



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**ALTERAÇÕES PÓS-COLHEITA DA FRUTA-DE-LOBO  
(*Solanum lycocarpum* St. Hil.) DURANTE O  
AMADURECIMENTO**

**ENIO NAZARÉ DE OLIVEIRA JUNIOR**

**2002**

53033

37522 01Fa

ENIO NAZARÉ DE OLIVEIRA JUNIOR

→ ALTERAÇÕES PÓS-COLHEITA DA FRUTA-DE-LOBO (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) DURANTE O AMADURECIMENTO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Agroquímica e Agrobioquímica, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador  
Prof. Custódio Donizete dos Santos

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2002

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Oliveira Junior, Enio Nazaré de

Alterações pós-colheita da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.)  
durante o amadurecimento / Enio Nazaré de Oliveira Junior. -- Lavras : UFLA,  
2002.

71 p. : il.

Orientador: Custódio Donizete dos Santos.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Amadurecimento. 2. Fruta-de-lobo. 3. Pós-colheita. I. Universidade Federal  
de Lavras. II. Título.

CDD-664.80497379

**ENIO NAZARÉ DE OLIVEIRA JUNIOR**

**ALTERAÇÕES PÓS-COLHEITA DA FRUTA-DE-LOBO (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) DURANTE O AMADURECIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Agroquímica e Agrobioquímica, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA EM 08 de fevereiro de 2002

Prof. Celeste Maria Patto de Abreu UFLA

Prof. Joelma Pereira UFLA



Prof. Custódio Donizete dos Santos  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2002

**“A DEUS**

**A Enio e Maria, meus pais**

**A Vicentina, Conceição, José Carlos,**

**Marcos Antônio e Jorge Luiz, meus irmãos**

**A Anselmo, Leandro, Aline, Mateus e Rafael, meus sobrinhos**

**Enfim, a toda minha família,**

**DEDICO.”**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e paz proporcionadas durante o curso.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Química, pela oportunidade de realização do curso.

À CAPES e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

À professora Celeste Maria Patto de Abreu, pela co-orientação, disponibilidade, apoio, amizade, sugestões e incentivo.

À professora Angelita Duarte Corrêa, pela co-orientação, sugestões e incentivo.

À professora Maria das Graças Cardoso, pela co-orientação e disponibilidade.

A todos os professores do Curso de Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica, pelos conhecimentos transmitidos.

Em especial ao professor Custódio Donizete dos Santos, pela orientação, confiança, humanismo, respeito, ensinamentos e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Química: Wilson, Liege, Joalis, Cleuza, Marcelo e Marly.

À Dona Raquel e Neide, pela limpeza do Laboratório de Bioquímica.

À laboratorista Maria Aparecida (Xulita), pela ajuda em algumas análises e organização do Laboratório de Bioquímica.

Ao chefe do Departamento de Química da UFLA, professor Ruy Carvalho, pelo atendimento de várias reivindicações.

Às secretárias, Vera e Míriam, pela disponibilidade e colaboração.

Ao aluno do curso de Agronomia-UFLA, bolsista de iniciação científica, José Zilton Lopez Santos, pelo apoio nas análises de laboratório.

À Conceição e ao Leandro, pela ajuda na colheita dos frutos.

Aos funcionários da Biblioteca Central da UFLA.

Aos professores Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, Luíz Carlos de Oliveira Lima e Eduardo Bearzoti, pelos ensinamentos e amizade.

Ao professor Paulo Roberto Ribeiro, pelas orientações e correções ortográficas.

Às laboratoristas do Departamento de Ciência de Alimentos, Sandra e Tina, pela atenção e disponibilidade.

Aos colegas José Geraldo, Andréa Xisto, Hernetete, Carmen, Adriana, Grécia, Lilian, Cristiane, Andréa Shan, Flávia, Gevaldo, Edécio, João Marcos e Regina, pela boa convivência durante o curso.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>SIGLAS</b>	<b>i</b>
<b>LISTA DE TABELAS E QUADROS</b>	<b>ii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMO</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>3</b>
2.1 Generalidades Sobre a Fruta-de-Lobo	3
2.2 Ocorrência	4
2.3 Aproveitamento Alimentar	5
2.4 Uso Medicinal	5
2.5 Composição Química	6
2.6 Alterações Durante o Amadurecimento	6
2.6.1 Sólidos Solúveis Totais	7
2.6.2 Amido e Açúcares	7
2.6.3 Pectinas e Enzimas Pécnicas	8
2.6.4 Acidez Total Titulável e pH	15
2.6.5 Vitamina C Total	15
2.6.6 Polifenóis, Polifenoxidase e Peroxidase	16
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>20</b>
3.1 Procedência e Colheita dos Frutos	20
3.2 Preparo das Amostras	21
3.3 Análises Químicas e Físico-Químicas	21
3.3.1 Análises de Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável e pH	21
3.3.2 Extração e Análise de Amido	22

3.3.3 Extração e Análises de Açúcares Redutores, Solúveis Totais e Não Redutores	23
3.3.4 Extração e Análise de Vitamina C Total	24
3.3.5 Extração e Análise de Substâncias Pécnicas	24
3.3.6 Extração e Análise de Polifenóis	25
3.3.7 Análise de Minerais, Nitrogênio e Proteína	26
3.4 Análises Bioquímicas	26
3.4.1 Extração e Atividade de Amilase	26
3.4.2 Extração de Poligalacturonase, Polimetilgalacturonase e Pectinametilsterase	28
3.4.3 Análise de Proteína Solúvel	28
3.4.4 Atividade de Pectinametilsterase	28
3.4.5 Atividade de Poligalacturonase e Polimetilgalacturonase	29
3.4.6 Extração e Atividade de Peroxidase	30
3.4.7 Extração e Atividade de Polifenoloxidase	31
3.4.8 Análise Estatística	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Desidratação Após a Liofilização	33
4.2 Alterações dos Constituintes da Fruta-de-Lobo durante o Amadurecimento	33
4.2.1 Sólidos Solúveis Totais	33
4.2.2 Amido	34
4.2.3 Açúcares Solúveis Totais	35
4.2.4 Açúcares Não-Redutores	37
4.2.5 Açúcares Redutores	37
4.2.6 Pectina Total e Pectina Solúvel	39
4.2.7 Acidez Total Titulável e pH	41
4.2.8 Polifenóis	42
4.2.9 Vitamina C Total	43

<b>4.2.10 Proteína Solúvel</b>	<b>45</b>
<b>4.2.11 Nitrogênio, Proteína e Minerais</b>	<b>45</b>
<b>4.2.12 Poligalacturonase, Polimetilgalacturonase e Pectinametilsterase</b>	<b>49</b>
<b>4.2.13 Amilase</b>	<b>51</b>
<b>4.2.14 Peroxidase e Polifenoloxidase</b>	<b>52</b>
<b>4.2.15 Considerações Gerais</b>	<b>55</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>57</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>58</b>
<b>7 ANEXOS</b>	<b>68</b>

## **SIGLAS**

<b>ABS</b>	<b>Absorbância</b>
<b>ANR</b>	<b>Açúcares Não-Redutores</b>
<b>AR</b>	<b>Açúcares Redutores</b>
<b>AST</b>	<b>Açúcares Solúveis Totais</b>
<b>ATT</b>	<b>Acidez Total Titulável</b>
<b>PFO</b>	<b>Polifenoloxidase</b>
<b>PG</b>	<b>Poligalacturonase</b>
<b>PMG</b>	<b>Polimetilgalacturonase</b>
<b>PME</b>	<b>Pectinametilesterase</b>
<b>PER</b>	<b>Peroxidase</b>
<b>PS</b>	<b>Pectina Solúvel</b>
<b>PT</b>	<b>Pectina Total</b>
<b>SST</b>	<b>Sólidos Solúveis Totais</b>

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

	<b>Página</b>
TABELA 1	Acidez total titulável (equivalentes de ácido cítrico/100 g de polpa fresca) e pH durante o amadurecimento da fruta-de-lobo ..... 42
TABELA 2	Teores médios de nitrogênio, proteína e os minerais cálcio, magnésio, enxofre, cobre e zinco durante o amadurecimento da fruta-de-lobo ..... 47
QUADRO 1	Atividade de pectinametilesterase (U) em função do amadurecimento da fruta-de-lobo ..... 49
TABELA 3	Comparação dos nutrientes da fruta-de-lobo madura com os de alguns frutos maduros ..... 55

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
FIGURA 1	Espécie vegetal ( <i>Solanum lycocarpum</i> St. Hil.) ..... 3
FIGURA 2	Fruta-de-Lobo ( <i>Solanum lycocarpum</i> St. Hil.) ..... 4
FIGURA 3	Mecanismo de ação da pectinametilesterase ..... 10
FIGURA 4	Mecanismo de ação da exo-poligalacturonase ..... 12
FIGURA 5	Mecanismo de ação da endo-poligalacturonase ..... 13
FIGURA 6	Teores médios de sólidos solúveis totais (%) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) ..... 34
FIGURA 7	Teores médios de amido (g de glicose/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) ..... 35
FIGURA 8	Teores médios de açúcares solúveis totais (g de glicose/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) ..... 36
FIGURA 9	Teores médios de amido e açúcares solúveis totais (g de glicose/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) ..... 36
FIGURA 10	Teores médios de açúcares não-redutores (g de glicose/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) ..... 37
FIGURA 11	Teores médios de açúcares redutores (g de glicose/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) ..... 38
FIGURA 12	Teores médios de açúcares solúveis totais, açúcares não-redutores e açúcares redutores em g de glicose/100 g de polpa fresca durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) ..... 39

FIGURA 13	Teores médios de pectina total (mg de ácido galacturônico /100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) .....	40
FIGURA 14	Teores médios de pectina solúvel (mg de ácido galacturônico/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) .....	41
FIGURA 15	Relação pectina solúvel/pectina total (%) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) .....	41
FIGURA 16	Teores médios de polifenóis (mg de ácido tânico/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).....	43
FIGURA 17	Teores médios de vitamina C total (mg de ácido ascórbico/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) .....	44
FIGURA 18	Teores médios de proteína solúvel (mg de proteína/ g de polpa liofilizada) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).....	45
FIGURA 19	Teores médios de fósforo (g/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) .....	47
FIGURA 20	Teores médios de potássio (g/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) .....	48
FIGURA 21	Teores médios de ferro (mg/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) .....	48
FIGURA 22	Teores médios de manganês (mg/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).....	48
FIGURA 23	Atividade específica de pectinametilsterase (U/mg de proteína solúvel) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).....	49
FIGURA 24	Atividade de amilase (U/100 g de polpa liofilizada) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) .....	52

FIGURA 25	Atividade de peroxidase (mU/g de polpa liofilizada) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ) ..... 53
FIGURA 26	Atividade de polifenoxidase (U/g de polpa liofilizada) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ )..... 54

## RESUMO

**OLIVEIRA-JUNIOR, Enio Nazaré de. Alterações Pós-Colheita da Fruta-de-Lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) durante o amadurecimento. 2002. 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, concentração em Agroquímica e Agrobioquímica)-Universidade Federal de Lavras, Lavras MG.\***

Neste trabalho estudaram-se as principais transformações químicas, físico-químicas, nutricionais e enzimáticas que ocorreram durante o amadurecimento da fruta-de-lobo e compararam-se os teores de alguns nutrientes do fruto maduro com os de outros frutos comestíveis, visando ao seu aproveitamento alimentar. Os frutos foram colhidos de plantas nativas no município de Perdões, Minas Gerais, no estágio de maturação verde e armazenados para amadurecimento durante 18 dias à temperatura ambiente no Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras. As amostras foram analisadas do dia da colheita, a cada 2 dias, até o 18º dia. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições de 3 frutos. As polpas dos frutos foram picadas, congeladas em nitrogênio líquido e liofilizadas. Após a liofilização, foram moídas em moinho refrigerado por 3 períodos de 3 segundos, sob rotação de 22.500 rpm e temperatura de 4°C. As variáveis pH e acidez total titulável não sofreram variação significativa durante o amadurecimento. Os teores de sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais e açúcares não-redutores aumentaram gradativamente com a diminuição dos teores de amido. Ambas variáveis, pectina total e pectina solúvel sofreram aumento de seus teores, e a razão pectina solúvel/pectina total(%) apresentou oscilações na solubilização de pectinas nos estágios intermediários de amadurecimento. As atividades da enzimas poligalacturonase e polimetilgalacturonase não foram detectadas na polpa do fruto; já a atividade de pectinametilesterase foi detectada em todos os estágios de amadurecimento. Houve diminuição tanto nos teores dos polifenóis quanto na atividade de peroxidase, assim como detectou-se atividade da enzima polifenoloxidase, que apresentou oscilações. Os teores de vitamina C, açúcares solúveis totais, sacarose, fósforo e ferro, comparados aos de outros frutos, como abacaxi, banana, laranja e manga, são equivalentes ou superiores aos dos frutos em questão, podendo-se concluir que o fruto da lobeira representa mais uma alternativa como fonte desses nutrientes.

---

\*Comitê Orientador: Custódio Donizete dos Santos - UFLA (Orientador), Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA, Angelita Duarte Corrêa - UFLA e Maria das Graças Cardoso – UFLA.

## ABSTRACT

OLIVEIRA-JUNIOR, Enio Nazaré de. **Changes Postharvest of the “Futa-de-Lobo” (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) during the maturation.** 2002. 71p. Dissertation (Master in Agronomy, concentration in Agrochemistry and Agrobiochemistry)-Universidade Federal de Lavras, Lavras MG.\*

In this paper studied the principal chemistry, physical-chemistry, nutrition and enzymatic transformations that occurred during the maturation of “fruta-de-lobo” and compared the contents of some nutrients of ripe fruit with the nutrients of other comestible fruits, aiming its alimentary utilization. The fruits were harvested from native plants in the Perdões City, Minas Gerais State in the stage of green maturation and were stored for maturation during 18 days at room temperature in the Laboratory of Biochemistry of the Department of Chemistry of the Universidade Federal de Lavras. The samples were analysed from the day of the harvest at every 2 days until the 18<sup>th</sup> day. The experiments were carried out in a random way, with 4 repetitions with 3 fruits each. The pulps of fruits were stinged, frozen in liquid nitrogen and lyophilized. After the lyophilizing process they were ground in a refrigerated grind for 3 periods of 3 seconds, under 22,500 r.p.m. and four degrees (4°C). The variables pH and titrable acidity didn't present significant difference during the ripening. The contents of the soluble total solids, soluble total sugars and non reducing sugars increased gradually with the diminution of the contents of the starch. Both total and soluble pectin variables increased their contents and the reason % soluble pectin/total pectin presented oscillations in the dissolution of the pectins in the intermediary stages of ripening process. The activities of polygalacturonase and polymetilgalacturonase enzymes were not detected in the fruit pulp, though the pectinametilsterase activity was detected in the ripening stages. There was diminution in the contents of polyphenols as much as in the peroxidase activity, and also detected the polyphenoloxidase activity that reduced during the maturation. The contents found in the “fruta-de-lobo” of vitamin C, soluble total sugars, sucrose, phosphorus e iron compared at the other fruits like pineapple, banana, orange and mango are equivalents or higher than the contents of fruits compared, concluding that the fruit of “lobeira” presents more an alternative source these nutrients.

---

\*Advising Committee: Custódio Donizete dos Santos - UFLA (Adviser Professor), Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA, Angelita Duarte Corrêa - UFLA e Maria das Graças Cardoso – UFLA.

# 1 INTRODUÇÃO

A procura por novos alimentos, alternativos e seguros, motivou um estudo sobre as principais mudanças físico-químicas, químicas, nutricionais e enzimáticas que ocorrem durante o amadurecimento da fruta-de-lobo ou fruto da lobeira (*Solanum lycocarpum* St. Hil.). Acredita-se que seu nome vulgar deve-se ao fato de se constituir um alimento preferido do lobo-guará.

A fruta-de-lobo, quando verde, é constituída de polpa bastante firme de coloração branca, mas quando o fruto se torna totalmente maduro, a polpa passa a apresentar uma coloração amarelada, macia, adocicada e extremamente aromática, o que levou os sertanejos a se interessarem pelo fruto. Todavia, suas opiniões eram divergentes, enquanto uns consideravam o fruto comestível quando maduro, e inofensivo, outros já suspeitavam de ser nocivo e até mesmo venenoso (Hoehne, 1946). O costume dos sertanejos de consumir o fruto maduro influenciou outras pessoas a também consumi-los e processá-los, baseados exclusivamente no costume popular.

Durante o amadurecimento de frutos, há inúmeras transformações químicas, principalmente relacionadas aos teores de carboidratos, ácidos orgânicos, fenólicos e pectinas. Essas transformações ocorrem principalmente por causa da ação de enzimas específicas.

Em comparação com o grande número de estudos existentes na fisiologia pós-colheita referentes a frutos já bastante conhecidos, comercializados em feiras e consumidos freqüentemente pelo homem, a fruta-de-lobo apresenta poucos estudos relacionados com as transformações durante o amadurecimento.

