



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

TATIANE APARECIDA ZORZAL

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E PERÍODO DE ARMAZENAMENTO
NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE
ABACAXI DA CV. PÉROLA**

VITÓRIA-ES
2015

TATIANE APARECIDA ZORZAL

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E PERÍODO DE ARMAZENAMENTO
NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE
ABACAXI DA CV. PÉROLA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Aires Ventura

VITÓRIA-ES
2015

A todos da minha família pelo tempo que deixamos de estar juntos...

Ao Douglas, pelo amor, paciência e dedicação...

Aos meus pais, Jânio e Aparecida, a eles todos os créditos...

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal pela estrutura que possibilitou a realização do trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela concessão da Bolsa.

A Deus, por me sustentar a cada dia, por guiar e me segurar para a superação dos obstáculos da vida.

Aos meus pais, Jânio e Aparecida, os grandes exemplos da minha vida. Pelo apoio, compreensão e amor incondicional. Por nunca pouparem esforços para que eu pudesse seguir em frente.

A minha irmã Thaís por todo apoio, carinho, cumplicidade e, sobretudo, sua amizade.

Ao meu irmão Tadeu por todo carinho e amizade e a Juliana, por estarem sempre ao meu lado.

Ao Douglas, pelo imenso carinho, pela dedicação, atenção e compreensão de todos os dias e especialmente durante esta jornada.

As minhas amigas Lorena Bah, e especialmente Dayana pela amizade e apoio por todos esses anos.

Aos meus amigos Leonardo, Vinícius, Dayana e Monique, obrigada seria pouco por tudo que fizeram por mim. Por terem dedicado parte de seu tempo para me ajudar. Com vocês os dias de laboratório foram mais animados, formamos uma equipe os 'Amigos do Ananas'.

A Luana e Anne Caroline e a todos os colegas do Setor Botânica, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José Aires Ventura pela orientação e por todo apoio e dedicação fundamentais para a concretização deste trabalho.

A Prof^a. DSc. Valéria Fernandes e a todos do Laboratório de Algas Continentais (LATEAC) pela disponibilidade do espaço e das incubadoras para a realização do experimento.

A Prof^a. DSc. Diolina Moura e Silvia Tamie Matsumoto pelo empréstimo de equipamentos.

Ao Prof. Dr. Geraldo Cuzzuol pela realização de análises em seu laboratório.

A Profa. DSc. Camilla Rozindo Dias Mllanez por ter me acolhido no seu laboratório, o que muito contribuiu para a realização deste trabalho.

Ao secretário da PPGBV Ricardo pela prestatividade e competência.

“Transportais um punhado de terra todos os dias e fareis uma montanha.”

Confúcio

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Conversão da PAL e TAL, com substratos e produtos (COCHRAME et al., 2004). 17
- Figura 2:** Gabarito para a avaliação visual da polpa de abacaxi da cv. Pérola34
- Figura 3:** Mudanças no SS (A), AT (B), pH (C) e Ratio (D) em frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, durante o armazenamento em diferentes temperaturas (4°, 8°, 12°, 16° e 22° C) por 23 dias. Os valores representam a média de cinco repetições por tratamento.....39
- Figura 4:** Área de translucidez da polpa do terço mediano de frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, em frutos armazenados a 16° e a 22° C, respectivamente aos 16 dias.41
- Figura 5:** Área de translucidez da polpa do terço mediano de frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, em frutos armazenados a 4°, 8° e a 12° C, respectivamente aos 23 dias41
- Figura 6:** Mudanças na atividade da CAT (A), PPO (B), POD (C) e PAL (D) em frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, durante o armazenamento em diferentes temperaturas (4°, 8°, 12°, 16° e 22° C) por 23 dias. Os valores representam a média de cinco repetições por tratamento.45
- Figura 7:** Mudanças na capacidade antioxidante (ABTS) (A) e dos compostos fenólicos (B) em frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, durante o armazenamento em diferentes temperaturas (4°, 8°, 12°, 16° e 22° C) por 23 dias. Os valores representam a média de cinco repetições por tratamento.49

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Mudanças no SS, AT, pH e Ratio em frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, durante o armazenamento em diferentes temperaturas.....37
- Tabela 2:** Atividade da catalase (CAT), polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD) e fenilalanina amônio liase (PAL) em frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, durante o armazenamento em diferentes temperaturas.....43
- Tabela 3:** Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante pelo método de ABTS de frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola durante o armazenamento em diferentes temperaturas.....48

