos proporcionaram estatisticamente menores teores de AR quando comparados com o tratamento C, mostrando melhor conservação das goiabas.

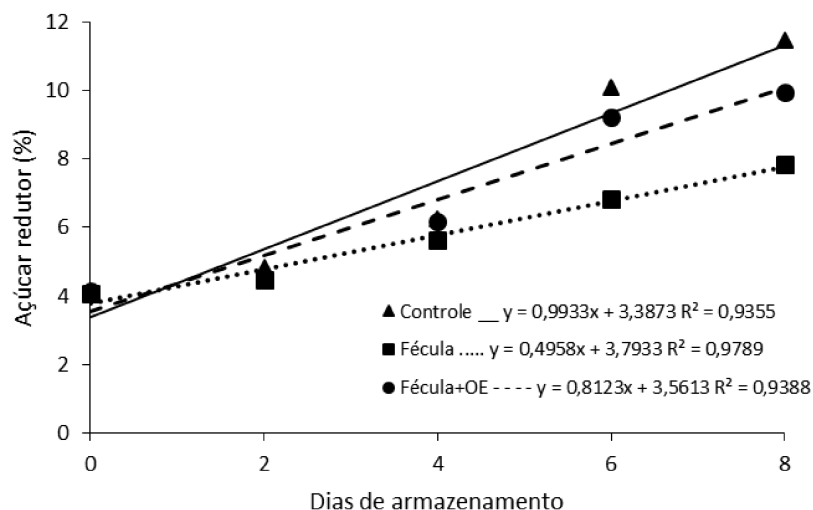


Figura 5 Curvas e equações de regressão linear representativa do valores de açúcares redutores presentes em goiabas 'Pedro Sato' em diferentes tratamentos ao longo de oito dia de armazenamento

Vila et. al. (2007) na análise de goiabas armazenadas sobre atmosfera modificada e refrigeração obtiveram um aumento linear no teor de açúcares redutores (AR), em todos os tratamentos, com o armazenamento. Até o 15º dia de armazenamento o teor de AR foi crescente e no 20º se manteve constante. Os tratamentos fécula de mandioca 2% 3% e 4% obtiveram no 20º dia de armazenamento 5,93%, 5,39% e 5,24% de AR, respectivamente. Esses tratamentos promovera, menor evolução no processo de amadurecimento, mostrando melhor conservação das goiabas, envolvidas em biofilmes com 3% e 4% de fécula de mandioca.

Wills; Mulholland; Brown (1983) citam que aumento nos teores de açúcares redutores pode ser devido à maturação de frutos, à perda de água e à hidrólise de polissacarídeos, hemicelulose e substâncias pécticas da parede celular, comuns no processo de amadurecimento. Mendonça et. al. (2007) relata

que há aumento nos teores de açúcares redutores até o pico climatérico e subsequentemente redução.

Contraditoriamente, Oshiro; Dresch; Scalon (2012) analisando goiabas da variedade 'Pedro Sato' em atmosfera modificada com refrigeração, observaram que na temperatura de 5°C houve diminuição dos açúcares redutores até o 14º dia de armazenamento, exceto para a cobertura com gelatina. Esse autores sugerem que o consumo dos AR possa estar relacionado como substrato respiratório no período de maturação.

Para os teores de açúcares não redutores – sacarose (ANR), a análise estatística dos dados revelou efeito significativo para todos os tratamentos ao longo dos dias de armazenamento. Os resultados encontrados demonstraram aumento linear até o final da avaliação (Figura 6). No último dia de avaliação, no oitavo dia os tratamentos C, F e F+OE apresentaram valores de ANR 3,97%, 3,73% e 2,80% respectivamente. Os tratamentos F+OE apresentou menor valor de ANR, sugerindo que esse tratamento retardou melhor o processo de senescência dos frutos, apresentando teores menores de ANR.