Neste trabalho estudaram-se as principais transformações que ocorreram durante o amadurecimento da fruta-de-lobo e compararam-se os teores de alguns

**nutrientes do fruto maduro com os de outros frutos comestíveis, visando ao seu aproveitamento alimentar.**

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Generalidades sobre a Fruta-de-Lobo

A espécie vegetal *Solanum lycocarpum* St. Hil., da família Solanaceae, popularmente conhecida como lobeira, cresce e se desenvolve em condições ambientais desfavoráveis, tais como terras ácidas e pobres em nutrientes. É capaz de suportar um clima árido e períodos de seca prolongados, resistindo ainda a ciclos anuais de queimadas feitas pelo homem (Campos, 1994). De acordo com Oliveira-Filho & Oliveira (1988), é uma espécie invasora em áreas devastadas pelo homem e em pastagens.

Existem no Estado de Minas Gerais duas espécies de fruta-de-lobo: a *Solanum grandiflorum* e a *Solanum lycocarpum* (Corrêa, 1984). A espécie *Solanum lycocarpum* (Figura 1) atinge até 4 m de altura, sendo muito ramosa e revestida de densos pêlos estrelados, ramos cilíndricos, lenhosos, fistulosos, um pouco tortuosos e folhas pecioladas (Corrêa, 1984). O fruto é uma baga globosa verde (Figura 2), amarelado quando maduro, atingindo até 500 g (Corrêa, 1952; Ferri, 1969).



FIGURA 1 Espécie vegetal *Solanum lycocarpum* St. Hil.

São raros os frutos verdes das espécies do gênero *Solanum* que não sejam tóxicos. A fruta-de-lobo, que chega a atingir 15 cm de diâmetro depois de perfeitamente desenvolvida, ou seja, perfeitamente madura, é comestível (Hoehne, 1946).



FIGURA 2 Fruta-de-Lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.)

## 2.2 Ocorrência

A fruta-de-lobo é encontrada nas vegetações do tipo campo sujo, cerrado e cerradão (Silva *et al.*, 1994), cujo período de florada compreende o ano inteiro, porém com maior intensidade na estação chuvosa (Oliveira-Filho e Oliveira, 1988). As plantas podem apresentar de 40 a 100 frutos, cuja massa por fruto pode variar de 400 a 900 g, com época de colheita de julho a janeiro (Silva *et al.*, 1994). As diferenças quanto à massa da fruta-de-lobo encontradas pelos autores Corrêa (1952); Ferri (1969) e Silva *et al.* (1994) podem estar relacionadas à composição química dos solos nos quais as plantas foram cultivadas.

### 2.3 Aproveitamento Alimentar

A polpa do fruto maduro pode ser consumida *in natura* ou utilizada para fazer geléias e, nesse estágio, a casca e a polpa apresentam coloração amarelada (Silva *et al.*, 1994). Este fruto tem sido utilizado para produção de massas, substituindo o marmelo na preparação da marmelada e afirma-se que, empregado puro, leva reais vantagens no sabor e no poder alimentício (Hoehne, 1946; Corrêa, 1984).

### 2.4 Uso Medicinal

Sob o ponto de vista medicinal, os empregos desta planta são reduzidos, porém valiosos; utilizam-se a infusão da raiz contra a hepatite, o xarope dos frutos contra a asma e o chá das folhas contra tosse (Corrêa, 1984).

A lobeira, conhecida somente dentro da especificação de plantas daninhas, passou a ser estudada sob um novo enfoque em pesquisas para uso medicamentoso (Brandão, 1985). A terapêutica popular introduziu o uso do amido dos frutos da lobeira como auxiliar no tratamento de diabetes e hipoglicemia (Campos, 1994).

Segundo Bezerra (1993), o diabetes *mellitus* pode ser tratado por meio de um tratamento simples, rápido e barato, a partir do uso diário do amido extraído dos frutos da lobeira. A determinação da composição química desse amido mostrou a presença de alto teor de amilose, que pode ser um dos responsáveis pela redução da taxa de glicose pós-prandial e, conseqüentemente, da resposta insulínica. Outro fator que pode estar envolvido com o efeito hipoglicemiante do amido dos frutos da lobeira é a presença de um glicosídeo triterpenóide em plantas medicinais utilizadas no tratamento do diabetes *mellitus*, sendo responsável pelo aumento da utilização de glicose (Marciano, 1997).

## 2.5 Composição Química

De um modo geral, a água é o componente que apresenta a maior contribuição à massa dos frutos. Outros compostos que participam habitualmente da composição dos frutos maduros e frequentemente são solúveis em água são: açúcares (sacarose, glicose e frutose), ácidos (cítrico, málico, tartárico e oxálico), ânions e cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{1+}$ ,  $\text{Cl}^{1-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{1-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ), álcoois, ésteres, flavonóides, glicosídeos, fenóis, aminoácidos, vitaminas, alcalóides, terpenos, lipídeos, etc. A concentração de ácidos orgânicos declina geralmente durante a maturação em razão de sua utilização como fonte de energia durante a respiração ou como fonte de carbono para a síntese de açúcares (Awad, 1993).

Segundo Marciano (1997), o amido dos frutos da lobeira extraídos sob metodologia específica apresentava duas frações distintas: a fração clara e a escura. A fração clara apresentou a seguinte composição química: proteínas 0,34%, lipídios 0,08%, umidade 14,96%, cinzas 0,03% e amido 94,31%, ao passo que a fração escura apresentou: proteínas 1,38%, lipídios 0,27%, umidade 0,08%, cinzas 0,08% e amido (não determinado).

Corrêa *et al.* (2000) avaliaram alguns constituintes químicos da fruta-de-lobo durante a maturação e encontraram os seguintes teores em 100 g de polpa fresca: açúcares redutores, 1,23 g; compostos fenólicos, 81,56 mg, e ácido cítrico, 0,06 g.

## 2.6 Alterações durante o Amadurecimento

A maturação dos frutos pode ser definida à seqüência de mudanças na cor, "flavor" e textura. A mudança quantitativa mais importante durante a maturação de muitos frutos é a hidrólise de polímeros de carboidratos e, em particular, a de amido e sua conversão em açúcares, que contribuem para o sabor agradável do fruto. Outra mudança quantitativa importante é a hidrólise das

pectinas, hemiceluloses e celulose da lamela média e da parede celular, que provocam o amolecimento da maioria dos frutos (Awad, 1993).

As atividades durante a maturação não são apenas catabólicas, alguns órgãos vegetais utilizam a energia liberada pela respiração, para continuar a síntese de pigmentos, enzimas e outros materiais, após serem destacados da planta-mãe. Essas sínteses são parte essencial do processo de amadurecimento de muitos frutos. A atividade respiratória é influenciada, em parte, pela composição do fruto e pelas alterações químicas que ocorrem durante a fase de maturação (Chitarra & Chitarra, 1990).

### **2.6.1 Sólidos Solúveis Totais**

A determinação de sólidos solúveis totais (SST) normalmente é feita com o objetivo de se ter uma estimativa da quantidade de açúcares presentes nos frutos, embora, medidos com refratômetro, incluem, além dos açúcares, pectinas, sais e ácidos solúveis. Normalmente observa-se aumento nos teores de SST durante o amadurecimento de frutos, como foi observado em mangas, nas quais a porcentagem de SST varia de 6,65 a 21,9%, dependendo da cultivar e do estágio de maturação do fruto (Natividad-Ferrer, 1987). Porém, resultados diferentes foram observados durante o amadurecimento de tomates, que não apresentaram diferença nos valores de SST (Filgueiras, 1996), ao passo que, com abacaxi (Abreu, 1995), observaram-se aumentos e decréscimos nos valores de SST.

### **2.6.2 Amido e Açúcares**

Um importante atributo associado à qualidade dos frutos é o sabor. O conteúdo e a composição de açúcares têm papel fundamental nesse atributo, sendo também indicadores do estágio de amadurecimento dos frutos.

O amadurecimento, em geral, conduz a uma maior doçura, devido ao aumento nos teores de açúcares simples decorrentes de processos biossintéticos ou degradativos dos polissacarídeos presentes nos frutos (Gonçalves, 1998). Dentre os polissacarídeos existentes nos frutos, destaca-se o amido, cuja degradação é uma das características mais flagrantes durante o processo de amadurecimento de frutos climatéricos (Konish *et al.*, 1991). Quimicamente, o amido é constituído de duas frações de polissacarídeos: amilose e amilopectina. A amilose é uma cadeia linear consistindo de cerca de 4.000 resíduos de glicose conectadas por ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4. Amilopectina é um polímero ramificado composto de unidades de glicoses conectadas por ligações  $\alpha$ -1,4 e no local da ramificação, a ligação é  $\alpha$ -1,6 (Wong, 1989).

Em kiwis, o amido que se acumulou durante o crescimento do fruto é rapidamente hidrolisado durante o amadurecimento, resultando em um rápido aumento de açúcares solúveis, particularmente glicose, frutose e sacarose (Given, 1993).

### **2.6.3 Pectinas e Enzimas Pécnicas**

As substâncias pécticas encontram-se, principalmente, depositadas na parede celular, atuando como material cimentante, sendo responsáveis pelas mudanças de textura dos frutos (Chitarra & Chitarra, 1990). São derivadas do ácido poligalacturônico e ocorrem na forma de protopectina, ácidos pectínicos, ácidos pécticos e pectinas. As substâncias pécticas, quimicamente, são complexos coloidais de polissacarídeos ácidos, com uma estrutura formada por resíduos de ácidos galacturônicos unidos por ligações  $\alpha$ -1,4. Os grupos carboxila dos ácidos galacturônicos são parcialmente esterificados por grupos metila e parcialmente ou completamente neutralizados por íons sódio, potássio ou amônio (Kashyap *et al.*, 2001).

De acordo com Cheftel & Cheftel (1992), denominam-se pectinas somente as cadeias poligalacturônicas 100% metiladas, e as cadeias poligalacturônicas com grau de metilação inferior a 100% seriam denominadas ácidos pectínicos. O termo ácidos pécticos designa os ácidos poligalacturônicos isentos de metoxila (-OCH<sub>3</sub>). Na prática, emprega-se o termo pectinas tanto para os ácidos pectínicos como para as pectinas propriamente ditas.

Em frutos, a mudança mais evidente e intensivamente estudada da composição da parede celular é a perda e solubilização dos polímeros de uronídeos, caracterizada pela conversão de protopectina insolúvel de alto peso molecular, para pectina solúvel (Melford & Prakash, 1986).

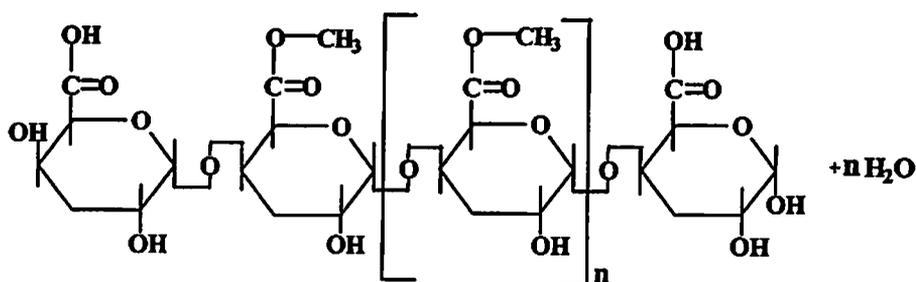
As mudanças aparentes no tamanho molecular dos polímeros da parede celular, que acompanham o amadurecimento dos frutos, implicam na ação de enzimas capazes de degradar componentes específicos da parede celular. Conseqüentemente, a atividade das hidrolases envolvidas no amadurecimento tem sido objeto de estudo de muitos autores (Fisher & Bennett, 1991; Huber, 1983a; Pressey, 1977; Rexová-Benková & Markovic, 1976).

A modificação da estrutura da parede celular, mediada por enzimas durante o amadurecimento de frutos, tem sido estudada em mangas (Ali *et al.*, 1995; Faria *et al.*, 1994; Labib *et al.*, 1995; Mitcham & McDonald, 1992; Roe & Bruemmer, 1981), abacates (Awad & Young, 1979; Hatfield & Nevins, 1986; Huber & O'Donoghue, 1993; Zauberman & Schiffmann-Nadel, 1972), cerejas (Barret & Gonzales, 1994), mirtilo ou "blueberry" (Proctor & Miesle, 1991), além de outros frutos, como os de clima temperado ou não climatéricos.

Um grande número de enzimas tem participação na degradação biológica das substâncias pécticas, embora algumas não sejam estudadas. Dentre elas, segundo Fonseca (1974), as mais importantes e objetos de maiores estudos são as pectinametilesterases PME e as poligalacturonases PG.

A PME (E.C. 3.1.1.11) é a enzima que catalisa a hidrólise de metil ésteres nas cadeias dos ácidos pectínicos e pectinas. No mecanismo proposto, uma cadeia de ácido pectínico foi totalmente desesterificada por meio de hidrólise da ligação éster catalisada pela pectinametilesterase, tendo como produtos da reação, ácido galacturônico e metanol (Figura 3). A PME é altamente específica para ésteres e metil ésteres quando esses ocorrem na pectina, não hidrolisando estes radicais em cadeias curtas de galacturonanas. A enzima é ativada por cátions divalentes ou monovalentes em altas concentrações e sua faixa ótima de pH varia de 5 a 8, dependendo da concentração de cátions (Pressey, 1977).

### FÓRMULA ESTRUTURAL DE UMA CADEIA DE ÁCIDO PECTÍNICO



### REAÇÃO CATALISADA PELA PME

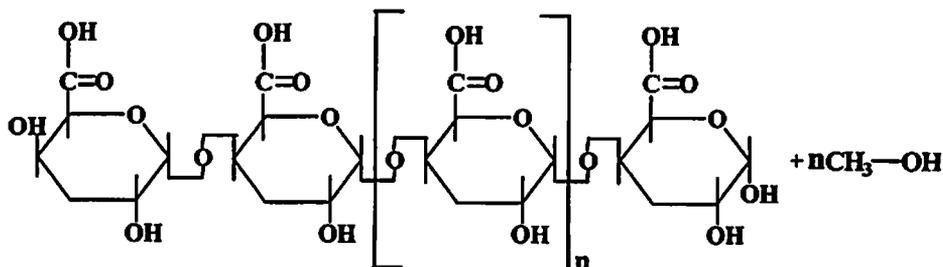
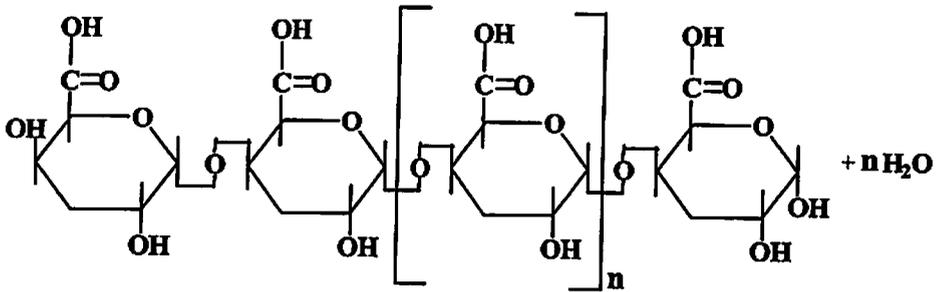


FIGURA 3 Mecanismo de ação da pectinametilesterase.

A PG (EC 3.2.1.15) tem sido estudada por muitos autores pelo fato de ser considerada a principal responsável pela modificação da textura dos frutos, em virtude de sua distribuição universal e atuação associada ao momento do amadurecimento (Huber, 1983a). A solubilização da pectina associada ao momento do amadurecimento do fruto é comumente atribuída à hidrólise das ligações glicosídicas na protopectina, catalisada pela PG (Pressey & Avants, 1982). Essas enzimas podem ser de dois tipos: exo-PG e endo-PG e ambas hidrolisam as ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 nos ácidos pécticos. A diferença é que a exo-PG promove a hidrólise das ligações glicosídicas de forma seqüencial, a partir da extremidade redutora (Figura 4), formando monômeros de ácido galacturônico, ao passo que a endo-PG promove a hidrólise ao acaso em qualquer ligação glicosídica que não esteja associada à extremidade redutora, formando monômeros, dímeros, trímeros, tetrâmeros, etc de ácidos galacturônicos. (Kashyap *et al.*, 2001), como mostrado na Figura 5.

## FÓRMULA ESTRUTURAL DE UMA CADEIA DE ÁCIDO PÉCTICO



### REAÇÃO CATALISADA PELA EXO-PG

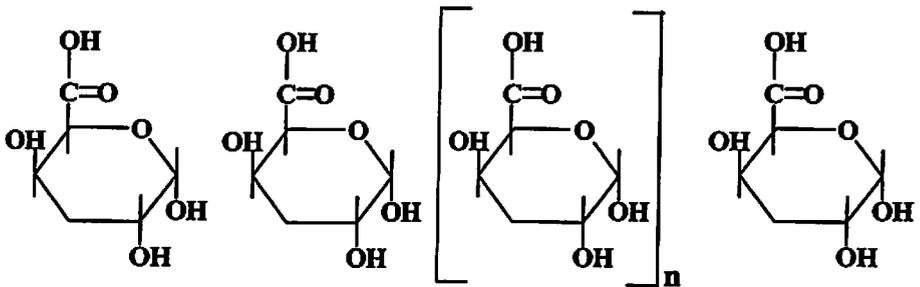
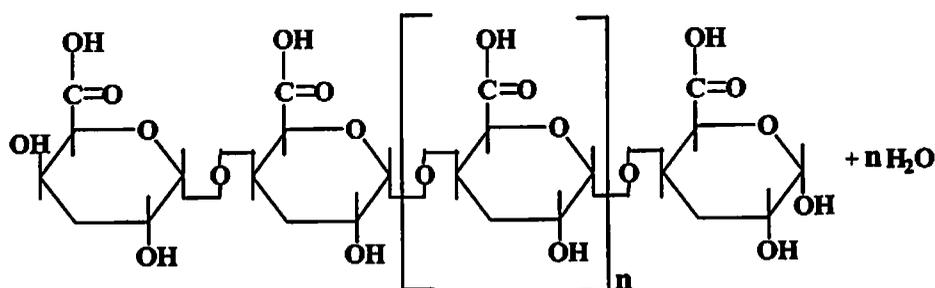


FIGURA 4 Mecanismo de ação da exo-polygalacturonase.