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 12 |
| 2.1 ABACAXI | 12 |
| 2.2 TEMPERATURA..... | 13 |
| 2.3 SÓLIDOS SOLÚVEIS..... | 14 |
| 2.4 ACIDEZ TITULÁVEL E pH | 14 |
| 2.5 POLIFENOLOXIDASE (PPO; EC 1.14.18.1)..... | 15 |
| 2.6 FENILALANINA AMÔNIO LIASE (PAL; EC 4. 3. 1.5) | 16 |
| 2.7 PEROXIDASE DO GUAIACOL (POD; EC 1.11.1.7) | 17 |
| 2.8 CATALASE (CAT; EC 1.11.1.6) | 18 |
| 2.9 COMPOSTOS FENÓLICOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE..... | 19 |
| 3 OBJETIVOS | 20 |
| 3.1 OBJETIVO GERAL | 20 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 20 |
| 4 REFERÊNCIAS | 21 |
| 5 ARTIGO: INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E PERÍODO DE ARMAZENAMENTO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE ABACAXI DA CV. PÉROLA..... | 30 |
| RESUMO | 30 |
| ABSTRACT | 31 |
| INTRODUÇÃO | 32 |

| | |
|---|-----------|
| MATERIAL E MÉTODOS | 32 |
| MATERIAL VEGETAL E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL..... | 33 |
| ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS | 33 |
| TRANSLUCIDEZ DA POLPA | 34 |
| ENSAIO E EXTRAÇÃO DAS ENZIMAS PPO, POD, PAL E CAT | 34 |
| EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS | 35 |
| DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE | 36 |
| ANÁLISE ESTATÍSTICA | 36 |
| | |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 36 |
| | |
| CONCLUSÃO | 50 |
| | |
| AGRADECIMENTOS | 50 |
| | |
| REFERÊNCIAS | 51 |

1 INTRODUÇÃO

O abacaxi é uma das frutas tropicais mais produzidas (ALMEIDA, 2011; ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A FOME E AGRICULTURA, 2013) e é muito apreciado não só pelas suas características sensoriais, mas também pelo valor nutritivo e qualidades terapêuticas (CUNHA; CABRAL; SOUSA, 1999; PINHEIRO; VILAS BOAS; LIMA, 2005). O Brasil ocupa a segunda posição na produção mundial, enquanto que o primeiro lugar é ocupado pela Costa Rica (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A FOME E AGRICULTURA, 2013).

No Brasil, a produção está concentrada principalmente nas regiões Norte e Nordeste e Sudeste (IBGE, 2011). As cultivares mais plantadas são a 'Pérola' com maior área de cultivos nos estados da região Norte, Nordeste e Sudeste e a 'Smooth Cayenne', em alguns estados da região Sudeste, principalmente São Paulo e Minas Gerais, onde tem grande importância para a economia desses estados (GONÇALVES, 2000; GONÇALVES; CARVALHO, 2000; BERGONI, 2006; SPIRONELLO, 2010).

Com a expansão da produção brasileira e o aumento das exportações é necessário oferecer frutos de qualidade para o mercado consumidor (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Sendo assim se faz necessário elevar os padrões de qualidade a fim de garantir uma melhor comercialização dos frutos de abacaxi (PEREIRA et al., 2009).

Dessa forma, é indispensável o conhecimento da fisiologia pós-colheita dos frutos de abacaxi, para o desenvolvimento de tecnologias que viabilizem prolongar o tempo de armazenamento e a manutenção da sua qualidade (BOTREL; CARVALHO, 1993).

A temperatura é geralmente o fator ambiental mais importante que afeta a vida pós-colheita de frutos e legumes (HONG et al., 2013). Temperaturas mais baixas são ideais para o armazenamento de vegetais, pois além de retardarem o metabolismo, diminuem a taxa respiratória e a atividade enzimática, o que evita ou minimiza alterações no aroma, sabor, textura, cor entre outros parâmetros de qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 1990). Neste trabalho, estudou-se o tempo de armazenamento da cv. Pérola em diferentes temperaturas e sua influência nas características químicas e físico-químicas, para garantir a qualidade de exportação e o prolongamento da vida de prateleira.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ABACAXI

Quando Cristóvão Colombo desembarcou nas Américas em 1493, o fruto já fazia parte não só da vegetação, mas também da dieta dos nativos (BARTHOLOMEW et al., 2003), pois sua domesticação ocorreu muitos séculos antes da chegada de Colombo (MEDINA et al., 1978). Além de utilizarem-se do fruto in natura, os nativos também usavam o abacaxi para o preparo de bebidas alcoólicas, para a produção de fibras e para fins medicinais: abortivo, vermífugo e alívio de desordens estomacais. A partir de 1500, o abacaxi foi introduzido na Europa e causou fascínio nos europeus, seu cultivo iniciado em estufas teve sua primeira tentativa bem sucedida no final do século 17 (BARTHOLOMEW et al., 2003).