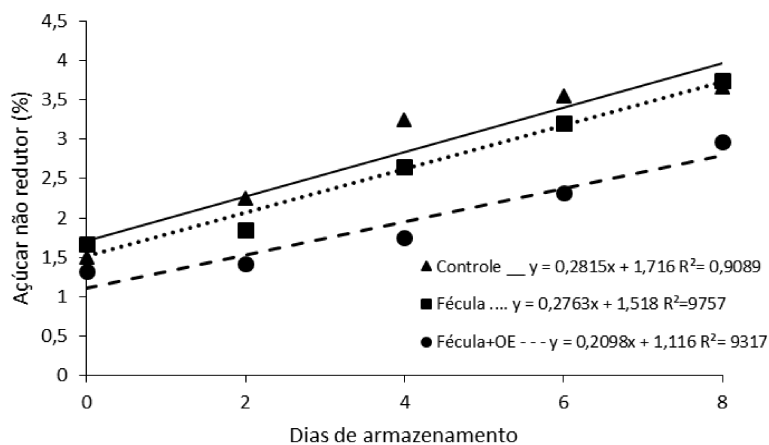


Figura 6 Curvas e equações de regressão linear representativa do valores de açúcares não redutores presentes em goiabas 'Pedro Sato' em diferentes tratamentos ao longo de oito dias de armazenamento.

Os resultados encontrados neste experimento foram similares aos encontrados por Vila et. al. (2007), que analisando goiabas 'Pedro Sato' revestidas com os tratamentos de fécula de mandioca 2%, 3% e 4%, associada a refrigeração, observaram que os teores de ANR aumentou ao longo dos dias de armazenamento. No último dia de avaliação os tratamentos de fécula de mandioca nas concentrações de 2, 3 e 4% apresentaram valores ANR iguais a 1,98%, 2,11% e 2,17%, respectivamente. Os biofilmes, nas concentrações com 3% e 4% de fécula de mandioca, proporcionaram hidrólise mais lenta da sacarose, na polpa das goiabas, determinada pelas maiores médias, sugerindo efetividade do uso da atmosfera modificada, associada à refrigeração. Oliveira (2000), avaliando o uso de biofilme de fécula de mandioca em pêssegos, não observou efeito significativo sobre os teores de açúcares não redutores.

5.5 Ácido ascórbico

A análise de regressão mostrou que em todos os tratamentos houve diminuição nos dos valores de vitamina C ao longo dos dias de armazenamento (Figura 7). Os tratamentos F + F+OE até o segundo dia de avaliação é possível observar aumento, já a partir do quarto dia de avaliação, o teor de ácido ascórbico desses tratamentos decaíram e no oitavo dia de armazenamento foram observados valores de ácido ascórbico de 80,77 mg.100g⁻¹ e 88,82 mg.100g⁻¹, respectivamente. No tratamento C, observou-se aumento no conteúdo de ácido ascórbico até quarto dia de avaliação e depois a queda, no oitavo dia a quantidade de ácido ascórbico encontrada foi de 130.10 mg.100g⁻¹. Apesar de haver um decréscimo em todos os tratamentos, estão todos dentro da Instrução Normativa nº1, 07 de janeiro de 2000 (BRASIL, 2000) para a polpa de goiaba que exige para a polpa da goiaba uma quantidade mínima de ácido ascórbico de

40 mg.100g⁻¹. Manica et. al. (2000) fala que o aumento inicial no teor de ácido ascórbico está relacionado à maior síntese de intermediários metabólicos precursores do ácido ascórbico e a sua posterior diminuição, à oxidação dos ácidos orgânicos durante o amadurecimento. Como o metabolismo dos frutos do tratamento C apresentaram um amadurecimento mais rápido isso contribuiu para síntese maior de ácido ascórbico quando comparados aos frutos dos outros dois tratamentos. A queda da ácido ascórbico durante o armazenamento se deve ao fato que a ácido ascórbico é muito instável à luz e temperatura.

Segundo Mercado-Silva 1998 citado por Azzolini et. al. (2005), os teores de ácido ascórbico em goiabas tendem a aumentar durante o armazenamento, podendo decair com a senescência. Durante o amadurecimento, o aumento no teor de ácido ascórbico em goiabas pode estar associado à síntese de intermediários metabólicos, como por exemplo, a degradação de polissacarídeos da parede celular.