Muitos autores têm estudado a atividade de PG, sobretudo em tomates, por meio dos quais se chegou a avanços genéticos que contribuíram para a compreensão do seu papel na fase de amadurecimento (Ali & Brady, 1982; Brady *et al.*, 1982).

Por meio de alguns trabalhos, infere-se que a atividade da PG esteja diretamente relacionada ao grau de esterificação da pectina, promovido pela atuação da PME (Koch & Nevins, 1989; Pressey & Avants, 1982). De acordo com Fischer & Benett (1991), a PME apresenta um papel importante, influenciando na extensão onde a pectina estará acessível à degradação pela PG.

## FÓRMULA ESTRUTURAL DE UMA CADEIA DE ÁCIDO PÉCTICO



### REAÇÃO CATALISADA PELA ENDO-PG

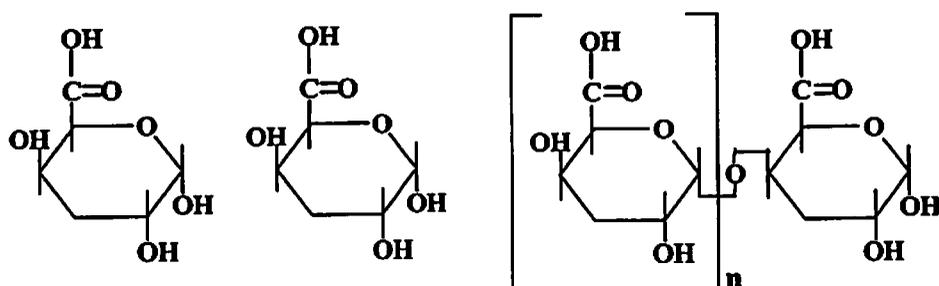


FIGURA 5 Mecanismo de ação da endo-poligalacturonase.

Uma ampla classe de hidrolases de parede celular podem ser identificadas em polpas de frutos (Huber, 1983b; Seymour *et al.*, 1993). Além das mais estudadas, ou seja, PME e PG, outras hidrolases têm recebido atenção, como a  $\beta$ -(1-4) glicanase ou celulase (EC 3.2.1.4), enzimas que promovem a hidrólise das ligações  $\beta$ -(1-4) entre os resíduos de glicose adjacente. A atividade dessa enzima é medida usando-se substrato artificial, ou seja, carboximetilcelulose e, em muitos casos, é totalmente inativa na presença de celulose natural. A  $\beta$ -galactosidase (EC 3.2.1.23), cuja atividade é também freqüentemente medida usando substrato artificial. Em muitos casos essas enzimas são incapazes de degradar galactanas naturais e seu substrato natural

permanece intacto; porém, em vários casos  $\beta$ -galactosidases de frutos maduros, atacam polímeros de galactanas naturais (Seymour *et al.*, 1993).

As perdas de galactose e arabinose da parede celular de abacate e tomate em amadurecimento levaram a pesquisa de outras glicanases e glicosidases que pudessem participar no amaciamento dos frutos (Huber, 1993). Com base nesses estudos, foi encontrada uma grande quantidade de carboidratos no processo. Apesar de inicialmente ter-se atribuído às glicosidases o papel de hidrolisar glicosídeos secundários em plantas, a sua função fisiológica exata ainda não está bem compreendida.

Ranwala *et al.* (1992) chegaram à conclusão de que o amaciamento da polpa de melões se dá na ausência da atividade da PG, mas mostram um envolvimento das  $\beta$ -galactosidases na modificação dos polissacarídeos estruturais da parede desses frutos, sugerindo um papel importante dessas enzimas no amaciamento da polpa.

Em tomates, bem como em maçãs e morangos, ocorre uma perda expressiva de galactose da parede celular que, segundo Pressey (1983), não estaria relacionada à degradação da parede celular pela PG, mas possivelmente a uma galactanase. Com esse estudo, ocorreu o encontro de três  $\beta$ -galactosidases, em que cada uma delas estaria envolvida na degradação de galactanas na parede celular de tomates aumentando-a durante o amadurecimento. Contudo, o autor não relacionou a atividade da  $\beta$ -galactosidase à modificação na textura do fruto. Ali *et al.* (1995) sugeriram uma estreita correlação entre a atividade da  $\beta$ -galactosidase, o amaciamento dos tecidos e um aumento na solubilidade de pectinas em mangas, posicionando a enzima como fator importante no processo de amadurecimento e amaciamento da polpa desses frutos.

#### **2.6.4 Acidez Total Titúvel e pH**

Segundo Kramer (1973), os dois métodos mais comumente usados para medir a acidez dos frutos são a acidez total titulável (ATT) e o potencial hidrogeniônico (pH); o primeiro, representando todos os grupamentos ácidos encontrados (ácidos orgânicos livres e na forma de sais, compostos fenólicos), e o segundo, determinando a concentração hidrogeniônica da solução.

Os valores de pH e ATT variam dependendo do tipo de fruto analisado. Durante o amadurecimento de manga, observa-se diminuição da acidez e, conseqüentemente, aumento do pH (Lima, 1997); no entanto, no amadurecimento de tomate os valores de pH apresentam uma tendência de diminuir, em comportamento coerente com tendência de aumento na ATT (Filgueiras, 1996), e no amadurecimento de abacaxi, há aumento da acidez, com conseqüente diminuição do pH (Abreu, 1995).

#### **2.6.5 Vitamina C Total**

O teor de vitamina C de frutas pode decrescer durante o armazenamento, dependendo, em grande parte, da maturação e da temperatura de armazenamento (Cheftel & Cheftel, 1992); assim como há frutos que aumentam seus teores de vitamina C, normalmente quando esses também aumentam seus teores de açúcares solúveis totais, pelo fato de serem precursores da vitamina C (Kays, 1991). Dentre esses frutos, estão a goiaba, mamão (Seymour *et al.*, 1993), melão (Menezes, 1996) e abacaxi (Abreu, 1991; Botrel, 1991).

Os frutos constituem a fonte natural mais importante de vitamina C para os seres humanos, e os que se destacam pelo alto teor dessa vitamina são: acerola, caju, mamão, goiaba, citrus, morango, manga, caqui, kiwi, maracujá e tomate (Awad, 1993).

### 2.6.6 Polifenóis, Polifenoxidase e Peroxidase

As plantas produzem vários compostos que contêm um ou mais resíduos fenólicos. Esses compostos podem ser divididos em grupos principais de acordo com o número de átomos de carbono em seu esqueleto (Goodwing & Mercer, 1985). Os polifenóis representam um dos mais abundantes grupos de compostos encontrados na natureza e são de particular interesse na fisiologia pós-colheita por causa de seus papéis no desenvolvimento da cor e do *flavor* (Chitarra & Chitarra, 1990). A partir do aminoácido fenilalanina, que constitui a unidade básica construtora dos polifenóis, são sintetizados todos os compostos fenilpropanóides (Rhodes, 1983).

O polifenóis raramente são encontrados na forma livre, normalmente estão ligados a outros compostos, ácido hidroxicinâmico, grupos amina, proteínas, lipídios, terpenóides, fenólicos, carboidratos e podem formar éster com ácidos orgânicos. A alta capacidade de se complexar com outros compostos, principalmente com proteínas, caracteriza os polifenóis como uma classe de antinutritivos (Kays, 1991).

Durante o amadurecimento de caqui, o nível de adstringência e a concentração de polifenóis solúveis em água diminui, o que propicia a obtenção de um fruto de excelente *flavor*. Esse decréscimo na adstringência é devido à polimerização dos polifenóis, formando moléculas maiores que não complexam as proteínas (Kays, 1991). A adstringência está relacionada ao grau de polimerização dos polifenóis e ocorre em compostos com peso molecular entre 500 e 3000 (Chitarra & Chitarra, 1990).

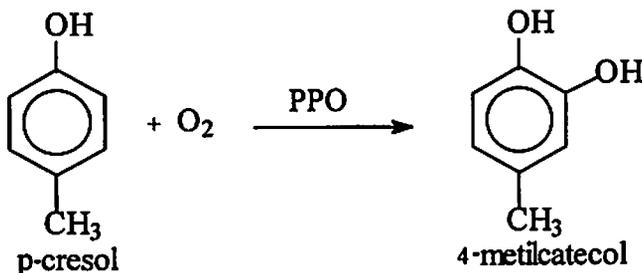
O escurecimento enzimático é um dos principais fatores que contribuem para a perda de qualidade durante o manuseio pós-colheita de certos frutos, podendo prejudicar a aparência e as propriedades organolépticas, reduzindo a vida útil, o valor nutricional e comercial dos produtos. Esse escurecimento é consequência principalmente da oxidação dos fenóis por duas enzimas: as

polifenoloxidasas (PFO) EC 1.10.3.1 e as peroxidases (PER) EC 1.11.1.7 (Teisson, 1979; Nickerson & Ronsivalli, 1980).

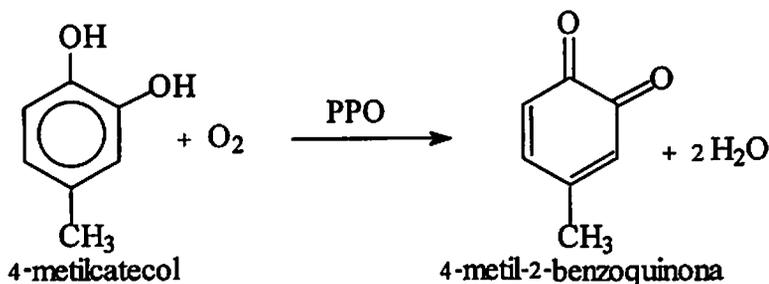
A enzima PFO é encontrada praticamente em todos os tecidos vegetais, em concentrações especialmente altas em cogumelo, batata, pêssego, maçã, banana, manga, folhas de chá, abacate e café. Embora indesejável na maioria dos casos, em virtude da alteração da coloração, perda de nutrientes e formação de sabor indesejável, o escurecimento oxidativo em chá, café, cacau e ameixa seca é desejável (Araújo, 1999).

A enzima PFO possui cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ) no centro ativo e funciona como oxidase de função mista, catalisando dois diferentes tipos de reação (Araújo, 1999):

1º) monoxigenase, atua na hidroxilação de monofenóis para diidroxifenóis;



2º) Oxidase, que atua oxidando os difenóis para o-quinona;



A PFO está envolvida no escurecimento enzimático de muitos produtos vegetais comestíveis, principalmente frutas e hortaliças (Eskin, 1991). Por isso, tem recebido atenção contínua de químicos e processadores de alimentos desde a sua descoberta, há cerca de um século.

Geralmente é o termo polifenoloxidase que engloba a habilidade das várias enzimas (tirosinase, creolase, catecolase, difenolase e fenolase) em utilizar diferentes polifenóis como substratos (Zawistowski *et al.*, 1991). A atividade de PFO em vegetais depende da espécie, cultivar e estágio de maturação (Vámos-Vigyázó, 1991).

Nos tecidos vegetais existem numerosos polifenóis que podem ser oxidados também pelas peroxidases, na presença de pequena quantidade de hidroperóxido (Dilley, 1979; Wheatley, 1982; Awad, 1993).

As peroxidases estão amplamente distribuídas no reino vegetal e foram encontradas em todos os vegetais superiores pesquisados. Diferentes tipos de peroxidases de plantas foram identificadas desde o início do século e um número cada vez maior de funções tem sido a elas atribuído. Atualmente é totalmente aceito que as peroxidases de tecidos vegetais existem em grupos de isoenzimas, as isoperoxidasas, que podem ser separadas e detectadas por eletroforese (Robinson, 1991).

Existem numerosos relatos na literatura de fisiologia vegetal sobre o envolvimento específico das peroxidases na biossíntese de lignina, oxidação do ácido indolacético, amadurecimento de frutos e proteção contra ataques de fungos e bactérias (Robinson, 1991). Na pós-colheita, as peroxidases são responsáveis pela perda da cor, *flavor* e textura, assim como pelos atributos nutricionais (Araújo, 1999).

As peroxidases e lipoxigenases são as enzimas com maior estabilidade térmica presente em frutos e hortaliças. Durante muito tempo, as peroxidases atraíram a atenção de pesquisadores e o nível de sua atividade residual era usado

como indicador da eficiência do processo de branqueamento. As taxas de inativação e reativação das peroxidases são dependentes de vários fatores, como temperatura e tempo de duração do tratamento térmico, pH e concentração de sais (Robinson, 1991).

Os inibidores químicos mais freqüentemente utilizados no controle da atividade das peroxidases na indústria são o dióxido de carbono e os sulfitos. A utilização de 0,1 a 0,15% de metabissulfito de sódio previne a formação de sabores estranhos durante o armazenamento de vegetais processados. O sulfito bloqueia a atividade enzimática pela manutenção do substrato (doador de hidrogênio) na forma reduzida (Araújo, 1999).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Procedência e Colheita dos Frutos

Os frutos da espécie vegetal *Solanum lycocarpum* St. Hil. utilizados foram colhidos de plantas nativas encontradas em pastagens no município de Perdões, Minas Gerais, que está situado a 767 m de altitude e tem como coordenadas geográficas 21°05'20" de latitude Sul e 45°05'50" de longitude W.Gr. (IBGE, 1958). De acordo com os dados coletados pela Estação de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, estação mais próxima de Perdões, no período de 1° de julho a 30 de novembro de 2000, período entre o florescimento e a colheita dos frutos, obtiveram-se os seguintes dados: temperatura média = 26,7°C; precipitação média = 2,6 mm; precipitação total = 396,6 mm; umidade relativa média = 66,4%; insolação média = 6,7 horas e insolação total = 1019,1 horas.

Os frutos foram colhidos no dia 20/11/2000, após às 16 horas, levando-se em conta os seguintes critérios de seleção: estágio de maturação, tamanho, cor da casca (verde intenso), pedúnculo totalmente preso e ausência de injúrias provocadas por insetos ou por choques mecânicos.

Imediatamente após a colheita e seleção (frutos com boa aparência), 120 frutos devidamente embalados em sacos de papel, foram transportados via terrestre para o Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras, distante 34 km do local de colheita, onde foram armazenados à temperatura ambiente durante 18 dias, tempo suficiente para o total amadurecimento do fruto. As temperaturas mínima e máxima observadas durante o período de amadurecimento foram, em média, 17,1 e 26,9°C respectivamente.

## 3.2 Preparo das Amostras

Os 120 frutos selecionados foram separados em porções de 12 frutos, constituindo as amostras do dia zero (dia da colheita) ao 18° dia, com intervalos de 2 dias entre os estágios de amadurecimento (0,2,4,6,8,10,12,14,16,18).

Os frutos foram todos colhidos e armazenados juntos e a cada 2 dias foram lavados com água destilada, descascados, tendo suas polpas picadas, congeladas em nitrogênio líquido e liofilizadas em Liofilizador Labconco Freeze Dry System/Freezone 4,5 até massa constante. Todas as amostras foram liofilizadas durante 3 dias, tempo suficiente para que as massas das amostras se tornassem constantes.

Após a liofilização, as amostras foram moídas em moinho refrigerado por 3 períodos de 3 segundos, sob rotação de 22.500 rpm, temperatura de 4°C, sendo, em seguida, armazenadas em recipiente de vidro hermeticamente fechado e protegido da luz sob temperatura ambiente, até as análises.

## 3.3 Análises Químicas e Físico-Químicas

### 3.3.1 Análises de Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável e pH

A 2,4 g de polpa liofilizada foi adicionada água destilada até volume final de 50 mL, que foram homogeneizados em homogeneizador mecânico (politron) por 20 segundos. A suspensão obtida foi filtrada, e o filtrado foi utilizado para a determinação dos sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e pH. Determinou-se o teor de SST por leitura em refratômetro digital, modelo Pr-100, Palette (Atago Co., LTD., Japão), com compensação de temperatura automática. Os sólidos solúveis foram registrados com precisão de 0,1% a 25 °C. O pH foi registrado em medidor de pH digital dotado de eletrodo de vidro e a acidez total titulável foi obtida por titulação com NaOH 0,1 N até viragem de cor (fenolftaleína), concomitantemente com a titulação eletrométrica

até pH= 8,6. Os resultados foram expressos em equivalentes de ácido cítrico por 100 g de peso fresco (AOAC, 1990).