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) é provavelmente originário das zonas Central e Sul do Brasil, o Nordeste da Argentina e o Paraguai. Porém, estudos de distribuição do gênero *Ananas* indicam que o seu centro de origem é a região Amazônica, compreendida entre 10°C e 10°S de latitude e entre 55°L e 75°W de longitude, por nela ser encontrado o maior número de espécies consideradas conhecidas atualmente (SAMPAIO et al., 2011). De acordo com Ferreira e colaboradores (2010), o Brasil é um dos maiores centros de diversidade genética de abacaxi no mundo, uma vez que, além de *Ananas comosus*, outras espécies do gênero *Ananas* e alguns gêneros próximos, como *Pseudananas* e *Bromelia*, todas de ocorrência endêmica em várias regiões brasileiras, apresentando ampla variabilidade genética, notadamente da região Amazônica.

O fruto do abacaxizeiro é uma infrutescência relativamente comprida, composta de 50 a 150 frutos individuais chamados de frutinhos, originados a partir de flores completas (CUNHA et al., 1999). A infrutescência é formada por uma espiral, de baixo para cima (COPPENS D'EECKENBRUGGE; LEAL, 2003), sendo assim, os frutinhos da parte inferior tem idade fisiológica maior que os da região mediana e superior, o que pode contribuir para variações muito significativas na qualidade da polpa do fruto (REINHARDT et al., 2004).

O abacaxizeiro é uma planta monocotiledônea, herbácea e perene da família Bromeliaceae. As espécies pertencentes a esta família podem ser divididas em dois grupos distintos, de acordo com seus hábitos: as epífitas que crescem sobre outras

plantas, e as terrestres, que crescem no solo às custas de suas próprias raízes (CUNHA et al., 1999). Os abacaxis são pertencentes ao segundo grupo, aos gêneros *Ananas* e *Pseudonanas* (PY et al., 1984).

O abacaxi é considerado um dos frutos tropicais mais importantes (RAMOS et al., 2010). No cenário mundial, é a fruta tropical mais famosa graças ao seu atrativo sabor e refrescante equilíbrio entre a acidez e a doçura e a sua versatilidade tanto para o consumo *in natura* ou após o processamento, na forma de: suco, suco concentrado, polpa, conserva, liofilizado, entre outros (BARTOLOMÉ et al., 1995; REINHARDT, 2004). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de abacaxi com uma produção equivalente a 2.483.831 toneladas e área plantada de 63.204 ha em 2013. A Costa Rica é a maior produtora, seguido pelo terceiro lugar ocupado pelas Filipinas (FAO, 2013).

Os cultivares mais plantados no Brasil são 'Pérola', com maior área de cultivo predominante nos estados do Nordeste e 'Smooth Cayenne', nos estados do Sudeste, principalmente em São Paulo e Minas Gerais, onde possui grande destaque na economia (GONÇALVES, 2000; GONÇALVES; CARVALHO, 2000; BERGONI, 2006; SPIRONELLO, 2010).

2.2 TEMPERATURA

A temperatura é geralmente o fator ambiental mais importante que afeta a vida pós-colheita de frutos e legumes. Baixa temperatura é eficaz para manter a alta qualidade pós-armazenamento de produtos hortícolas (HONG et al., 2013), por ser um procedimento simples para a redução do metabolismo do produto, permitindo menor perda de água, a redução da respiração e do desenvolvimento de doenças pós-colheita (MENOLLI et al., 2008). Como os processos biológicos são controlados por temperatura, e a qualidade e a maturação dos frutos são muito afetadas pelas temperaturas de armazenamento (FUCHS et al., 1995).

Para o abacaxi, em geral, a temperatura ideal de armazenamento é de 10°C (JOBBLING, 2000). Porém, muitas vezes são preparados, armazenados e transportados em temperaturas inferiores a 10°C (MEDINA, 2004). Entretanto, existem poucos estudos

publicados sobre a influência de baixas temperaturas na qualidade pós-colheita de frutos de abacaxi (HONG et al., 2013).

2.3 SÓLIDOS SOLÚVEIS

Os sólidos solúveis indicam a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco da polpa das frutas, são denominados 'graus Brix' e tendem a aumentar com o avanço da maturação pela biossíntese de ou degradação de polissacarídeos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; CHITARRA; CHITARRA, 1990). São constituídos por compostos solúveis em água, como açúcares, vitamina C, aminoácidos e algumas pectinas (YAMAUCHI; WATADA, 1991) e por terem uma alta correlação positiva com o teor de açúcares, geralmente são aceitos como um padrão de qualidade (TEHRANI et al., 2011).

No fruto há uma variação espacial de sólidos solúveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005). No abacaxi durante o processo final de amadurecimento ocorrem alterações no metabolismo e os valores dos sólidos solúveis aumentam na polpa e na casca (CUNHA et al., 1999). Se forem avaliados isoladamente os sólidos solúveis não são um indicativo confiável de maturação, visto que, não podem avaliar precisamente o real estágio de maturação do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

De acordo com o Centro de Qualidade de horticultura (CQH, 2003), o teor mínimo de sólidos solúveis em abacaxi, deve corresponder a 12° Brix, que é o padrão adotado para antes da colheita. Porém, Chitarra e Chitarra (2005) argumentaram que a fruta para o consumo in natura devem possuir valores de sólidos solúveis entre 14 a 16° Brix.