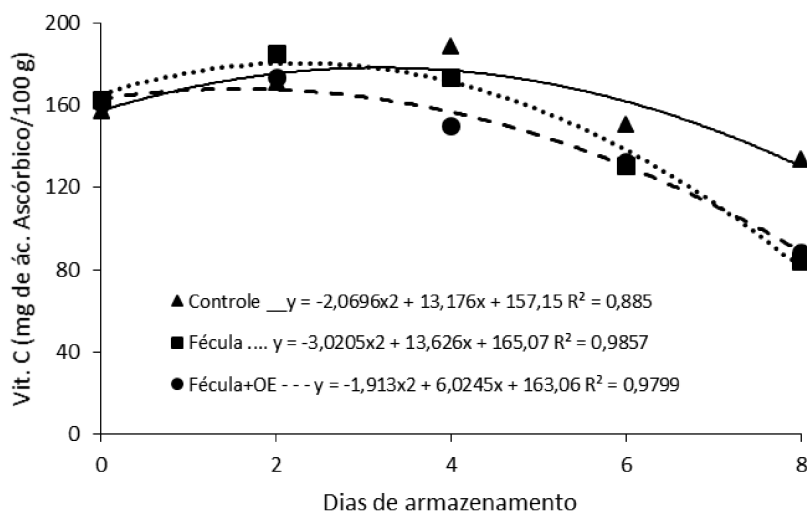


Figura 7 Curvas e equações de regressão linear representativa do valores ácido ascórbico presentes em goiabas 'Pedro Sato' em diferentes tratamentos ao longo de oito dia de armazenamento.

Hong et. al. (2012) no estudo do efeito do revestimento de quitosana sobre a vida pós-colheita e qualidade de goiabas durante o armazenamento a frio na temperatura de 11 °C e 90%-95%UR, observaram que o conteúdo de ácido ascórbico na polpa da goiaba diminuiu gradualmente durante o armazenamento, e esta redução foi inibida eficazmente nos frutos tratados com revestimento de quitosana nas concentrações de 1,0% e 2,0% apresentado valores no 12º dia de avaliação de 106 e 109 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico, em comparação com o controle apresentou no 12º dia de avaliação 97 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico. Essa diferença pode ser devida a temperatura de armazenamento, a temperatura baixa diminuiu a ação de enzimas retardando a perda de vitamina C.

Pinto; Jacomino; Cavalini (2009) estudando goiabas de variedade 'Kumagai' e Pedro Sato' observaram que o teor de ácido ascórbico foi menor no estágio verde para ambas as variedades no momento da colheita. Em goiabas 'Kumagai', houve acréscimo nos valores de ácido ascórbico nos frutos mais maduros ao final do armazenamento passando de 98,77 mg.100g⁻¹ para 101,37 mg.100g⁻¹. Já para a variedade 'Pedro Sato, houve um decréscimo nos teores de ácido ascórbico para os frutos mais maduro no 9º dia de avaliação, passando de 69,87 mg.100g⁻¹ para 67,82 mg.100g⁻¹.

Singh e Pal (2008) ao analisarem a resposta climática de goiabas tratadas com 1-MCP na pós-colheita, observou que o 1-MCP teve efeito significativo sobre a retenção de ácido ascórbico. Os frutos tratados com concentrações de 300 ml.L⁻¹ e 600 ml.L⁻¹ apresentaram maiores teores de ácido ascórbico quando comparados com a testemunha no final de 25 dias de armazenamento.

Vila et. al. (2007) no estudo de goiabas armazenadas sobre refrigeração e atmosfera modificada, observaram que houve diminuição no conteúdo de vitamina C, com o decorrer do armazenamento, em todos os tratamentos. Os biofilmes, com 3 e 4% de fécula de mandioca no 20º dia apresentaram valores

de vitamina C de 134,42 mg/100g e 138,95 mg/100g, proporcionaram menor evolução do conteúdo de vitamina C, o que pode indicar maior eficiência do biofilme em minimizar a sua perda.

Contraditoriamente a esse trabalho, Linhares et. al. (2007) verificaram aumento linear nos teores de ácido ascórbico de goiabas tratadas com cloreto de cálcio e 1-MCP sob refrigeração durante todo o período em que os frutos ficaram armazenados indicando síntese dessa ácido durante o amadurecimento. Cerqueira et. al (2011), também observaram incremento significativo nos teores de ácido ascórbico após oito dias de armazenamento.