### 3.3.2 Extração e Análise de Amido

A extração foi feita segundo técnica citada por Arêas e Lajolo (1980). Uma massa de 0,286 g de polpa foi homogeneizada em homogeneizador tipo "Potter" com 5 mL de NaOH 0,5 N. A suspensão foi centrifugada a 2.000 g por 15 minutos a 25°C, o sobrenadante, neutralizado com ácido acético 0,5 N, e o volume, completado para 50 mL. A solução obtida constituiu-se de extrato de amido e açúcares simples. Para separar o amido dos açúcares, 1 mL da solução foi adicionado a 4 mL de etanol 95%(v/v), agitando-se, em seguida, e centrifugando a 20.000 g por 20 minutos; o sedimento foi lavado mais duas vezes com etanol 95%(v/v), obtendo o amido livre de açúcares simples. O amido obtido foi hidrolizado utilizando 1 mL de solução de amilo-1,4-1,6 glicosidase (AGS 14 U/mL) EC 3.2.1.3 em tampão acetato 0,1 mol/L, pH=4,8, por 2 horas a 40°C (Arêas & Lajolo, 1980).

A quantificação do amido por meio da glicose liberada na reação anterior foi feita segundo a técnica descrita por Dahlqvist (1968), com algumas modificações. Em tubo de ensaio, 0,1 ml da solução de amido hidrolizado foi adicionado a 1,0 mL de TGO (15 mg de glicose oxidase EC 1.1.3.4, SIGMA tipo II; 1,0 mL de o-dianisidina 100 mg/10 mL de etanol 95% (v/v); 1 mL de solução de triton 10 mL/40mL de etanol 95% (v/v); 0,5 mL de solução de peroxidase EC 1.11.1.7, SIGMA tipo II, 10 mg/10 mL de água; em 100 mL de tampão tris pH=7,0, 0,25 mol/L) durante 60 minutos a 37 °C. A leitura em espectrofotômetro foi feita a  $\lambda=420$  nm e o teor de amido foi expresso em g de glicose/100 g de polpa fresca.

### 3.3.3 Extração e Análises de Açúcares Redutores, Solúveis Totais e Não Redutores

Extraídos pelo método de Lane-Enyon (AOAC, 1990), o extrato de açúcares foi obtido homogeneizando-se manualmente 1 g de polpa liofilizada em 50 mL de etanol 95%, deixando-se extrair por 23 horas. No dia seguinte, a suspensão foi agitada em agitador tipo *shake* durante 60 minutos e filtrada em papel de filtro. O resíduo retido no papel de filtro (torta) foi lavado com 30 mL de etanol 95%. O filtrado obtido, aproximadamente 80 mL, foi evaporado em chapa elétrica à temperatura entre 70°C e 80°C, até obtenção de volume de aproximadamente de 5 mL, que foi completado para 50 mL com água destilada, constituindo o extrato para as análises de açúcares redutores, não-redutores e solúveis totais.

Os açúcares redutores foram analisados utilizando-se o método de (Noelting & Bernfeld, 1948). Um volume de 0,2 mL do extrato de açúcares foi adicionado a 0,2 mL de solução de ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) em tubo de ensaio, agitando-se as soluções, em seguida, para a homogeneização. Os tubos foram simultaneamente colocados em água fervente durante 5 minutos, sendo, então, resfriados à temperatura ambiente. Após resfriamento, adicionou-se 1,6 mL de água destilada e agitou-se para total homogeneização, fazendo-se a leitura de absorbância contra branco, utilizando-se o comprimento de onda  $\lambda = 520$  nm. O teor de açúcares foi expresso em g de glicose/100 g de polpa fresca.

O mesmo método redutométrico citado foi utilizado na determinação de açúcares totais. A um volume de 10 mL do extrato de açúcares, foi adicionado 0,5 mL de HCl concentrado em erlenmeyer de 125 mL. Os erlenmeyers foram simultaneamente colocados em água fervente por 20 minutos para promover hidrólise total dos açúcares. Após resfriamento à temperatura ambiente, o volume final foi completado para 40 mL. A quantificação dos açúcares solúveis totais foi feita como citado para a quantificação dos açúcares redutores. O teor

de açúcares não-redutores foi obtido pela diferença entre os teores de açúcares totais e redutores, cujo o valor multiplicado pelo fator 0,95 (fator de conversão do açúcar invertido em sacarose) dará a quantidade de sacarose existente na amostra. O teor de açúcares solúveis totais foi expresso em g de glicose/100 g de polpa fresca.

#### **3.3.4 Extração e Análise de Vitamina C Total**

A 0,2 g de polpa foi adicionado um volume de 6 mL de ácido oxálico 0,5 g/100 mL de água destilada, homogeneizando em politron por 1 minuto à temperatura ambiente e centrifugando a 15.000 g por 5 minutos também à temperatura ambiente. O sobrenadante constituiu a fonte de vitamina C.

Para analisar o teor de vitamina C contida nas amostras, foi utilizado o método colorimétrico de Roe e Kutether, citado por Stroecker & Henning (1967) com algumas modificações. Em tubo de ensaio, adicionaram-se 0,2 mL de extrato, 0,6 mL de ácido oxálico 0,5g/100 ml, 0,036 mL de 2,6-dicloro-fenol-indofenol (DFI) 0,2 g/100 mL e 0,2 mL de 2,4-dinitro-fenil-hidrazina (DNPH) 2,0 g/100 mL em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 25 mL/100 mL. Agitou-se vigorosamente e deixou reagindo por 3 horas a 37°C. Após resfriamento à temperatura ambiente, adicionou-se 1 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 85% (v/v), resfriou-se em banho de gelo, agitou-se e, em seguida, leu-se a  $\lambda=520$  nm. O teor de vitamina C total foi expresso em mg de ácido ascórbico/100 g de polpa fresca.

#### **3.3.5 Extração e Análise de Substâncias Pécicas**

As pectinas totais e solúveis foram extraídas segundo a técnica padronizada por McCready & McComb (1952).

A torta obtida na extração de açúcares no item 3.2.2 foi utilizada para a extração de pectina solúvel, sendo ressuspensa em 50 mL de água destilada,

colocada por 60 minutos sob agitação em *shake*, filtrando-se, em seguida, em papel-filtro. O filtrado constituiu o extrato de pectina solúvel.

Para extração de pectina total, seguiram-se os mesmos passos da extração de açúcares até obtenção da torta, que foi ressuspensa em 40 mL de solução Versene (EDTA 0,5 g/100 mL de água destilada); o pH foi ajustado para o intervalo de 11,0 a 11,5 com NaOH 1,0 N, deixando a solução em repouso por 30 minutos. Após o repouso, o pH foi ajustado para o intervalo de 5,0 a 5,5 com ácido acético glacial. Em seguida, adicionaram-se 200 mg de pectinase (1,0 U/mg, EC 3.2.1.15), ficando sob agitação em *shake* por 60 minutos à temperatura ambiente. O volume foi completado para 50 mL com solução Versene, filtrando-se, em seguida, a solução obtida coletando o filtrado que constituiu o extrato de pectina total.

Para a quantificação das substâncias pécticas, utilizou-se a técnica de Bitter & Muir (1962). Para ambas, pectinas solúvel e total, a reação se processou da seguinte maneira: 0,5 mL de extrato diluído foi adicionado a 1,5 mL de solução de tetraborato de sódio deca-hidratado (0,025 mol/L) em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado com os tubos mergulhados em banho de gelo, agitando vigorosamente os tubos e colocando-os em água fervente por 10 minutos. Após resfriamento dos tubos, adicionou-se 0,05 mL de carbazol 0,125 g/100 mL de etanol, agitando-os e colocando-os em água fervente por mais 15 minutos. A cor desenvolvida foi lida após 30 minutos a  $\lambda=530$  nm. Os teores de pectinas totais e solúveis foram expressos em mg de ácido galacturônico/100 g de polpa fresca.

### 3.3.6 Extração e Análise de Polifenóis

Os fenólicos totais ou polifenóis foram extraídos segundo Goldstein & Swain (1963) com algumas modificações. A 1 g de polpa foi adicionado um volume de 20 mL de metanol 80% (v/v), fervendo em chapa elétrica por 20 minutos, com temperatura variando de 70°C a 80 °C sob refluxo. A solução foi

filtrada, coletando-se o filtrado e ressuspensando a torta em 20 mL de metanol 80 % (v/v), repetindo a operação anterior por mais duas vezes. Os três filtrados obtidos foram reunidos e evaporados em chapa elétrica a 80 °C até volume aproximado de 5 mL. O volume foi completado para 50 mL com água destilada, obtendo a solução, que constituiu o extrato de polifenóis.

Na quantificação, foi utilizado o método de Folin-Denis, conforme recomendação da A.O.A.C. (1990). Mistura reagente: 0,85 mL do extrato mencionado no item 3.2.11, 0,05 mL do reagente de Folin-Denis (10 g de tungstato de sódio hidratado, 20 g de ácido fosfomoblídico, 50 mL de ácido fosfórico concentrado e completou-se o volume para 100 mL com água) e 0,10 mL de carbonato de sódio. Após agitar vigorosamente e esperar por 30 minutos, leu-se a cor desenvolvida a  $\lambda=760$  nm. O teor de fenólicos totais foi medido em mg de ácido tânico/100 g de polpa fresca.

### **3.3.7 Análise de Minerais, Nitrogênio e Proteína**

Os minerais cálcio, magnésio, manganês, cobre, zinco e ferro foram determinados por absorção atômica; fósforo, por espectrofotometria; potássio, por fotometria de chama, e enxofre por turbidimetria, e a quantificação de nitrogênio total foi feita por titulometria, de acordo com as técnicas descritas por Malavolta *et al.* (1997).

O teor de proteína foi estimado pelo resultado obtido, multiplicando-se o teor de nitrogênio pelo fator 6,25, de acordo com Malavolta *et al.* (1997), sendo expresso em g de proteína/100 g de polpa fresca.

## **3.4 Análises Bioquímicas**

### **3.4.1 Extração e Atividade de Amilase**

A amilase (EC 3.4.1.161) foi extraída de acordo com a técnica descrita por Karder (1992), com algumas modificações. Dois gramas de polpa foram

homogeneizados em homogeneizador mecânico com 30 mL de tampão tris 0,01 mol/L, NaCl 0,01 mol/L pH=7,0 por 20 segundos. Em seguida a amostra foi colocada em agitação por 60 minutos em *shake* a 4°C. Após agitação, a suspensão foi centrifugada a 10.000 g por 10 minutos a 4°C. O sobrenadante constituiu o extrato enzimático de amilase.

O extrato obtido foi convenientemente diluído em tampão tris 0,01 mol/L, NaCl 0,01 mol/L pH=7,0.

A atividade de amilase foi determinada pela reação de 0,1 mL de extrato enzimático e 0,1 mL de solução de amido solúvel 1 g/100 mL de tampão tris 0,1 mol/L pH=8,0 a 30°C. Os açúcares redutores formados durante a reação foram determinados pelo método de Noelting & Bernfeld (1948), parando a reação com 0,2 mL de DNS (1 g de ácido 3,5-dinitrosalicílico, 20 mL de NaOH 2 N, 30 g de tartarato de sódio e potássio e completou-se o volume para 100 mL com água), a cada 1 hora, durante 5 horas de reação. Terminada a reação, os tubos foram colocados em água fervente por 5 minutos, sendo, então, resfriados sob temperatura ambiente, adicionando-se 1,6 mL de água. Após agitação dos tubos, foi feita leitura da cor desenvolvida a  $\lambda=520$  nm.

Controles de branco de substrato (sem enzima) e branco de enzima (sem substrato) foram realizados da mesma forma que os tubos experimentais.

Para determinação do pH ótimo da enzima, variou-se o pH da solução que continha o substrato de 3,0 a 9,0 em intervalos de 0,5 unidade de pH. Para pH de 3,0 a 7,0, utilizou-se tampão citrato-fosfato 0,1 mol/L, e de 7,0 a 9,0, tampão tris 0,1 mol/L.

Terminada a reação, os tubos foram colocados em água fervente por 5 minutos, sendo, então, resfriados sob temperatura ambiente, adicionando-se 1,6 mL de água. Após agitação dos tubos, foi feita leitura da cor desenvolvida a  $\lambda=520$  nm. A atividade da enzima, foi expressa como  $\mu\text{mols}$  de açúcar redutor formado/minuto/100 g de polpa liofilizada (U/100g).

### **3.4.2 Extração de Poligalacturonase, Polimetilgalacturonase e Pectinametilesterase**

As extrações de poligalacturonase PG (EC 3.2.1.15), polimetilgalacturonase PMG (EC 3.2.1.15) e de pectinametilesterase PME (EC 3.1.1.11) foram realizadas segundo técnica descrita por Alonso *et al.*, (1995) com algumas modificações. Adicionaram-se 30 mL de solução NaCl 1,0 mol/L e polivinilpirrolidona (PVP) 1 g/100 mL a 0,7 g de polpa liofilizada. A suspensão foi homogeneizada por 10 segundos em homogeneizador mecânico (politron), seguida de agitação suave por 60 minutos e centrifugação a 4°C a 11.300g por 10 minutos. O sobrenadante constituiu os extratos de PG, PMG e PME.

### **3.4.3 Análise de Proteína Solúvel**

A quantificação de proteína solúvel foi feita no extrato obtido no item 3.4.2, segundo técnica descrita por Spector (1978), utilizando albumina de soro bovino como padrão.

Tomou-se alíquota de 0,1 mL de extrato, que foi adicionado a 1,0 mL do reagente de cor (100 mg de Coomassie brilliant blue G SIGMA, 50 mL de etanol 95% (v/v), 100mL de ácido fosfórico 85 % (p/v), completou-se com água a um volume de 1000 mL e filtrou-se em lã de vidro), agitando e deixando reagir por 5 minutos. A cor desenvolvida após a reação foi lida a  $\lambda=595$  nm em espectrofotômetro VARIAN, modelo Cary 50 Probe UV-visible, utilizando o software cary/win UV leitura simples.

O teor de proteína solúvel foi expresso em mg de proteína solúvel/g de polpa liofilizada.

### **3.4.4 Atividade de Pectinametilesterase**

A atividade de PME foi determinada utilizando método titulométrico citado por Alonso *et al.*, (1995), com algumas modificações. Uma mistura

reagente contendo 20 mL de solução de pectina cítrica (SIGMA, 90% esterificada e 9,1% de umidade; 1 g/100 mL de NaCl 0,1 mol/L) e 1,0 mL de extrato enzimático, foi titulada com NaOH 0,01 N, mantendo-se o pH=7,0 constante a 30°C de temperatura, durante 5 minutos.

A atividade de PME foi expressa em  $\mu$ equivalentes de grupos carboxila liberados/minuto (U). A atividade específica de PME foi calculada dividindo-se a atividade de PME pelo teor de proteína solúvel em mg, expressando-a em  $\mu$ equivalentes de grupos carboxila liberados/minuto/mg de proteína (U/mg de proteína solúvel).

### **3.4.5 Atividade de Poligalacturonase e Polimetilgalacturonase**

A atividade de PG foi determinada pela incubação de 0,10 mL de extrato obtido no item 3.4.3, com 0,05 mL de tampão citrato-fosfato 0,2 mol/L, pH=6,0 e 0,05 mL de substrato 2 g/100 mL (ácido poligalacturônico), durante 4 horas a 30 °C, interrompendo a reação a cada 30 minutos. Para determinação da atividade da enzima PMG, seguiram-se os mesmos passos realizados para a determinação da atividade de PG, exceto o tipo de substrato, que para a PMG utilizou-se pectina cítrica 2 g/100 mL (SIGMA, 90% esterificada e 9,1% de umidade).

Foi medida também a atividade de PG e PMG com extratos dialisados, para verificar a interferência da concentração do NaCl (1 mol/L) na atividade das enzimas. A membrana de diálise, após ter sido devidamente preparada, fervida 3 vezes por 5 minutos em solução de EDTA 0,01 mol/L, pH=7,0 acertada com NaOH, foi armazenada em geladeira em EDTA  $0,1 \times 10^{-3}$  mol/L, pH=7,0, sendo, então, utilizada para a diálise. Adicionaram-se 2 mL do extrato na membrana, devidamente preparada, que ficou submersa por 24 horas em 1 L de água destilada, que foi renovada após 12 horas.

Os grupos redutores foram determinados segundo a técnica descrita por Somogyi, modificada por Nelson, (1944), da seguinte forma: preparo da solução A: (carbonato de sódio anidro 2,5g/100 mL, tartarato de sódio e potássio 2,5 g/100 mL, bicarbonato de sódio 2 g/100 mL, sulfato de sódio anidro 20 g/100 mL e completando-se o volume final para 100 mL com água destilada); preparo da solução B: (sulfato de cobre penta-hidratado 15 g/100 mL, 2 gotas de ácido sulfúrico e completou-se o volume final para 100 mL de água destilada) e preparo do arsenomolibdato (2,5 g de molibdato de amônia, 2,1 mL de ácido sulfúrico concentrado e 45 mL de água destilada).