2.4 ACIDEZ TITULÁVEL E pH

A acidez de um fruto é dada pelos ácidos orgânicos que estão dissolvidos nos vacúolos das células, tanto de forma livre ou combinada, seja com sais, ésteres ou glicosídeos. Contribuem para o a acidez e o aroma característico devido a volatilidade dos componentes. O teor desses compostos tende a diminuir durante o processo de maturação, devido à oxidação dos mesmos no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, em decorrência da respiração (BRODY, 1996; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A acidez titulável é calculada com base no ácido predominante nos alimentos, os principais ácidos orgânicos são: málico, cítrico, oxálico, succínico e tartárico (CECCHI, 1999). Nos frutos do abacaxi o ácido que predomina é o cítrico (CHITARRA; CHITARRA, 2005). No início da formação do fruto do abacaxizeiro o teor de ácido málico é superior ao do cítrico, porém com o avanço do processo de maturação e principalmente após este, o conteúdo de ácido cítrico atinge cerca de quatro vezes mais o do málico, contribuindo assim com 80% da acidez do fruto, enquanto que o málico com 20% (BARTHOLOMEW et al., 2003; CUNHA et al., 1999). Além desses, ainda são encontrados o ascórbico e o oxálico, porém em concentrações bem mais baixas (CARVALHO e CUNHA, 1999).

A acidez nos frutos é expressa, usualmente, como acidez titulável (AT) em porcentagem de ácido cítrico, que varia no abacaxi dependendo da cultivar, estágio de maturação do fruto, fatores climáticos e nutrição mineral (CARVALHO et al., 1998; GONÇALVES, 2000). Já o termo pH é o símbolo usado para expressar a concentração de íons de hidrogênio de uma solução. A concentração hidrogeniônica é um fator de controle que regula muitas reações químicas microbiológicas (GOULD, 1992)

2.5 POLIFENOLOXIDASE (PPO; EC 1.14.18.1)

O grupo de enzimas conhecidas como polifenoloxidasas são amplamente distribuídas na natureza, elas promovem a oxidação enzimática de compostos fenólicos, produzindo, inicialmente, quinona que se condensa rapidamente, formando assim pigmentos insolúveis e escuros, denominados melanina (ARAÚJO, 1990).

Esta enzima está presente numa forma latente em muitas espécies de plantas e está firmemente ligada à membrana do cloroplasto. A forma latente dessa enzima é ativada durante o amadurecimento, senescência ou em alguma condição de estresse quando a membrana é danificada, o que leva a um aumento na atividade da PPO (MAYER, 1987).

A polifenoloxidase (PPO) é considerada uma enzima chave para o escurecimento enzimático de muitas frutas (MAYER, 1987). O escurecimento interno (ou blackheart) é uma desordem fisiológica que pode ser desenvolvida quando frutos de abacaxi são expostos a baixas temperaturas durante o armazenamento ou no campo (WEERAHARA; ADIKARAM, 2005). O escurecimento interno não resulta somente de insatisfação do

mercado consumidor, como também ao desperdício significativo durante o armazenamento do abacaxi (HONG et al., 2013), uma vez que ocasiona a perda da cor dos produtos de frutas processadas e ou congeladas, diminuição do valor nutricional, modificando as propriedades organolépticas, que resulta na maioria dos casos em produtos com aparência ruim, os quais são rejeitados pelos consumidores (COSENTEG; LEE, 1987).

A polifenoloxidase geralmente é elevada em tecidos afetados pelo escurecimento interno ou infectados por patógenos e tem grande importância para as plantas, com envolvimento nos mecanismos de defesa ou na senescência (AGRIOS, 1997).

2.6 FENILALANINA AMONIO LIASE (PAL; EC. 4.3.1.5)

A enzima Phenylalanine ammonia-lyase tem sido extensivamente estudada desde a sua descoberta em 1961 (KOUKOL; CONN, 1961). Ela é uma enzima chave na biossíntese de polifenóis (JONES, 1984; KE; SALTVEIT, 1989, ZHOU et al., 2003). Muitos trabalhos têm relacionado a alta atividade da PAL e o consequente acúmulo de compostos fenólicos com escurecimento interno frutas de diversas espécies (KATAOKA et al., 1983; BLANKENSHIP; UNRATH, 1988, FUJITA et al., 2006). De acordo com Jones (1984) a atividade da PAL é afetada por numerosos fatores, incluindo luz, temperatura, reguladores de crescimento, inibidores da síntese de RNA, proteína, infecção, fermentos e nutrição mineral.