6 CONCLUSÕES

Os tratamentos F e o F+OE demonstraram ser uma boa alternativa para a conservação pós-colheita da goiaba, mantendo a qualidade dos frutos por mais tempo. A composição química dos frutos tratados com fécula e fécula+OE não apresentaram mudanças indesejáveis nos frutos. Esses tratamentos foram eficientes em estender o prazo de comercialização desta fruta tão perecível.

7 REFERÊNCIAS

ABREU, J. R. et al. Sugar fractionation and pectin content during the ripening of guava cv. Pedro Sato, **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.32, n.1, p.156-162, mar. 2012.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 17 nd. Washington, 2002. p.1275.

AZZOLINI, M. Ripening of “Pedro Sato” guava: study on its climacteric or non-climacteric nature. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v.17, n.3, p. 299-306, Sept. 2005.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, I. U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação; **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n. 2, p. 139-145, feb. 2004.

BASSETO, E.; JACOMINO, A. P.; PINHEIRO, A. L. Conservation of “Pedro Sato” guavas under treatment with 1-methylcyclopropene, **Pesquisa**, Brasília, v.40, n.5, p. 3433-440, maio 2005.

CAMPOS, A. J. et al. Chagas Conservação de goiabas ‘Pedro Sato’ minimamente processadas e irradiadas. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 5, n. 1, p. 66-74, jan./abr. 2011.

CAVALINI, F. C. Índices de maturação, ponto de colheita e padrão respiratório de goiabas ‘KUMAGAI’ e ‘PALUMA’. 2004. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CERQUEIRA, T. S. et al. Recobrimento de goiabas com filmes protéicos e de quitosana. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 216-221, 2011.

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

DOBRUCKA, R.; CIERPISZEWSKI, R. Active and intelligent packaging food: research and development – a review. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, Warsaw, v. 64, n.1, p. 7-15, Mar. 2014.

EVANGELISTA, R. M.; VIEITES, R. L. Avaliação da quantidade de polpa de goiaba congelada, comercializada na cidade de São Paulo. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.13, n.2, p.76-81, 2006.

FAKHOURI, F. M.; GROSSO, C. Efeito de coberturas comestíveis na vida útil de goiabas in natura (*Psidium guajava* L.) mantidas sob refrigeração, **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.6, n.2, p.203-211, 2003.

HONG, K.M. et al. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage, **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.144, p.172-178, Sept. 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Normas analíticas: métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo, 2004.

BRASIL. Agricultura e Abastecimento. **Instrução normativa**, n.1, 7 de janeiro de 2000. Aprova regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de goiaba. Disponível em: <<http://www.ivegetal.com.br/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Referenciada/IN%20N%C2%BA%201%20de%207%20de%20janeiro%20de%202000.htm>>. Acesso em: 02 dez. 2014.

LINHARES, L. A.; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P. Chemical, physical and enzymatic transformations of guavas PEDRO SATO treated at postharvest with calcium chlorite and 1-methylcyclopropane and stored under refrigeration. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.3, p. 829-841, jul./set. 2007.

MANICA, I. et al. **Fruticultura tropical: goiaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. 373 p.

MORGADO, C.A. et al. Conservação pós-colheita de goiabas 'Kumagai': Efeito do estágio de maturação e da temperatura de armazenamento, **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p.1001-1008, 2010.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 135, n. 1, p. 136-175, Jan. 1944.

OLIVEIRA, M. A. **Comportamento pós-colheita de pêssegos (*Prunus persica* L. Baltsch) revestidos com filmes a base de amido como alternativa à cera comercial**. 2000. 99 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

OSHIRO, A. M.; DRESCH, D. M.; SCALON, S. P. Q. Preservation of “Pedro Sato” Guavas Stored Under Modified Atmosphere and Refrigeration, **Revista de Ciências Agrárias**, Fortaleza, v. 35, n.1, p.213-221, 2012.

PINTO, P. M.; JACOMINO, A. P.; CAVALINI, F. C. Estádios de maturação de goiabas 'Kumagai' e 'Pedro Sato' para o processamento, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.1, p.37-43, 2009.