Após a reação enzimática, foi adicionado aos tubos 0,2 mL de solução A+B (25:1), sendo agitados e colocados em água fervente por 10 minutos. Após resfriamento, adicionou-se aos tubos 0,2 mL de arsenomolibdato, que foram novamente agitados vigorosamente por 5 minutos, adicionando-se 1,4 mL de água destilada. A cor desenvolvida durante a reação foi lida a  $\lambda=540$  nm.

Controles de branco de substrato (sem enzima) e branco de enzima (sem substrato) foram realizados da mesma forma que os tubos experimentais.

As atividade de PG e PMG foram definidas como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1  $\mu$ mol de açúcar redutor por minuto por grama de polpa liofilizada nas condições de ensaio.

#### **3.4.6 Extração e Atividade de Peroxidase**

A extração de peroxidase PER (EC 1.11.1.7) foi feita segundo técnica descrita por Maarten *et al.* (1997), com algumas modificações. Adicionou-se 0,5 g de polpa liofilizada a 10 mL de água destilada a 4°C, que foram homogeneizados em homogeneizador mecânico (politron) durante 20 segundos. A suspensão resultante foi, então, centrifugada a 15.000 g, por 5 minutos a 4°C. O sobrenadante obtido constituiu a fonte de enzimas.

A atividade de PER (EC 1.11.1.7) também foi determinada pelo método descrito por Maarten *et al.* (1997), com algumas modificações. Incubando diretamente na cubeta do espectrofotômetro VARIAN, modelo Cary 50 Probe UV-visible e o software cary/win UV cinético a  $\lambda=420$  nm, 0,125 mL do extrato obtido anteriormente, 0,75 ml de reagente de cor (100 mL de tampão citrato 0,1 mol/L pH=5,5, 1 mL de o-dianisidina 100 mg/10 mL de água e 0,2 mL de triton X-100) e 0,25 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0,1 mol/L, durante 3 minutos de reação a 30°C e  $\lambda=420$  nm. Determinou-se o pH ótimo da enzima, variando o pH do tampão citrato 0,1 mol/L de 3,0 a 7,0, em intervalos de 0,5 unidade de pH.

Controles de branco de substrato (sem enzima) e branco de enzima (sem substrato) foram realizados como descrito anteriormente.

A atividade de peroxidase foi expressa em nmols de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> reduzida/minuto/g de polpa liofilizada (mU/g).

### **3.4.7 Extração e Atividade de Polifenoloxidase**

A extração de polifenoloxidase PFO (EC 1.10.3.1) foi feita segundo método descrito por Maarten *et al.* (1997), com algumas modificações. Em homogeneizador mecânico (politron), 0,5 g de polpa foi homogeneizada em 10 mL de tampão fosfato 0,2 mol/L, pH=7,0 durante 20 segundos. A suspensão obtida foi centrifugada nas seguintes condições: 15.000g, por 5 minutos a 4°C. O sobrenadante obtido foi utilizado como fonte da enzima polifenoloxidase.

A atividade de polifenoloxidase PFO (EC 1.10.3.1) foi determinada segundo método descrito por Maarten *et al.*(1997), com algumas modificações. Diretamente na cubeta do espectrofotômetro, descrito no item 3.4.5, processou-se a reação enzimática nas seguintes condições: a 0,2 mL do extrato de PFO, foi adicionado 0,8 mL do substrato (pirogalol 0,125 mol/L) durante 3 minutos de reação a 30°C e  $\lambda=400$  nm.

Vários testes foram realizados para avaliar o melhor substrato da enzima PFO na fruta-de-lobo, nas mesmas concentrações e condições de ensaio. Foram testados os seguintes substratos: L-tirosina, catecol, pirogalol e ácido clorogênico.

A unidade de atividade da enzima polifenoloxidase foi definida como  $\Delta\text{ABS}/\text{minuto}/\text{g}$  de polpa liofilizada (U/g de polpa liofilizada).

#### **3.4.8 Análise Estatística**

Foi considerado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 10 tempos de armazenamento e 4 repetições, utilizando 3 frutos por repetição.

Os resultados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão a 5% de probabilidade, sendo os modelos selecionados mediante o coeficiente de determinação, e da significância dos coeficientes de regressão, testados pelo teste t de Student.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Desidratação após a Liofilização**

A desidratação das amostras ocorreu após 3 dias de liofilização, tempo suficiente para que a massa da amostra permanecesse constante, retirando das amostras, em média, 71,4 % de umidade.

### **4.2 Alterações dos Constituintes da Fruta-de-Lobo durante o Amadurecimento**

Os resumos das análises de variância e níveis de significância das variáveis analisadas durante o amadurecimento da fruta-de-lobo são mostrados nas Tabelas 1A a 7A dos ANEXOS.

#### **4.2.1 Sólidos Solúveis Totais**

Os SST representam o conteúdo em açúcares solúveis, ácidos orgânicos e outros constituintes menores (Hobson & Grierson, 1993).

Os teores dos SST aumentaram com o amadurecimento da fruta-de-lobo (Figura 6), assim como se observa durante o amadurecimento da maioria dos frutos. O aumento observado nos teores de SST pode ser explicado pela diminuição dos teores de amido (Figura 7) e, conseqüente, aumento dos teores de açúcares solúveis totais (Figura 8). Os teores médios de SST encontrados para o fruto verde (dia 0) e maduro (dia 18) foram respectivamente 1,57% e 3,70% (Figura 6). Assim como a fruta-de-lobo, outros frutos também apresentaram aumento dos SST durante o seu amadurecimento, dentre eles a manga (Lima, 1997) e o melão (Menezes, 1996); todavia, há frutos cujos teores de SST não variam, como o abacaxi (Abreu, 1991) e aqueles cujos teores oscilam, como o tomate (Filgueiras, 1996).

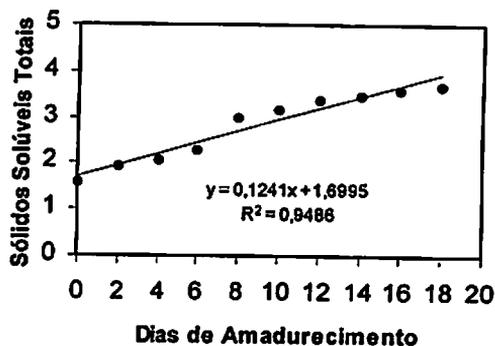


FIGURA 6 Teores médios de sólidos solúveis totais (%) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2.2 Amido

O teor (g de glicose/100 g de polpa fresca) mais elevado e mais baixo de amido foi de 19,53 no fruto verde (dia 0) e 1,82 no fruto maduro (dia 14), conforme (Figura 7).

Uma das principais alterações ocorridas durante o amadurecimento de frutos é a degradação do amido (Awad, 1991). Concomitantemente à diminuição dos teores de amido durante o amadurecimento (Figura 7), observou-se um aumento na concentração dos AST e de ANR (Figuras 8 e 10), estando de acordo com Chitarra & Chitarra (1990), que afirmam que alguns frutos jovens contendo amido apresentam decréscimo acentuado no seu teor com a maturação e aumento crescente nos teores de AST e ANR.

Esses resultados concordam com o de Lizada *et al.* (1990), que observaram que com o avanço da maturação, até o completo amadurecimento de bananas, o amido é hidrolisado, resultando em enriquecimento no teor de açúcares na polpa madura. Em outro estudo também com bananas, Vilas Boas (1995) encontrou teores de amido que variaram de 21 a 1,7 g de glicose/100 g de polpa nos frutos verde e maduro, respectivamente. Com mangas, Lima (1997)

observou que o teor de amido no mesocarpo fisiologicamente maduro diminuiu até o final do período de armazenamento.

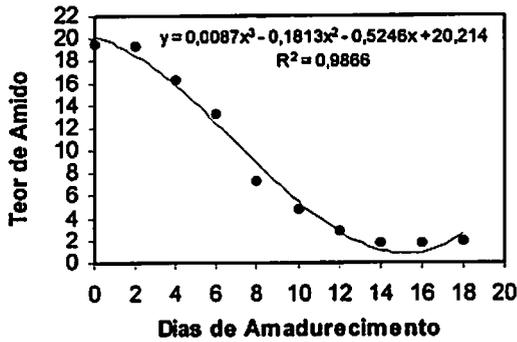


FIGURA 7 Teores médios de amido (g de glicose/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2.3 Açúcares Solúveis Totais

Houve aumento nos teores dos AST durante o amadurecimento do fruto (Figura 8), confirmando a afirmação de que parte do conteúdo dos SST é constituído de açúcares solúveis totais que, na maioria dos frutos, apresentam de 65 a 85% do teor de sólidos solúveis totais (Chitarra & Chitarra, 1990). Os teores dos AST encontrados para o fruto verde (dia 0) e maduro (dia 18) foram respectivamente 2,61 e 11,02 g de glicose/100 g de polpa fresca. Observou-se um incremento nos teores de açúcares solúveis totais até 10 dias de amadurecimento e, nesse estágio, foi encontrado o maior teor, ou seja, 11,20 g de glicose/100 g de polpa fresca.

O aumento nos teores dos AST encontrado durante o amadurecimento da fruta-de-lobo também foi observado durante o amadurecimento de banana (Vilas Boas, 1995), de manga (Lima, 1997) e de melão (Menezes, 1996).

As características inerentes da banana (Vilas Boas, 1995), manga (Lima, 1997) e fruta-de-lobo, que explicam o aumento nos teores de AST, são os

elevados teores de amido encontrados nos frutos verdes e sua conseqüente degradação durante o amadurecimento e conversão em açúcares simples.

A diminuição nos teores de amido, por causa de sua hidrólise na polpa do fruto, e o conseqüente aumento nos teores de AST são mostrados na Figura 9.

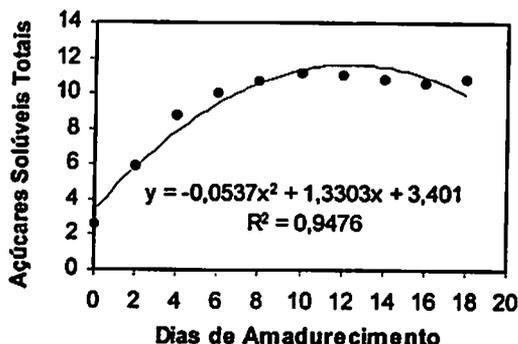


FIGURA 8 Teores médios de açúcares solúveis totais (g de glicose/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

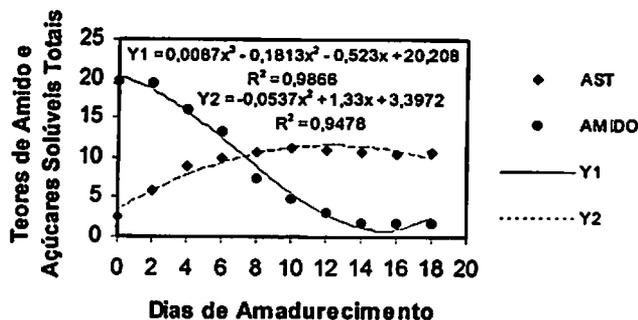


FIGURA 9 Teores médios de amido e açúcares solúveis totais (g de glicose/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

Os mesmos resultados não foram observados durante o amadurecimento de abacaxis (Abreu, 1991), cujos teores foram mais elevados no dia da colheita do que no final do amadurecimento. Já, Filgueiras (1996), não observou variação significativa dos AST durante o amadurecimento de tomates.

#### 4.2.4 Açúcares Não-Redutores

Concomitantemente ao aumento dos AST, observou-se um incremento na concentração dos ANR de 0,89 para 8,65 g de glicose/100 g de polpa fresca (Figura 10), no fruto verde (dia 0) e maduro (dia 18), respectivamente.

A baixa concentração de ANR encontrada no fruto verde é devida principalmente ao baixo teor de sacarose, que será sintetizada durante o amadurecimento. Com a degradação do amido, há um incremento no teor de açúcares não-redutores, o que mostra estar ocorrendo síntese de sacarose, pois não houve aumento de açúcares redutores (Figura 11).

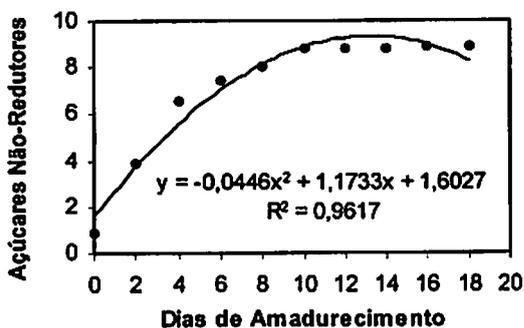


FIGURA 10 Teores médios de açúcares não-redutores (g de glicose/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2.5 Açúcares Redutores

Os teores de açúcares redutores apresentaram aumentos e decréscimos durante o amadurecimento. Os maiores teores dos AR, isto é, 2,29 e 2,25 g de glicose/100 g de polpa fresca, foram observados respectivamente aos 6 dias e 8 dias de amadurecimento (Figura 11).

No fruto verde (dia 0), o teor de AR, que foi de 1,67 g de glicose/100 g de polpa fresca (Figura 11), apresentou-se maior que o teor de ANR, que foi de 0,89 g de glicose/100 g de polpa fresca (Figura 10). Essa baixa concentração de

ANR, como dito anteriormente, se deve principalmente ao fato de o fruto verde apresentar baixo teor de sacarose, que é sintetizada com o amadurecimento.

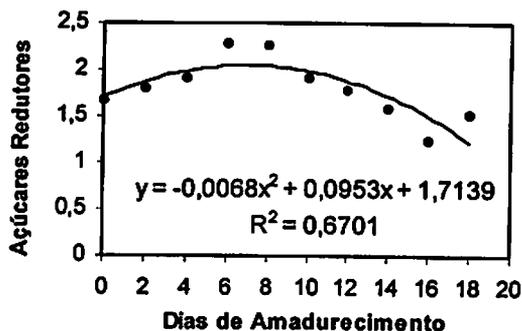


FIGURA 11 Teores médios de açúcares redutores (g de glicose/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

A partir do 2º dia até o estágio final, os teores de ANR foram superiores aos teores de AR, sugerindo haver síntese de sacarose durante o amadurecimento do fruto.

O teor médio de AR encontrado neste estudo foi de 1,79 g de glicose/100 g de polpa fresca. Corrêa *et al.* (2000), estudando os constituintes químicos da fruta-de-lobo durante 20 dias de maturação, não encontraram diferença significativa nos teores de açúcares redutores, cujo teor médio foi de 1,23 g de glicose/100 g de polpa fresca. Essas diferenças podem ser explicadas, possivelmente pelas diferentes épocas em que os frutos foram colhidos, pelos tipos de solos nos quais as plantas se desenvolveram e pela temperatura de armazenamento dos frutos durante o amadurecimento.

Pela Figura 12 pode-se observar que tanto os teores dos AST e ANR aumentaram, ao passo que os teores de AR apresentaram aumentos e decréscimos durante o amadurecimento da fruta-de-lobo.

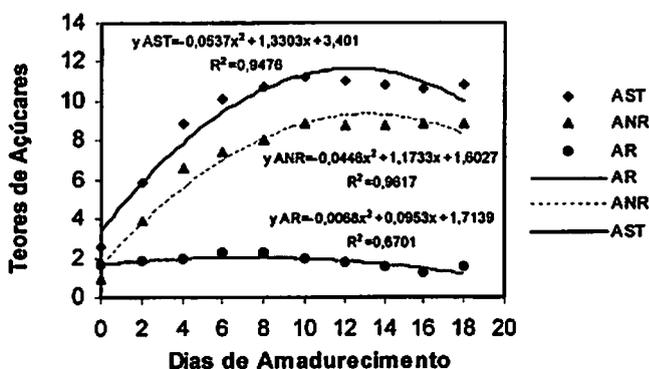


FIGURA 12 Teores médios de açúcares solúveis totais, açúcares não-redutores e açúcares redutores em g de glicose/100 g de polpa fresca durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2.6 Pectina Total e Pectina Solúvel

Os teores médios (mg de ácido galacturônico/100 g de polpa fresca) de PT encontrados na polpa da fruta-de-lobo aumentaram durante o amadurecimento de 852,92 (dia 0) até 2702,15 (dia 14), diminuindo para 1928,76 no 18º dia de amadurecimento (Figura 13). Resultado similar foi observado nos teores de PS, que aumentaram gradativamente durante o amadurecimento de 417,78 a 1388,28, respectivamente, no (dia 0) fruto verde e no (dia 18) fruto maduro (Figura 14).

Tais resultados estão de acordo com os encontrados durante o amadurecimento de banana (Vilas Boas, 1995), de abacaxi (Abreu, 1995) e fruta-de-lobo (Corrêa *et al.*, 2000), que observaram aumento nos teores de PT e de PS. Porém, o aumento nos teores de PT não é esperado durante o amadurecimento de frutos, que normalmente sofrem amaciamento da polpa, o que tem sido atribuído, com frequência, à hidrólise de vários polissacarídeos estruturais, sendo as substâncias pécticas o principal. O aumento de PT observado no presente estudo pode estar relacionado à eficiência da metodologia

de extração da PT quando o fruto está verde, o que sugere que a pectina dentro da parede está em uma forma não acessível pela pectinase EC 3.2.1.15, e a eficiência de extração talvez possa aumentar com o amadurecimento, já que a maioria dos polissacarídeos sofre hidrólise com o avanço do amadurecimento.