Esta enzima catalisa a conversão da L- fenilalanina para ácido trans-cinâmico e um íon amônio que é a etapa inicial da via fenilpropanóide, que é considerada um importante ponto de regulação entre o metabolismo primário e secundário. O íon é reciclado para regenerar a L-fenilalanina o que permite que o metabolismo fenilpropanóide não pare conforme seja necessário, enquanto que o ácido cinâmico é posteriormente metabolizado para a produção de vários fenilpropanóides e outros derivados (RAZAL et al., 1996; SINGH et al., 1998; TOWERS et al., 1998; DIXON, 1999; ANTEROLA et al., 2002, OLSEN et al., 2008). Em monocotiledôneas, a PAL também pode utilizar a L-tirosina (L-Try) como substrato para obter o ácido p-cumárico e um íon amônio (NEISH, 1961; ROSLER et al., 1997), como mostrado na figura 1. A PAL é tipicamente codificada por uma pequena família multigênica (CRAMER et al., 1989), o que está de acordo com a

primeira demonstração de múltiplas isoformas da PAL em feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) (BOLWELL et al., 1985).

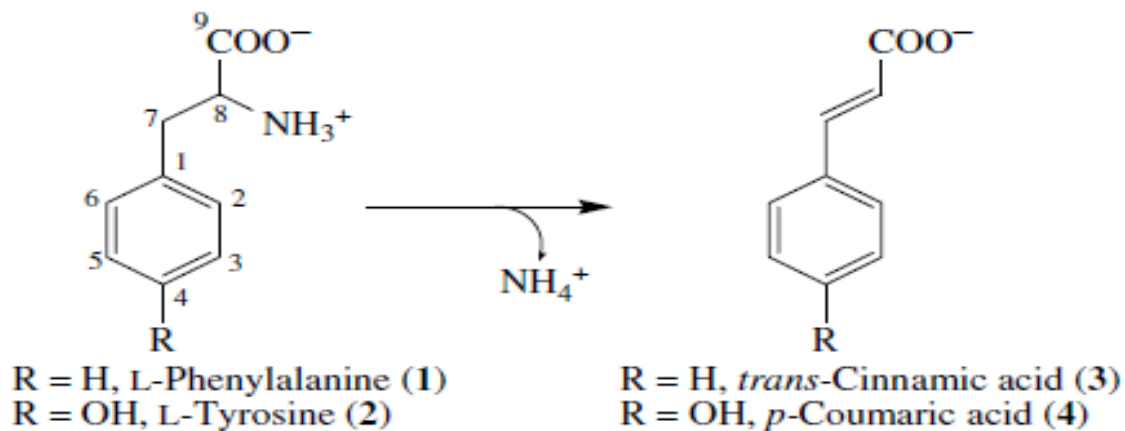


Figura 1: Conversão da PAL e TAL, com substratos e produtos (COCHRAME et al., 2004).

2.7 PEROXIDASE DO GUAIACOL (POD; EC.1.11.1.7)

Peroxidase é uma importante enzima das plantas e está envolvida em diversas reações, ligações de polissacarídeos, oxidação do ácido indol-3-acético, ligações de monômeros, lignificação, cicatrização de ferimentos, oxidação de fenóis, defesa de patógenos, regulação da alongação de células e outras (GASPAR et al., 1982; KAO, 2003). Além disso, elas desempenham um importante papel na proteção das células do hidróxido de hidrogênio (H_2O_2), reduzindo os danos causados pelo estresse (EDREVA et al., 1993; MARTINEZ-TELLEZ; LAFUENTE, 1993; SCALET et al., 1995).

As peroxidases agem desestruturando as membranas celulares, diminuindo sua permeabilidade seletiva; promovem, ainda, reações em cadeia que levam à formação de radicais livres que podem causar danos às organelas e membranas, podendo alterar as características sensoriais do produto (VILLAS BOAS, 2004).

A atividade da peroxidase é expressa quando os tecidos das plantas são submetidos a estresses como baixas temperaturas, infecção de patógenos, radiação ultravioleta, gases tóxicos e metais pesados (ASHRAF et al., 1994; SCALET et al., 1995), ou durante a senescência (GROVER; SINHA, 1985). Além disso, a peroxidase é considerada uma

enzima de estresse estimulada por baixas temperaturas nas espécies sensíveis ao frio (EL-HILARI et al., 2003; KUK, 2003).

Em vegetais, a peroxidase também induz a mudanças negativas de sabor durante a estocagem (FREITAS et al., 2008). Além da alteração no sabor, a ação dessa enzima provoca uma diminuição na qualidade nutritiva de frutas e vegetais *in natura* o que acarreta perdas econômicas consideráveis (ARAÚJO, 1999). Zhou e colaboradores (2003) observaram que a atividade da peroxidase está em frutos de abacaxi durante todo o período de pós-colheita.

2.8 CATALASE (CAT; EC. 1.11.1.6)

Catalase inclui as enzimas que convertem $2\text{H}_2\text{O}_2$ em $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, evitando principalmente os efeitos prejudiciais causados pelo acúmulo excessivo de H_2O_2 . As plantas possuem várias isoformas da enzima catalase que estão presentes nos peroxissomas e glioxissomas. Estas enzimas são as principais na conversão de H_2O_2 em plantas e podem dismutar ou oxidar substratos diretamente, tais como metanol, etanol, formaldeído e ácido fórmico (WILLEKENS et al., 1997).