SINGH, S. P.; PAL, R. K. Response of climacteric-type guava (*Psidium guajava* L.) to postharvest treatment with 1-MCP. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 47, n. 3, p. 307-314, Mar. 2008.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. p.428.

VILA, M. T. R. Chemical and biochemical characterization of guavas stored under refrigeration and modified atmosphere. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1435-1442, Sept/Oct. 2007.

WERNER et al. Calcium chloride application in the post-harvest of guavas Cortibel. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.2, p.511-518, 2009.

WILLS, R. B. H.; MULHOLLAND, E. E.; BROWN, B. I. Storage of two new cultivars of guava fruit of processing. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 60, n. 3, p. 175-178, July 1983.

XISTO, E.T. et al. Textura de goiabas “Pedro Sato” submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.1, p. 113-118, 2004.

ZAMBRANO-ZARAGOZA, M.L.Z. Use of solid lipid nanoparticles (SLNs) in edible coatings to increase guava (*Psidium guajava* L.) shelf-life. **Food Research International**, Chicago, v.5, n.2, p.946–953, 2013.

ANEXOS

ANEXO 1A Resumo da análise de variância para perda de massa (%) de goiabas 'Pedro Sato' armazenadas em temperatura ambiente em atmosfera modificada.

FC	GL	QM
Tratamento	2	35.40
Dias	3	199.15
Trat x Dias	6	4.95
Resíduo	24	0.36
CV%	-	4,69%
Média Geral	-	13.57

Regressão significativa a 5% de probabilidade

ANEXO 2A Resumo da análise de variância para Firmeza – Fir (N), Cor - Cromo (C*); Hue (h*), Pectina total – PT (mg de ácido galacturônico/ 100g de polpa), Pectina solúvel - PS (mg de ácido galacturônico/ 100g de polpa), Solubilização de pectinas – SP (% de ácido galacturônico), Pectinametilesterase - PME (nmol/min/g polpa) de goiabas ‘Pedro Sato’ armazenadas em temperatura ambiente em atmosfera modificada

QM								
FC	GL	Fir	Cor(C*)	Cor(h*)	PT	PS	SP	PME
Tratamento	2	384.8	168.39	1006.79	0.067	0.15	0.32	19083.80
Dias	4	152.6	42.58	504.66	2.69	0.12	1.76	183071.3
Trat x Dias	8	22.46	34.38	208.69	0.14	0.01	0.11	4583.40
Resíduo	30	0.40	0.19	0.30	0.003	0.0001	0.003	221.15
CV%	-	4,69%	1,58%	0,58%	2,09%	4,90%	2,66%	3.60%
Média Geral	-	13.56	27.44	94.98	2.43	0.28	2.14	413,39

Regressão significativa a 5% de probabilidade

ANEXO 1B Resumo da análise de variância para pH, Acidez titulável – AT(% de ácido cítrico), Sólidos solúveis – SS (Brix°), relação sólidos solúveis/acidez titulável- SS/AT, Açúcares totais – AÇ.T (% glicose), Açúcares Redutores – AÇ.R (% glicose), Açúcares não redutores – AÇ.NR (% glicose), ÁC. AS (mg de ácido ascórbico) de goiabas ‘Pedro Sato’ armazenadas em temperatura ambiente em atmosfera modificada

FC	GL	pH	AT	SS	QM				
					SS /AT	AÇ. T	AÇ. R	AÇ. NR	ÁC. AS
Tratamento	2	0.045	0.036	11.09	83.29	17.12	9.70	3.20	1410
Dias	4	0.12	0.086	3.00	94.26	79.51	55.69	5.95	82330
Trat x Dias	8	0.014	0.0007	1.70	7.29	2.07	2.29	0.21	624.8
Resíduo	30	0.006	0.0039	0.24	0.41	0.024	0.056	0.011	11.77
CV%	-	1.9%	10.32%	6,6%	5,1%	1,8%	3,5%	4,3%	2,30%
Média									
Geral	-	0.85	0.61	7.44	12.51	8.59	6.65	2.47	149.5

Regressão significativa a 5% de probabilidade, * Regressão não significativa