Menezes (1996) e Lima (1997), estudando melão e manga, respectivamente, observaram diminuição da firmeza da polpa e nos teores de PT e aumento nos teores de PS durante o amadurecimento dos frutos. Filgueiras (1996) não encontrou variação significativa nos teores de PT durante o amadurecimento de tomate; porém, observou aumento na solubilização de pectinas PS/PT (%).

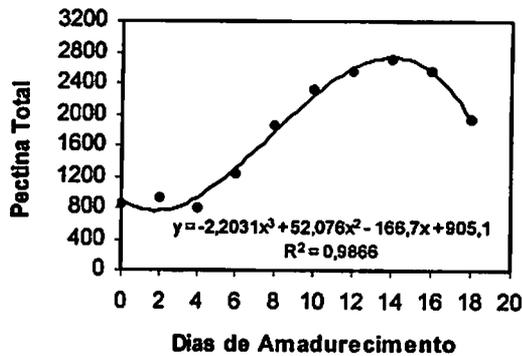


FIGURA 13 Teores médios de pectina total (mg de ácido galacturônico /100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

Observaram-se oscilações na solubilização de pectinas durante o amadurecimento (Figura 15). Nos frutos verde (dia 0) e maduro (dia 18), respectivamente, a relação PS/PT (%) variaram de 50,05 a 72,16. Os valores de PS/PT(%) encontrados neste trabalho são relativamente mais elevados do que os encontrados por Corrêa *et al.* (2000), ou seja, 10,14 (dia 0) a 35,80 (dia 20). Essa diferença encontrada pode ser devida às diferentes épocas de coleta dos frutos e às formas de preparo e armazenamento das amostras.

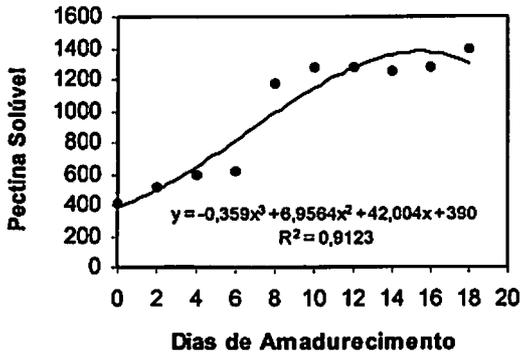


FIGURA 14 Teores médios de pectina solúvel PS (mg de ácido galacturônico /100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

No presente estudo, as amostras foram congeladas em nitrogênio líquido, liofilizadas e moídas em moinho refrigerado. No estudo feito por Corrêa *et al.* (2000), os frutos foram descascados, sua polpa, homogeneizada em liquidificador e mantida sob congelamento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

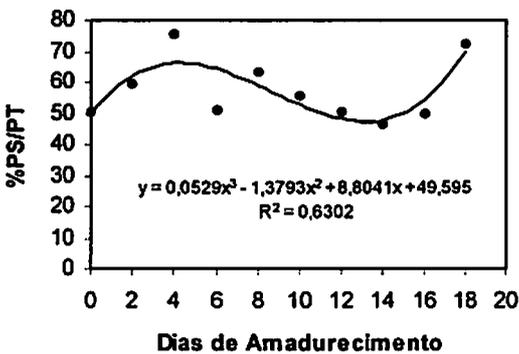


FIGURA 15 Relação pectina solúvel/pectina total (%) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2.7 Acidez Total Titulável e pH

Os valores médios de pH e da ATT (equivalentes de ácido cítrico/ 100 g de polpa fresca) não variaram significativamente ( $p \geq 0,05$ ) durante o amadurecimento (Tabela 1).

Corrêa *et al.* (2000), estudando fruta-de-lobo, e Filgueiras (1996), estudando tomate, encontraram diferença significativa no valor de pH; porém, não encontraram variação significativa no teor de ATT.

Os valores médios de pH e ATT neste trabalho foram respectivamente 4,42 e 0,78 (equivalentes de ácido cítrico/ 100 g de polpa fresca).

**TABELA 1** Acidez total titulável (equivalentes de ácido cítrico/ 100 g de polpa fresca) e pH durante o amadurecimento da fruta-de-lobo.

Dias	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
pH	4,50	4,45	4,46	4,42	4,36	4,47	4,46	4,48	4,31	4,30
ATT	0,75	0,77	0,76	0,83	0,78	0,80	0,73	0,78	0,78	0,84

Segundo Chitarra & Chitarra (1990), os frutos com o amadurecimento perdem rapidamente a acidez; mas, em alguns casos, há um pequeno aumento nos teores com o avanço da maturação.

#### 4.2.8 Polifenóis

Com o decorrer do amadurecimento, observou-se decréscimo acentuado dos teores de polifenóis até o 14º dia de amadurecimento (44,21 mg de ácido tânico/100 g de polpa fresca), ocorrendo um pequeno aumento a partir desse estágio (Figura 16 ). Um dos fatores que explica a diminuição dos teores dos polifenóis é que durante a maturação dos frutos há um aumento gradual na condensação dos fenólicos solúveis, tornando-os insolúveis por se ligarem fortemente a outros componentes celulares, não sendo, portanto, detectados (Chitarra & Chitarra, 1990).

Os teores de polifenóis (mg de ácido tânico/100 g de polpa fresca) encontrados em frutos maduros de ameixa (390), de banana (110) e de goiaba (520), (Chitarra & Chitarra, 1990), são muito maiores que os encontrados na

fruta-de-lobo madura. Portanto, os níveis de fenóis encontrados na fruta-de-lobo estão abaixo do nível considerado nocivo à saúde, que é acima de 1 % (Corrêa *et al.*, 2000).

Durante o amadurecimento da fruta-de-lobo Corrêa *et al.* (2000), encontraram o teor mais elevado de fenóis aos 10 dias, que foi de 81,56 mg de ácido tânico/100 g de polpa. Neste trabalho, o maior teor foi encontrado no fruto verde (dia 0), que foi de 51,19 mg de ácido tânico/100 g de polpa fresca (Figura 16).

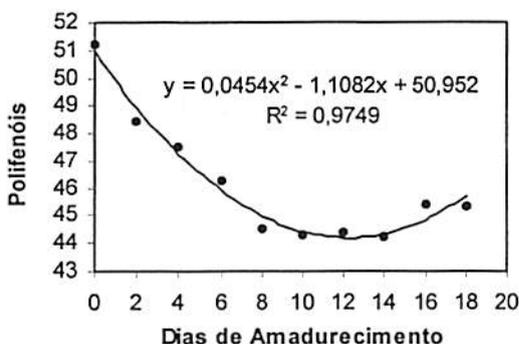


FIGURA 16 Teores médios de polifenóis (mg de ácido tânico/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

Essa diferença pode ser devida, provavelmente, às condições de extração, aos diferentes locais em que as plantas foram cultivadas, às diferentes épocas em que foram coletadas e armazenadas, já que o teor de compostos fenólicos em frutos varia largamente com a espécie, cultivar, local de cultivo e estação do ano (Chitarra & Chitarra, 1990).

#### 4.2.9 Vitamina C Total

O teor de vitamina C total (ácido ascórbico e ácido dehidroascórbico) aumentou significativamente, indicando síntese dessa vitamina durante o

amadurecimento (Figura 17). Os teores de vitamina C total, respectivamente no fruto verde (dia 0) e maduro (dia 18), foram de 35,64 e 85,12 mg de ácido ascórbico/100 g de polpa fresca (Figura 17).

O aumento na concentração de vitamina C total durante a maturação foi acompanhado por aumento no teor de AST (Figura 8). O ácido ascórbico é, estruturalmente, um dos componentes vitamínicos mais simples encontrados em plantas. É uma lactona de açúcar ácido que é sintetizado em plantas a partir de glicose ou outros carboidratos simples (Kays, 1991).

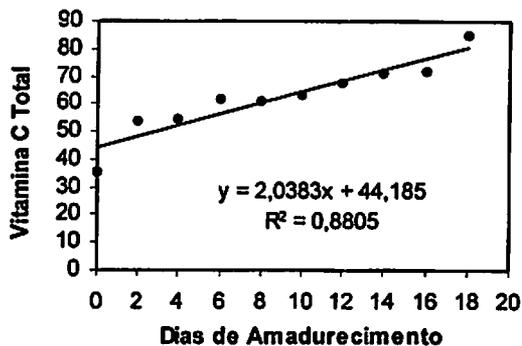


FIGURA 17 Teores médios de vitamina C total (mg de ácido ascórbico/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

Vários outros frutos apresentaram aumento dos teores de vitamina C durante o seu amadurecimento, dentre eles estão, goiaba, mamão (Seymour *et al.*, 1993), melão (Menezes, 1996) e abacaxi (Abreu, 1991; Botrel, 1991). Em contrapartida, existem também outros frutos que diminuem seus teores de vitamina C durante o amadurecimento, como é o caso de mangas (Lima, 1997). Já, os teores de vitamina C em frutos cítricos, podem diminuir ou permanecer constante durante o amadurecimento (Seymour *et al.*, 1993).

#### 4.2.10 Proteína Solúvel

O teor de proteína solúvel aumentou gradativamente, denotando degradação de proteínas, talvez promovida pela desorganização das estruturas celulares, principalmente parede e membrana celulares, deixando, assim, as proteínas progressivamente mais solúveis (Figura 18).

Os teores de proteína solúvel variaram, respectivamente, nos frutos verde (dia 0) e maduro (dia 18) de 4,25 a 14,34 mg de proteína/g de polpa liofilizada, observando-se um aumento de concentração da variável analisada de cerca de 3,4 vezes maior no estágio final em relação ao estágio inicial de amadurecimento do fruto.

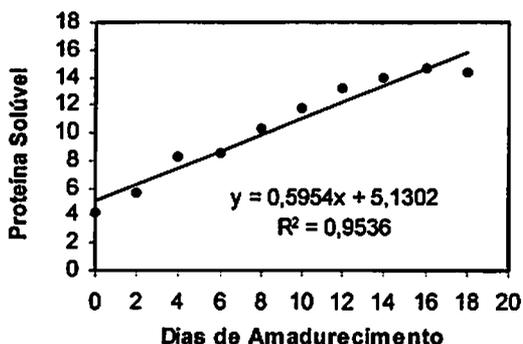


FIGURA 18 Teores médios de proteína solúvel (mg de proteína/g de polpa liofilizada) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2.11 Nitrogênio, Proteína e Minerais

Os teores de nitrogênio, proteína e minerais, durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, estão apresentados na Tabela 2 e Figuras 19, 20, 21 e 22. Dentre os minerais analisados, o único que não foi encontrado na composição química do fruto foi o cálcio. O fato de o vegetal se desenvolver normalmente na ausência desse mineral está de acordo com afirmação feita por Campos (1994), que afirma que a espécie vegetal *Solanum lycocarpum* St. Hil., da família

Solanaceae, popularmente conhecida como lobeira, cresce e se desenvolve em condições ambientais desfavoráveis, tais como terras ácidas e pobres em nutrientes.

O teor de proteína foi obtido multiplicando-se o teor de nitrogênio total pelo fator 6,25, sendo essa determinação de proteína um valor estimado do teor proteico real, já que muitos compostos têm nitrogênio em sua composição química e não são proteínas.

Na Tabela 2 são mostrados os teores médios dos minerais cujos níveis de significância mostrados nas tabelas dos anexos permitem dizer que os minerais magnésio e cobre (Anexos: Tabela 4A) e enxofre (Anexos: Tabela 5A) não variaram seus teores significativamente a 5% de probabilidade. Os teores médios de zinco (Anexos: Tabela 4A) também são apresentados na Tabela 2, apesar de seus teores terem variado significativamente ( $p \leq 0,05$ ), os modelos de regressão apresentaram coeficiente de determinação muito baixo. Os teores médios dos minerais fósforo, potássio, ferro (Anexos: Tabela 5A) e manganês (Anexos: Tabela 4A) apresentaram diferença significativa durante o amadurecimento do fruto e são mostrados respectivamente nas Figuras 19, 20, 21 e 22. Essas diferenças encontradas, não podem ter sido influenciadas pelos estágios de amadurecimento, já que os minerais são absorvidos juntamente com água pela raiz da planta, conduzindo-os através do sistema vascular até as folhas, flores e frutos. Os resultados encontrados provavelmente foram influenciados pelas diferentes plantas nativas, das quais os 120 frutos utilizados neste estudo foram colhidos, pois apesar de serem cultivadas num mesmo local, esse pode apresentar composição química variável.

TABELA 2 Teores médios de nitrogênio, proteína e os minerais cálcio, magnésio, enxofre cobre e zinco durante o amadurecimento da fruta-de-lobo.

Dias	g/100 g*				mg/100 g*		
	Nitrogênio	Proteína	Cálcio <sup>1</sup>	Magnésio	Enxofre	Cobre	Zinco
0	0,55	3,47	0	0,012	0,082	0,41	0,31
2	0,55	3,20	0	0,014	0,107	0,40	0,43
4	0,51	3,20	0	0,014	0,086	0,39	0,41
6	0,56	3,51	0	0,014	0,087	0,34	0,27
8	0,49	3,06	0	0,014	0,086	0,32	0,29
10	0,55	3,43	0	0,014	0,096	0,38	0,32
12	0,51	3,21	0	0,013	0,094	0,39	0,31
14	0,52	3,24	0	0,013	0,102	0,42	0,35
16	0,56	3,53	0	0,013	0,079	0,38	0,27
18	0,59	4,37	0	0,016	0,089	0,40	0,31
<b>Média</b>							
<b>Geral</b>	<b>0,539</b>	<b>3,422</b>	<b>0</b>	<b>0,0137</b>	<b>0,0908</b>	<b>0,383</b>	<b>0,327</b>

\* Polpa fresca.

<sup>1</sup> Método para quantificação (absorção atômica) não detectou presença de cálcio na composição química da polpa do fruto.

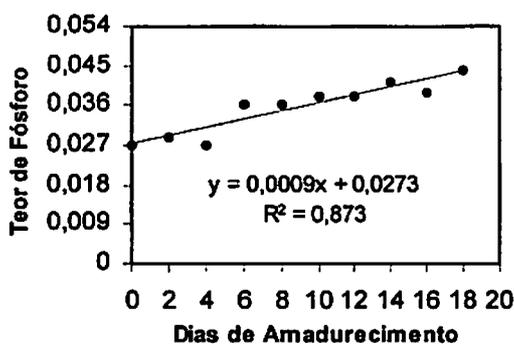


FIGURA 19 Teores médios de fósforo (g/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

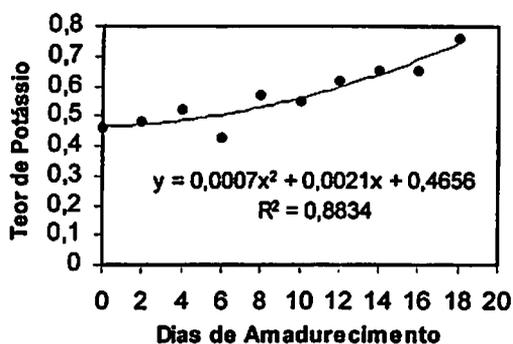


FIGURA 20 Teores médios de potássio (g/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

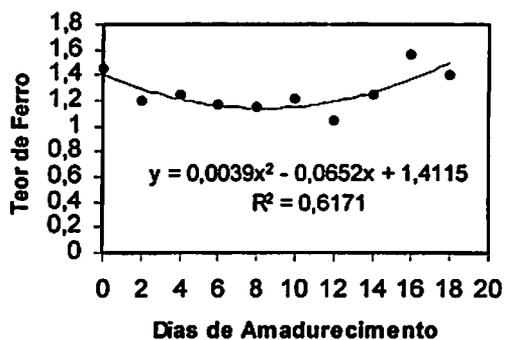


FIGURA 21 Teores médios de ferro (mg/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

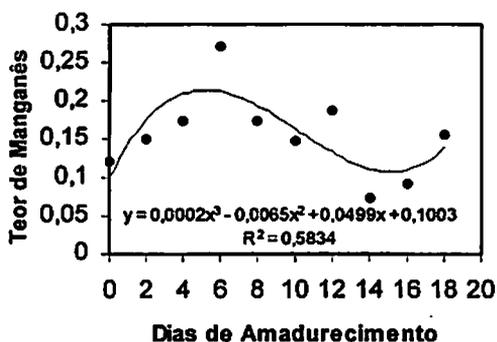


FIGURA 22 Teores médios de manganês (mg/100 g de polpa fresca) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2.12 Poligalacturonase, Polimetilgalacturonase e Pectinametilsterase

As atividades das enzimas PG (EC 3.2.1.15) e PMG (EC 3.2.1.15) não foram detectadas no presente estudo, durante o amadurecimento da fruta-de-lobo. A essas pectinases são atribuídas a despolimerização de pectinas desesterificadas e altamente esterificadas, respectivamente.

A atividade de PME foi detectada em todos os estágios de amadurecimento do fruto (Quadro 1), e a atividade média foi de 17,10 U.

QUADRO 1 Atividade de pectinametilsterase (U) em função do amadurecimento da fruta-de-lobo.

T	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
PME	16,27	16,70	17,25	18,15	19,10	19,20	17,20	16,90	14,85	15,05

A atividade específica de PME diminuiu gradativamente com o avanço do amadurecimento (Figura 23) em função do aumento da proteína solúvel.