Nas plantas as catalases podem ser divididas em três classes: as catalases da classe 1 são mais proeminentes em tecidos fotossintetizantes e estão envolvidas na remoção do H_2O_2 produzido durante a fotorespiração; as catalases da classe 2 são altamente expressas em tecidos vasculares e podem desempenhar um papel na lignificação, a terceira classe é formada por catalases muito abundantes em sementes e plantas jovens, seu papel é remover o excesso de H_2O_2 produzido durante a degradação dos ácidos graxos no glioxissoma (WILLEKENS et al., 1994).

As catalases são enzimas altamente ativas que não requerem redutores celulares, são também altamente expressas, particularmente em certas células das plantas, são uma parte integrante do sistema antioxidante das plantas (MHAMDI et al., 2010).

2.9 COMPOSTOS FENÓLICOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

Os compostos fenólicos podem ser definidos como substâncias que possuem um anel aromático com um ou mais grupos hidroxilas e têm sido muito estudados devido a sua influência na qualidade dos alimentos. Englobam um enorme número de substâncias entre elas os ácidos fenólicos, que por sua composição química possuem capacidade antioxidante (SOARES, 2002).

A atividade antioxidante desses compostos decorre do fato não somente de atuarem como doadores de hidrogênio e em quelar metais, reduzindo o risco de patologias decorrentes da ação desses (GONÇALVES, 2008), mas também por causa de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários componentes do alimento, particularmente de ácidos graxos e de óleos (CUVELIER et al., 1992; MAILLARD et al., 1996).

Antioxidante é definido como qualquer substância que, em baixas concentrações, quando comparada a do substrato oxidável, atrasa ou inibe a oxidação desse substrato de maneira eficaz (SIES; STAHL, 1995). Antioxidantes naturais retardam a peroxidação lipídica em alimentos prontos, ampliando sua vida útil, dessa forma são alternativas viáveis para a substituição aos antioxidantes sintéticos em uso (SHING et al., 2002).

De acordo com a classificação de Ribéreau-Gayon (1968), os fenólicos são classificados em pouco e largamente distribuídos na natureza. No primeiro grupo, estão um número reduzido desses compostos. No segundo grupo, se encontram geralmente os fenólicos de todo reino vegetal, que compreendem os flavonoides e derivados e os ácidos fenólicos (ácidos benzóico, cinâmico e seus derivados e cumarina).

Os compostos fenólicos juntamente com os terpenóides e alcalóides, são os três principais grupos de metabólitos secundários das plantas, suas funções não estão diretamente vinculadas à fotossíntese, respiração, crescimento ou desenvolvimento de um organismo, mas sim ao seu sistema de defesa (CROZIER, 2003). Esses metabólitos secundários das plantas podem protegê-las de fatores abióticos como temperatura, umidade e exposição à luz ultravioleta (HÉRNANDEZ et al., 2009).

A síntese de compostos fenólicos em termos de quantidade, proporção e estrutura é afetada por condições ambientais tais como estresse hídrico, temperatura e intensidade de radiação solar, uma vez que representam uma interface química entre plantas e o ambiente (COHEN; KENNEDY, 2010).

Os compostos fenólicos são importantes constituintes de muitas frutas e hortaliças, o estudo dessas substâncias revela informações sobre a capacidade antioxidante, qualidade dos alimentos e dos potenciais benefícios à saúde (TALCOOTT et al., 2003), uma vez que participam de processos responsáveis pela cor, adstringência e aroma em vários alimentos (PELEG et al., 1998). Dessa forma, informações sobre o metabolismo desses compostos são importantes porque além de influenciarem a qualidade de frutas e produtos processados relacionados, também possuem um papel na fisiologia do desenvolvimento e os mecanismos de defesa (CHEEN; BREEN, 1991).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da temperatura de frutos de abacaxi da cv. Pérola em diferentes temperaturas nas características químicas e físico-químicas, visando determinar a temperatura ideal capaz de manter a qualidade dos frutos para exportação e o prolongamento da vida de prateleira.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar as análises físico-químicas (°Brix, acidez titulável-AT, pH e a relação SS/AT) em frutos da cv. Pérola submetidos a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento;
- Determinar atividade da POD, PPO, CAT e PAL em de abacaxi cv. Pérola;
- Extrair e determinar os fenólicos totais e a capacidade antioxidante no suco de frutos de abacaxi cv. Pérola armazenados em diferentes temperaturas;
- Determinar as melhores temperaturas para armazenar frutos da cv. Pérola com qualidade para a exportação e maior vida de prateleira.

4 REFERÊNCIAS

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. San Diego: Academic Press, p. 635, 1997.

ALMEIDA, G. V. B. Mercado comercialização do abacaxi na CEAGESP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DO ABACAXIZEIRO, 4, 2011, Bauru, **Palestras...** Bauru: Faculdade de Ciências, UNESP, 2011.1 CD ROM.

ANTEROLA, A. M.; JEON, J. H.; DAVIN, L. B.; LEWIS, N. G. Transcriptional control of monolignol biosynthesis in *Pinus taeda*: factors affecting monolignol ratios and carbon allocation in phenylpropanoid metabolism. **Journal of Biological Chemistry**, v. 277, p. 18272-18280, 2002.

ARAÚJO, J. M. A. **Química dos alimentos**. Viçosa, MG: UFV, 1999.

ARAÚJO, S. A. Escurecimento enzimático em alimentos. **Boletim técnico**, Viçosa: UFV, v. 231, 1990.

ASHRAF, M. Y.; AZMY, A. R.; KHAN, A. H.; ALA, S. A. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Acta Physiology Plantarum.**, v. 16, p. 185–191, 1994.

BARTHOLOMEW, D.P.; PAULL, R. E.; ROHRBACH. The pineapple: botany, production and uses. London: **CABI Publishing**, p. 01, 2003.

BARTOLOMÉ, A. P.; RUPEREZ, P.; FUSTER, C. Pineapple fruit morphological characteristics, chemical composition and sensory analysis of Red Spanish and Smooth Cayenne cultivars. **Food Chemistry**, v. 53, p. 75–79, 1995.

BENGOZI, F. J. **Procedência, sazonalidade e qualidade físico-química do abacaxi comercializado na CEAGESP** - São Paulo, 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

BLANKENSHIP, S. M.; UNRATH, C. R.. PAL and ethylene content during maturation of Red and Golden Delicious apples. **Photochemistry**, n. 27, p.1001-1003, 1988.

BOLWELL, G. P.; BELL, J. N.; CRAMER, C. L.; SCHUCH, W.; LAMB, C. J.; DIXON, R.A. Phenylalanine ammonia-lyase from *Phaseolus vulgaris*. Characterisation and differential induction of multiple forms from elicitor-treated cell suspension cultures. **European Journal of Biochemistry**, v. 149, p. 411–419, 1985.

BOTREL, N.; CARVALHO, V. D. Efeito do peso do fruto no escurecimento interno e qualidade do abacaxi 'Smooth cayenne'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n.9, 1055-1064, 1993.

BRODY, A.L. **Envasado de alimentos en atmosferas controladas, modificadas y vacío**. Zaragoza: Acribia, p. 220, 1996.

CARVALHO, V.D.; ABREU, C.M.P. Gonçalves, N.B. Qualidade e industrialização de abacaxi. **Informe Agropecuário**, 195, 67-69, 1998.

CARVALHO, V.D.; CUNHA, G.A.P. Produtos e usos. In: Cunha, G.A.P., Cabral, J.R.S. Souza, L.F.S. (org). O abacaxizeiro. Cultivo, agroindústria e economia. Brasília: **EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia**. p: 389-402, 1999.

CENTRO DE QUALIDADE DE HORTICULTURA - CQH; COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO-CEAGESP. **Programa brasileiro para a modernização da horticultura**: normas de classificação do abacaxi. São Paulo: Ceagesp, (Documentos, 24), 2003.

CECCHI, H. M. **Fundamentos técnicos e práticos em análises de alimentos**. 2 ed. Campinas: Unicamp, p. 208, 1999.

CHEEN, G. W.; BREEN, P. J. Activity of Phenylalanine Ammonia-Lyase (PAL) and Concentrations of Anthocyanins and Phenolics in Developing Strawberry Fruit. **Journal American Society Horticultural Science**, v. 116, n. 5, p.865-869, 1991.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, p. 786, 2005.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEFE, p. 320, 1990.

COCHRANE, F.C.; DAVIN, L.B.; LEWIS, N.G. The Arabidopsis phenylalanine ammonia lyase gene family: kinetic characterization of the four PAL isoforms, **Phytochemistry**, v. 65, p. 1557–1564, 2004.

COHEN, S. D.; KENNEDY, J. A. Plant metabolism and the environment: implications for managing phenolics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **Boca Raton**, v. 50, n. 7, p. 620-643, 2010.

COPPENS D'EECKENBRUGGE, G. C.; LEAL, F. Morphology, anatomy and taxonomy. In: BARTHOLOMEW, D. P.; PAULL, R. E.; ROHRBACH, K.G. (Ed.) **The pineapple: botany, production and uses**. New York: CAB International, p.13-32, 2003.

COSENTEG, M. Y.; LEE, C. Y. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentration in relation to degree of browning. **Journal of Food Science**, v. 52, n. 4, p. 985-989, 1987.

CRAMER, C. L.; EDWARDS, K.; DRON, M.; LIANG, X.; DILDINE, S. L.; BOLWELL, G. P.; DIXON, R. A.; LAMB, C. J.; SCHUCH, W. Phenylalanine ammonia-lyase gene organization and structure. **Plant Molecular Biology**, v. 12, p. 367–383, 1989.