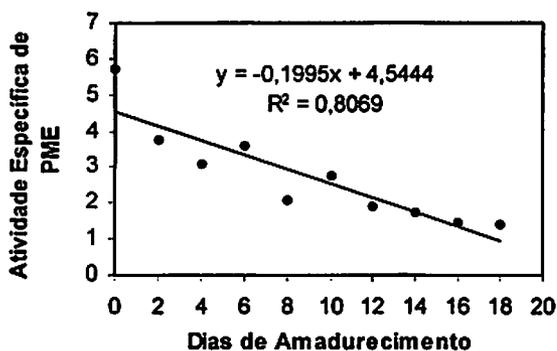


FIGURA 23 Atividade específica de pectinametilsterase (U/mg de proteína solúvel) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

O amaciamento durante o amadurecimento é uma característica comum em muitos tipos de frutos, o que tem sido atribuído, com frequência, à hidrólise

de vários polissacarídeos estruturais, sendo as pectinas o principal (Menezes, 1996).

A textura da polpa da fruta-de-lobo durante o amadurecimento não foi medida com o auxílio de texturômetro, mas observou-se que a polpa do fruto durante o amadurecimento sofreu amaciamento, sendo esse não muito acentuado, como é o caso de mamão, caqui, tomate, manga, dentre outros frutos que apresentam extremo amaciamento com o avanço do amadurecimento.

No presente estudo, dentre as enzimas citadas, não existem evidências que relacionem o processo de amaciamento do mesocarpo da fruta-de-lobo, ou seja, aumento nos teores de PS com as enzimas PG e PMG. Apesar de se ter detectado atividade da enzima PME, uma das pectinases envolvidas no processo de amaciamento, com conseqüente aumento nos teores de PS, não se pode inferir que somente essa enzima esteja envolvida no processo de degradação, mas pode estar envolvida no processo de solubilização das pectinas, já que as pectinas com alto grau de esterificação são pouco solúveis em água e as desesterificadas (ácidos poligalacturônicos) são altamente solúveis em água.

Segundo Cutillas-Iturralde *et al.* (1993), o mesmo resultado foi encontrado durante amadurecimento de caquis (*Diospyros kaki* L.), observando-se mudanças na textura da parede, acompanhadas de extremo amaciamento da polpa, sem atividade de endo e exo-PG, concluindo-se que essa enzima não seria responsável pelo metabolismo de pectinas neste fruto.

Estudando a qualidade pós-colheita de melão tipo 'Galia' durante a maturação e o armazenamento, Menezes (1996), apesar de ter observado que a atividade das enzimas PG e PME permaneceu constante ou declinou durante o período de desenvolvimento e senescência do fruto, afirmou que no tecido mesocárpico de melão não existem evidências que relacionem o processo de amolecimento com a atividade das poligalacturonases e das pectinametilsterases.

Durante o amadurecimento de banana, Vilas Boas (1995) observou aumento na solubilização de pectinas, e durante o amadurecimento de tomate, Filgueiras (1996) observou tanto diminuição da firmeza, quanto aumento na solubilização de pectinas. E quanto à atividade das enzimas PG e PME, ambos os autores encontraram oscilações nas atividades das enzimas durante o amadurecimento dos frutos. Já, Abreu (1995) observou que durante o amadurecimento de abacaxi, as atividades das enzimas PG e PME, assim como a solubilização de pectinas aumentaram gradativamente.

Comparando-se os resultados encontrados nos vários frutos estudados, observa-se que dependendo do tipo de fruto, a atividade da enzima PG pode aumentar, diminuir, permanecer constante ou simplesmente não apresentar atividade, ao passo que a enzima PME pode aumentar, diminuir ou permanecer constante durante o amadurecimento. Assim, são necessários mais estudos para se tentar elucidar o processo de amaciamento da polpa da fruta-de-lobo durante o seu amadurecimento, já que a parede celular é uma estrutura extremamente complexa. Dessa maneira, várias enzimas podem estar envolvidas no processo de sua degradação.

#### **4.2.13 Amilase**

Simultaneamente à diminuição da atividade amilásica durante o amadurecimento do fruto (Figura 24), observou-se diminuição dos teores de amido (Figura 7). As atividades de amilase observadas no fruto verde (dia 0) e fruto maduro (dia 18) variaram de 161,52 a 93,88 U/100 g de polpa liofilizada, e os teores de amido do fruto verde (dia 0) variaram de 19,53 para 1,92 g de glicose/100 g de polpa fresca no fruto maduro (dia 18), verificando-se que a enzima é uma das principais responsáveis pela hidrólise do amido do fruto.

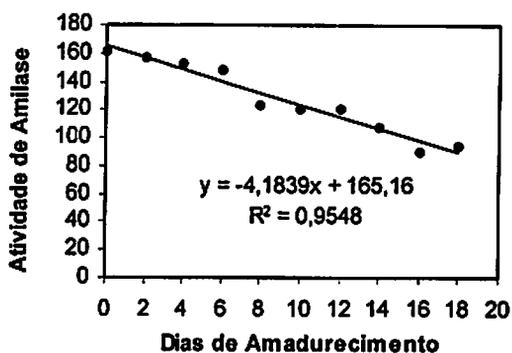


FIGURA 24 Atividade de amilase (U/100 g de polpa liofilizada) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2.14 Peroxidase e Polifenoloxidase

Observou-se que os valores da atividade de PER diminuíram gradativamente durante o amadurecimento da fruta-de-lobo (Figura 25), assim como foi observada diminuição nos teores de polifenóis (Figura 16).

A peroxidase é uma enzima capaz de oxidar polifenóis somente na presença de  $H_2O_2$  (peróxido de hidrogênio), e o complexo formado entre a peroxidase e o peróxido oxida o polifenol (Araújo, 1999). Essa enzima reduz o  $H_2O_2$  (peróxido de hidrogênio), e o peróxido reduzido oxida o polifenol.

A diminuição da atividade da enzima PER pode estar relacionada à diminuição dos teores de polifenóis durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, em virtude do aumento gradual na condensação dos fenólicos solúveis, tornando-os insolúveis por esses se ligarem fortemente a outros componentes celulares e, conseqüentemente, tornarem-se indisponíveis à ação da enzima PER.

No dia da colheita do fruto, foi encontrada a maior atividade de PER, ou seja, 281,92; ao passo que no estágio final de amadurecimento, a atividade foi de 24,00 mU/g de polpa liofilizada (Figura 25). Essa diminuição da atividade de PER pode ser associada à diminuição do escurecimento visual da polpa do fruto, que não foi medida neste estudo.

A atividade dessa enzima pode ser associada a vários fatores, como o escurecimento interno de abacaxi (Abreu, 1995), deterioração no *flavor*, na cor, na textura e nas qualidades nutricionais de frutos (Robison, 1991). Nos estágios iniciais de amadurecimento, observou-se escurecimento rápido da polpa do fruto, ao passo que nos estágios finais, isso não foi observado. Do estágio inicial (dia 0) ao 8º dia, observou-se diminuição gradativa da atividade de PER, até o estágio final de amadurecimento.

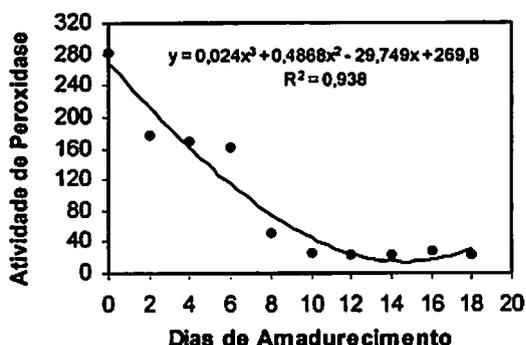


FIGURA 25 Atividade de peroxidase (mU/g de polpa liofilizada) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

Zauberman *et al.* (1985), citado por Seymour *et al.* (1993), encontraram atividade de PER em abacate, e observaram que durante o amadurecimento a atividade da enzima diminuiu, assim como foi observado durante o amadurecimento da fruta-de-lobo. Já durante o amadurecimento de abacaxi, houve aumentos e decréscimos nas atividades de PER (Abreu, 1995). Lima (1997) observou que durante o amadurecimento de manga ocorreu aumento da atividade de PER.

Durante todos os estágios de amadurecimento da fruta-de-lobo, observou-se atividade da enzima PFO. As atividades dessa enzima no fruto verde (dia 0) e fruto maduro (dia 18) foram, respectivamente, 3,69 e 1,06 U/g de polpa liofilizada. Do estágio inicial (dia 0) até o 12º dia de amadurecimento,

houve aumento da atividade de PFO de 3,69 para 5,79 U/g de polpa liofilizada, que declinou após esse estágio até o final do amadurecimento (Figura 26).

A tendência de diminuição da atividade de PFO nos estágios finais do amadurecimento do fruto pode estar relacionada à diminuição também observada no escurecimento da polpa do fruto durante o amadurecimento, não sendo medida neste estudo.

O escurecimento de frutas e de certos vegetais é iniciado pela oxidação enzimática de compostos fenólicos pelas polifenoloxidasas, tendo como produto inicial da oxidação a quinona, que rapidamente se condensa, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melanina, ou reage não enzimaticamente com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, formando também a melanina (Araújo, 1999).

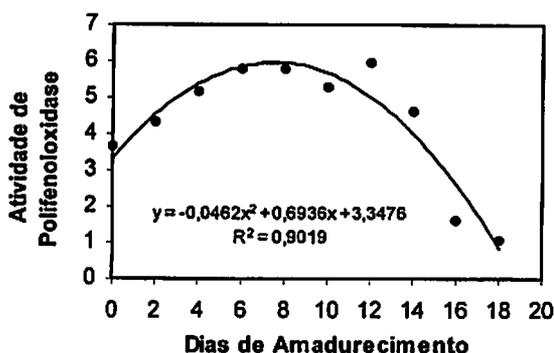


FIGURA 26 Atividade de polifenoloxidase (U/g de polpa liofilizada) durante o amadurecimento da fruta-de-lobo, ( $p \leq 0,05$ ).

O escurecimento na polpa de muitos frutos tem sido atribuído à atividade de PER e PFO em abacaxi (Abreu, 1991), à atividade de PFO em abacate (Seymour *et al.*, 1993), e em maçã (Nicolas *et al.*, 1994).

A diminuição nos teores de polifenóis, juntamente com as diminuições também observadas nas atividades das enzimas PER e PFO, são alguns dos

fatores que podem estar envolvidos na diminuição do escurecimento da polpa da fruta-de-lobo durante o seu amadurecimento.

#### 4.2.15 Considerações Gerais

Na Tabela 3, são mostrados alguns nutrientes encontrados na composição química da fruta-de-lobo, comparando-os com os de outros frutos, normalmente consumidos pelo homem.

TABELA 3 Comparação dos nutrientes da fruta-de-lobo madura com os de alguns frutos maduros.\*

Frutos	g/100 g de polpa fresca		mg/100 g de polpa fresca			
	AST <sup>1</sup>	Sacarose <sup>1</sup>	Vitamina C <sup>2</sup>	Cálcio	Fósforo	Ferro
Abacaxi	13,5	5,8	61	18	8	0,5
Banana	15,4	2,0	14	15	26	2,0
Figo	15,6	1,5	4	50	30	0,5
Fruta-de-lobo	11,0	8,6	85	0	35,5	1,2
Goiaba	5,6	1,3	218	22	26	0,7
Laranja	9,6	4,6	59	34	20	0,7
Manga	21,0	14,4	53	12	12	0,8
Mamão	8,4	1,1	46	20	13	0,4
Pêssego	5,3	3,9	6	9	24	4,4
Tangerina	1,9	4,9	-	-	-	-
Tomate	2,5	0,1	23	7	24	0,6
Uva	18,5	2,5	-	-	-	-

\*Fonte: Chitarra e Chitarra (1990).

<sup>1</sup>(g de glicose/100 g de polpa fresca)

<sup>2</sup>(mg de ácido ascórbico/ 100 g de polpa fresca)

Pode-se observar que na fruta-de-lobo foram encontrados teores de nutrientes equivalentes aos dos outros frutos ou até mesmo superiores, como é o caso dos teores de vitamina C, exceto quando comparados com a goiaba.

Quanto aos teores de minerais, a fruta-de-lobo pode ser usada como uma boa fonte de fósforo, já que, comparados aos de outros frutos, o maior teor de fósforo foi encontrado na fruta-de-lobo.

Para que, definitivamente, o fruto da lobeira possa ser usado como fonte alternativa de alimento, mesmo apresentando vantagens do ponto de vista nutricional, ainda são necessários novos estudos, que busquem analisar o fruto do ponto de vista anti nutricional, concluindo, assim, a viabilidade de se consumir o fruto *in natura* ou após algum tipo de processamento.

## **5 CONCLUSÕES**

Pelos resultados, nas condições em que o experimento foi realizado, pode-se concluir que durante o amadurecimento da fruta-de-lobo:

- houve aumento dos teores dos sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais, açúcares não-redutores, pectina total, pectina solúvel e vitamina C total.
- observaram-se oscilações na solubilização de pectinas.
- tanto os valores de pH, quanto os teores de acidez total titulável não sofreram variação significativa.
- a atividade da enzima pectinametilesterase foi detectada em todos os estágios, sem haver variação significativa.
- as atividades das enzimas amilase, peroxidase e polifenoloxidase diminuíram, ao passo que as enzimas poligalacturonase e polimetilgalacturonase não apresentaram atividade.
- houve diminuição dos teores de amido e de polifenóis.
- os teores encontrados na fruta-de-lobo de vitamina C, açúcares solúveis totais, sacarose, fósforo e ferro, comparados aos de outros frutos, como abacaxi, banana, laranja, manga, dentre outros, são equivalentes ou superiores aos dos frutos em questão, podendo-se concluir que o fruto da lobeira representa mais uma alternativa como fonte desses nutrientes.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. M. P. Alterações no escurecimento interno e na composição química do abacaxi c.v. *Smoth cayenne* durante o seu amadurecimento com e sem refrigeração. 1991. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras MG.

ABREU, C. M. P. Efeito da embalagem de polietileno e da refrigeração no escurecimento interno e composição química durante a maturação de abacaxi c.v. *Smoth cayenne*. 1995. 94p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras MG.

ALI, Z. M.; ARMUGAM, S. LAZAN, H.  $\beta$ -Galactosidases and its significance in ripening mango fruit. *Phytochemistry*, Elmsford, v.38, n.5, p.1109-1114, 1995.

ALI, Z. M.; BRADY, C. J. Purification and characterization of polygalacturonases of tomato fruits. *Journal of Plant Physiology*, Stuttgart, v.9, p155-169, 1982.

ALONSO, J.; RODRIGUEZ, T.; CANET, W. Effect of Calcium Pretreatments on the Texture of Frozen Cherries. Role of Pectinesterase in the Changes in the Pectic Materials. *American Chemical Society*, Washington, v.43, p.1011-1016, 1995.

ARAÚJO, J. M. A. Química de alimentos – teoria e prática. Viçosa, MG: UFV, 1999. 416p.

ARÊAS, J.A.G.; LAJOLO, F. M. Determinação enzimática específica de amido, glicose, frutose e sacarose em bananas preclimatéricas e climatéricas. *Anais de Farmácia e Química de São Paulo*, São Paulo, v.20, n1/2, p.307-318, jan/dez.1980.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemistry*. 15. ed. Arlington, 1990. 2v.

AWAD, M.; YOUNG, R. E. Postharvest variation in cellulase, polygalacturonase and pectinmethylesterase in avocado (*Persea americana* Mill, cv. Fuerte) fruits in relatio to respiration and ethylene production. *Plant Physiology*, Washington, v.64, p306-308, 1979.

- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.
- BARBOSA FILHO, J. M.; AGRA, M. F.; OLIVEIRA, R. A. G. *et al.* Chemical and pharmacological investigation of Solanum species of Brazil – a research for Solasodine and other potentially useful therapeutic agents. **Memorial do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v.86,p. 189-191,1991.
- BARRET. D. M.; GONZALES, C. Activity of softening enzymes during cherry maturation. **Journal of Food Science**, Chigago, v.59, n.3, p.574-577, 1994.
- BEAUDRY, R. M.; PAZ, N.; BLACK, C. C.; KAYS, S. J. Banana ripening: implications of changes in internal ethylene and CO<sub>2</sub> concentrations, pulp fructose 2,6-biphosphate concentration, and activity of some glycolytic enzymes. **Plant Physiology**, Washington, v.85, p.277-282,1987.
- BEZERRA, W. M. Pó da fruta de lobeira cura diabetes. **Revista Manchete Rural**, Rio de Janeiro, n.66, p.38, 1993.
- BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analitical Biochemistry**, New York, v. 34, p. 330-334, 1962.
- BOTREL, N. **Efeito do peso do fruto no escurecimento interno e qualidade do abacaxi "Smooth cayenne"**. 1991. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras MG.
- BOWER, J. P.; CUTTING, J. G. Avocado fruit development and ripening physiology. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. Londres: Chapman & Hall, 1993. Cap. 2, p.53-81.
- BRADY, C. J.; MacALPINE, G.; McGLASSON, W. P.; UEDA, Y. Poligalacturonase in tomato fruits and the induction of ripening. **Austr. Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.9, p171-178, 1982.
- BRANDÃO, M. **Novos enfoques para plantas consideradas daninhas**. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.129, p.3-12, 1985.
- CAMPOS, J. M. **O eterno plantio – um reencontro com a natureza**. São Paulo: Pensamento, 1994. 250p.
- CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnologia de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992. 333p.

- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.
- CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P de.; SANTOS, C. D.; RIBEIRO, L. J. Determinação de alguns constituinte químicos de interesse nutricional da frutade-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.). **Ciências agrotécnicas**, Lavras, v.24, n.1, p. 130-135, jan./mar. 2000.
- CORRÊA, M. P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil**. 3.ed. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1952. p.325-327.
- CORRÊA, M. P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e exóticas cultivadas**. Brasília: Ministério da Agricultura/Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1984. 6v.
- CUTILLAS-ITURRALDE, A.; ZARRA, I.; LORENCES, E. P. Metabolism of cell wall polysacharides from persimmon fruit. Pectin solubilization fruit ripening occurs in apparent absence of polygalacturonase activity. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 89, p.369-375, 1993.
- DALQVIST, Arne. Assay of intestinal disacaridases. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 22, p.99-107. 1967.
- DILLEY, D. R. Enzymes. In: HULME, A. C. (ed). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1979. v.1, cap. 8, p.179-204.
- ESKIN, N. A. M. Biochemistry of foods. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidase enzymes in foods**. New York: Academic Press, 1991. 314p.
- FARIA, J. B.; CAVALCA, M. M.; FERREIRA, R. C.; JANZANTI, N. S. Transformações enzimicas das substâncias pécticas da manga (*Mangifera indica* L.) v. Handen no amadurecimento. **Ciência y Tecnologia de Alimentos**. v.14, n.2, p.198-201, 1994.
- FERRY, M.G. **Plantas do Brasil e do Cerrado**. São Paulo: Edgard Blücher, 1969. 238p.
- FILGUEIRAS, H. A. C. **Bioquímica do amadurecimento de tomates híbridos heterozigotos no loco 'alcobaça'**. 1996. 118p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras MG.

FISCHER, R. L.; BENNETT, A. B. Role of cell hydrolases in fruit ripening. **Annual Review Physiology Plant Molecular Biology**, New York, v. 42, p.675-703, 1991.

FONSECA, H. Amadurecimento de frutas. In: FONSECA, H. *et al.* **Bioquímica de alimentos**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queros, 1974. 249p. Piracicaba, SP.

GIVEN, N. K. Kiwi fruit. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. Londres: Chapman & Hall, 1993. Cap. 7, p.235-254.

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v.2, p.371-383, Oct. 1963.

GONÇALVES, N. B. Efeito da aplicação de cloreto de cálcio associado ao tratamento hidrotérmico sobre a composição química e suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi cv. Smooth cayenne. 1998. 101p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras MG.

GOODWING, T. W.; MERCER, E. I. **Introduction to plant biochemistry**. 2.ed. London: Pergamon Press, 1985. 677p.

GUPTA, D. N.; LAD., B. L.; CHAVAN, A. S.; SALVI, M. J. Enzyme studies on spongy tissue: A physiological ripening disorder in Alphonso mango. **Journal of Maharashtra Agricultural Universities**, Baroda, Índia, v.10, n.2-6, p.280-282, Jan/Jul. 1985.

HATFIELD, R.; NEVINS, D. J. Characterization of the hydrolytic activity of avocado cellulase. **Plant Cell Physiology**, Tokyo, v.27, p.541-552, 1986.

HOBSON, G. E.; GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (ed) **Biochemistry of fruits ripening**. London: Champman & Hall, 1993. Cap. 13, p. 405-442.

HOEHNE, F. C. **Frutas indígenas**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio, 1946. 429p.

HUBER, D. J. Polyuronide degradation and hemicellulose modifications in ripening tomato fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.108, p.405-409, 1983a.

HUBER, D. J. The role of cell wall hydrolases in fruit softening. **Horticultural Reviews**, Cairo, v.5, p.169-219, 1983b.

HUBER, D. J.; O'DONOGHUE, E. M. Polyuronides in avocado (*Persea americana*) and tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits exhibit markedly different patterns of molecular weight downshifts during ripening. **Plant Physiology**, Washington, v.102, p.473-480, 1993.

IBGE. **Enciclopédia brasileira dos municípios**. Rio de Janeiro, 1958. 579p.

KARDER, S.E.S.A.. Effect of gibberellic acid and vapor gard on ripening, amylase and peroxidase activities and quality of mango fruits during storage. **Journal of Horticultural Science**, Astiford, v. 67, n.6, p.855-860, 1992.

KASHYAP, D. R.; VOHRA, P. K.; CHOPRA, S.; TEWARI, R. Applications of pectinases in the commercial sector: a review. **Bioresource Technology**, London, v.77, p. 215-227, 2001.

KAYS, Stanley J. **Postharvest phisiology of perishable plant products**. New York: Na Avi Book. Published by Van Nostrand Reinhold, 1991. 532p.

KEFFORD, J. F. The chemical constituents of citrus fruits. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. Londres: Chapman & Hall, 1993. Cap. 4, p.107-149.

KOCH, J. L.; NEVINS, D. J. Tomato fruit cell wall. I. Use of purified tomato polygalacturonase and pectinamethylesterase to identify development changes in pectins. **Plant Physiology**, Washington, v.91, p.816-822, 1989.

KONISHI, Y., KITAZATO, S.; ASANO, R.; NAKATANI, N. Polymorphism of acid and neutral  $\gamma$ -glucosidases in banana pulp: changes in apparent pls and affinity to Com A of the enzymes during ripening. **Agricultural Biologiactal Chemistry**, Tokyo, v.55, n.4, p.1089-1094, 1991.

KRAMER, A. Fruits and Vegetables. In: TWIGG, B. A. **Quality control for Food Industry**. Connecticut: AVI Publishing Company, 1973. v.2, p.157-227.

LABIB, A. A. S.; AL-ASHWAH, F. A.; OMRAN, H. T.; ASKAR, A. Heat-inactivation of mango pectinesterase and polygalacturonase. **Food Chemistry Barking**. v.53. p.137-142, 1995.

LIMA, L. C. O. **Tecido esponjoso em manga 'Tommy Atkins': transformações químicas e bioquímicas no mesocarpo durante o armazenamento.** 1997. 148p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras MG.

LIZADA, M. C. C.; PANTASTICO, Er. B.; SHUKOR, A. R. Abd.; SABARI, S. D. Ripening of banana; changes during ripening in banana. In: HASSAN, A.; PANTASTICO, Er. B. (Eds.) **Banana fruit development, postharvest physiology, handling and marketing, in ASEAN.** Boston, 1990. Cap. 5, p.65-84.

MAARTEN, W. P. C. van Rossun; MARK A.; LINUS H. W. van ser Plas. Role of oxidative damage in tulip bulb scale micropropagation. **Plant Science, Limerick**, v.130, p.207-216, 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações.** Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MAPSON, L.W. Vitamins in fruits. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruits and their products.** London: Academic Press, 1970. v., cap. 13, p.369-382.

MARCIANO, C. S. **Efeito do amido do fruto da lobeira (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) no controle do diabetes mellitus.** 1997. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG.

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

MELFORD, J.; PRAKASH, M. D. Postharvest changes in fruit cell wall. **Advances in Food Research**, Orlando, v.30, p. 139-180, 1986.

MENEZES, J. B. **Qualidade pós-colheita do melão tipo 'Galia' durante a maturação e o armazenamento.** 171p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras MG.

MITCHAM, E. J.; McDONALD, R. E. Cell wall modification during ripening of "keitt" and "Tommy Atkins" mango fruit. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v.117. n. 6. p919-924, Nov. 1992.

- NATIVIDAD-FERRER, R. E. Avaliação das características da polpa da manga (*Mangifera indica* L.) para elaboração e armazenamento de néctar. 1987. 60p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG.
- NELSON, N. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemists*, Baltimore, v.153, n.1, p.375-380,1944.
- NICOLAS, J. J.; RICHARD-FORGET, F. C.; GOUPY, P. M.; AMIOT, M. J.; AUBERT, S. Y. Enzymatic browning reactions in apple and apple products. *Critical Reviews in Food Science Nutrition*, Boca Raton, v.34, p.109-157, 1994.
- NIKERSON, J. T. R.; ROSIVALLI, L. J. Enzyme reactions. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Ed). *Elementary Food Science*, Westport: AVI, 1980. Cap. 8, p.121-131.
- NOELTING, G.; BERNFELD, P. Sur les enzymes amyloлитiques. 111. La  $\beta$ -amilase: dosage d'activité et controle de l'absence d'a-amilase. *Helvetica Chemica Acta*, Basel, v. 31, p.286-290, 1948.
- OLIVEIRA FILHO, A. T.; OLIVEIRA, L. C. A. Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St Hil. (solanaceae) em Lavras, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.11, n.1/2, p.23-32, dez. 1988.
- PRESSEY, R. Enzymes involved in fruit softening. In: ORY, RL.; ANGELO, A. J. (eds.) *Enzymes in food and beverage processing*, Washington: American Chemical Society, 1977. p.172-191.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonases: effects of pectinesterases. *Journal of Food Biochemistry*, Westport, v.6, p.57-74, 1982.
- PRESSEY, R.  $\beta$ -galactosidases in ripening tomatoes. *Plant Physiology*, Washington, v.71, p.132-135, 1983.
- PROCTOR, A.; MIESLE, T.J. Polygalacturonase and pectimethylesterase activities in developing highbush blueberries. *Horticultural Science*, Alexandria, v.26, n.5, p.579-581, 1991.

RANWALA, P.A.; SUEMATSU, C.; MASUDA, H. The role of  $\beta$ -galactosidases in the modification of cell wall components during muskmelon fruit ripening. **Plant Physiology**, Washington, v.100, p.1318-1325, 1992.

REXOVÁ-BENKOVÁ, L.; MARKOVIC, O. Pectic Enzymes. **Advances in Carbohydrates Chemistry Biochemistry**, San Diego, v.33. p.323-385, 1976.

RHODES, M. J. C. Enzyme activities and post harvest change. In: LIEBERMAN, M.(ed.) **Postharvest physiology and crop preservation**. New York: Plenum Press, 1983. p. 111-121.

ROBINSON, D. S. Peroxidases and catalases in foods. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods**. New York: Academic Press, 1991. p.1-47.

ROE, B.; BRUEMMER, J. H. Changes in pectic substances and enzymes during ripening and storage of "Keitt" mangos. **Journal Food Science**, Chicago, v. 46. P186-189, 1981.

SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of Fruit Ripening**. London: CHAPMAN E HALL, 1993. 454p.

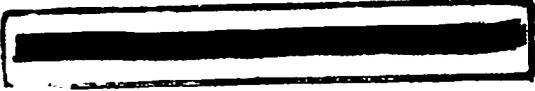
SILVA, J.A.de.; SILVA, D. B.da.; JUNQUEIRA, N.T.V..; ANDRADE, L.R.M.de. **Frutas nativas dos cerrados**. Brasília: EMBRAPA, 1994. 166p.

SPECTOR, T. Refinement of the Coomassie Blue Method of Protein Quantification. New York: **Analytical Biochemistry**, New York, v.86, p.142-146, 1978.

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

TEISSON, C. Le brunissement interne de l'ananas. I-Historique. II-Matériel et méthodes. **Fruits**, Paris, v.34, n.4, p.245-281. Avr. 1979.

VÁMOS-VIGYÁZÓ, L. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods**. New York: Academic Press, 1991. p.311-314.



VILAS BOAS, E. V.B. Modificações pós-colheita de banana “prata” (*Musa acuminata* x *M. balbisiana* grupo AAB)  $\gamma$ -irradiada. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras MG.

WHEATLEY, C. C. Studies of cassava (*Manihot esculenta* GRANTZ) root postharvest physiological deterioration. 1982. 246p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Wye College University of London, London.

WONG, D.W.S. Mechanism and theory in food chemistry. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989.428p

ZAUBERMAN, G.; SCHIFFMANN-NADEL, M. Pectin methylesterase and polygalacturonase in avocado fruit at various stages of development. *Plant Physiology*, Washington, v. 49. P.864-865, 1972.

ZAWISTOWSKI, J.; BILIADERIS, C. G.; ESKIN, N. A. M. Polyphenol oxidase. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. *Oxidative enzymes in foods*. New York: Academic Press, 1991. p. 217-273.

**ANEXOS**

## ANEXOS

ANEXO A	Página
TABELA 1A	Resumos das análises de variância e os níveis de significância para SST, ATT, pH e AR da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento ..... 69.
TABELA 2A	Resumos das análises de variância e os níveis de significância para ANR, AST, Amido e Vitamina C da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento ..... 69.
TABELA 3A	Resumos das análises de variância e os níveis de significância para PT, PS, PS/PT(%) e Polifenóis da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento.. ..... 69.
TABELA 4A	Resumos das análises de variância e os níveis de significância para Magnésio, Manganês, Cobre e Zinco da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento.. ..... 70.
TABELA 5A	Resumos das análises de variância e os níveis de significância para Ferro, Fósforo, Potássio e Enxofre da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento..... 70.
TABELA 6A	Resumos das análises de variância e os níveis de significância para Nitrogênio, Proteína, Amilase e PME da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento... ..... 70.
TABELA 7A	Resumos das análises de variância e os níveis de significância para PME específica, Proteína Solúvel, POD e PFO da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento... ..... 71.

**TABELA 1A** Resumos das análises de variância e os níveis de significância para SST, ATT, pH e AR da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		SST	ATT	pH	AR
Tempo	9	2,3867*	0,0047 <sup>ns</sup>	0,0208 <sup>ns</sup>	0,4536*
Resíduo	30	0,0712	0,0049	0,0071	0,0665
Total	39				
Média Geral		2,8175	0,7852	4,4225	1,7925
CV (%)		9,47	8,91	1,91	14,38

<sup>ns</sup>,\* Teste de F não-significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

**TABELA 2A** Resumos das análises de variância e os níveis de significância para ANR, AST, Amido e Vitamina C da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		ANR	AST	Amido	Vitamina C
Tempo	9	28,7758*	32,0109*	220,7947*	692,0585*
Resíduo	30	0,5038	0,4165	0,1101	25,8900
Total	39				
Média Geral		7,0815	9,2482	8,8891	62,5301
CV (%)		10,02	6,98	3,73	8,14

<sup>ns</sup>,\* Teste de F não-significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

**TABELA 3A** Resumos das análises de variância e os níveis de significância para PT, PS, PS/PT(%) e Polifenóis da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		PT	PS	%PS/PT	Polifenóis
Tempo	9	2318397,9718*	601995,2718	405,9540*	20,6957*
Resíduo	30	26032,3605	4971,6899	99,9056	6,4216
Total	39				
Média Geral		1772,5358	979,5487	57,3186	46,1527
CV (%)		9,10	7,20	17,44	5,49

<sup>ns</sup>,\* Teste de F não-significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

**TABELA 4A** Resumos das análises de variância e os níveis de significância para Magnésio, Manganês, Cobre e Zinco da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Magnésio	Manganês	Cobre	Zinco
Tempo	9	0,000004 <sup>ns</sup>	0,0121*	0,0039 <sup>ns</sup>	0,0119*
Resíduo	30	0,000007	0,0005	0,0019	0,0007
Total	39				
Média Geral		0,0140	0,1550	0,3850	0,3285
CV (%)		18,44	14,18	11,34	8,28

<sup>ns</sup>,\* Teste de F não-significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

**TABELA 5A** Resumos das análises de variância e os níveis de significância para Ferro, Fósforo, Potássio e Enxofre da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Ferro	Fósforo	Potássio	Enxofre
Tempo	9	0,0990*	0,0001*	0,0402*	0,0003 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0,0069	0,00001	0,0114	0,0002
Total	39				
Média Geral		1,2712	0,0357	0,5707	0,0909
CV (%)		6,53	9,06	18,75	15,90

<sup>ns</sup>,\* Teste de F não-significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

**TABELA 6A** Resumos das análises de variância e os níveis de significância para Nitrogênio, Proteína, Amilase e PME da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Nitrogênio	Proteína	Amilase	PME
Tempo	9	0,0038 <sup>ns</sup>	0,5218 <sup>ns</sup>	2689,2184	8,7467 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0,0041	0,3353	323,4531	9,8676
Total	39				
Média Geral		0,5397	3,4457	127,5085	17,0675
CV (%)		11,89	16,81	14,10	18,40

<sup>ns</sup>,\* Teste de F não-significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

**TABELA 7A** Resumos das análises de variância e os níveis de significância para PME específica, Proteína Solúvel, POD e PFO da polpa da fruta-de-lobo, durante o amadurecimento.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		PME específica	Proteína Solúvel	POD	PFO
Tempo	9	7,2315*	54,5599*	39015,6419*	12,0186*
Resíduo	30	0,3119	1,4996	67,1363	0,3588
Total	39				
Média Geral		2,7493	10,4900	101,8142	4,3190
CV (%)		20,31	11,67	8,05	13,87

<sup>ns</sup>,\* Teste de F não-significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.