CROZIER, A. Classification and biosynthesis of plants and secondary products: na overview. In: GOLDBERG, G (Ed). **Plants: diet and health**. Iowa: **Blackwell Science for the British Nutrition Foundation**, chap. 2, p. 27-48, 2003.

CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F. S. O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia. Brasília: **Embrapa Comunicação para Transferência de tecnologia**, p. 480, 1999.

CUNHA, T. J., 2013. **Qualidade dos frutos de sete genótipos de abacaxizeiro**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2013.

CUVELIER, M. E.; RICHARD, H.; BERSET, C. Comparison of the antioxidant activity of some acid phenols: structure-activity relationship. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, Benkyoku, v.59, p.324-325, 1992.

DIXON, R. A. Isoflavonoids: biochemistry, molecular biology, and biological functions. In: BARTON, Sir D. H. R.; NAKANISHI, K.; METH-COHN, O. (Eds.), **Comprehensive Natural Products Chemistry**, Elsevier, Oxford, vol. 1, p. 773–823, 1999.

EDREVA, A.; SALCHEVA, G.; GEORGIEVA, D. Stress damage is related to peroxidase induction in wheat plants. In: **Plant peroxidases, Biochemistry and Physiology**, Eds. WELINDER, K. G.; RASMUSSEN, S. K.; PENEL, C.; GREPPIN, H. University of Geneva, 401–404, 1993.

EL-HILARI, F. et al. Chilling injury and peroxidase activity change in “Fortune” mandarin fruit during low temperature storage. Bulg. **Journal Plant Physiology**, Bulgaria, v. 29, n. 1-2, p. 44-54, 2003.

FAO - Food and Agriculture organization of the United Nations – FAOSTAT. **Agricultural statistics database**. Rome: World Agricultural Information Centre, 2013. Disponível em <<http://http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>> Acesso em: 16 mar. 2015.

FAO - Food and Agriculture organization of the United Nations - FAOSTAT **Countries by commodity**. Pineapples, 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 16 mar. 2015.

FERREIRA, F. R.; FÁVERO, A. P.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, F. V. D. Abacaxi do cerrado. In: VIEIRA, R.F et al., (Ed.). **Frutas nativas da região Centro- Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.31-45, 2010.

FREITAS, A. A.; FRANCELIN, M. F.; HIRATA, G. F.; CLEMENTE, E.; SCHMIDT, F. L. Atividades das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) nas uvas das cultivares benitaka e rubi e em seus sucos e geleias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n.1, p.172-177, 2008.

FUCHS, Y.; ZAUBERMAN, G.; LEDERMAN, E. I. Effect of postharvest treatments and storage conditions on avocado fruit ripening and quality. In: **Proceedings of the World Avocado Congress III**, pp. 323–330, 1995.

FUJITA, N.; TANAKA, E.; MURATA, M. Cinnamaldehyde inhibits phenylalanine ammoniolyase and enzymatic browning of cut lettuce. *Bioscience*, **Biotechnology and Biochemistry**, v. 70, p. 672-676, 2006.

GABARITO DO ABACAXI PÉROLA, 2009. Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/biblioteca/hortibrasil/gab_abacaxi_perola_v4.pdf> Acesso em 23mar. 2015.

GASPAR, T. H.; PENEL, C. L.; THORPE, T.; GREPPIN, H. Peroxidases: a survey of their biochemical and physiological roles in higher plants. Genève: **Université de Genève**, p. 324, 1982.

GOULD, W.A. *Tomato Production, Processing & Technology*; 3ed.; CTI Pub. Inc.; **Baltimore**, 1992.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonoides e vitamina C**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GONÇALVES, N. B.(Org.). Abacaxi: pós-colheita. Embrapa Agroindústria de Alimentos. Brasília: **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**, p. 45 (Frutas do Brasil 5), 2000.

GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D. de. Características da fruta. In: GONÇALVES, N.B.(Org.). Abacaxi: pós-colheita. Brasília: **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**, cap. 2, p.13-27 (Frutas do Brasil, 5), 2000.

GROVER, A.; SINHA, S. K. Senescence of detached leaves in pigeon pea and chick pea: Regulation by developing pods. **Physiol. Plant.**, v. 65, p. 503–507, 1985.

HÉRNANDEZ, I; ALEGRE, L.; BREUSEGEM, F. V.; MUNNÉ-BOSCH, S. How relevant are flavonoids as antioxidants in plants? **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 14, n. 3, 2009.

HONG, K.; XU, H.; WANG, L.; ZHANG, L.; HU, H.; JIA ,Z.; GU, H.; HE, Q.; GONG, D. Quality changes and internal browning developments of summer pineapple fruit during storage at different temperatures. **Scientia Horticulturae**, v. 151, p. 68–74. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Banco de dados agregados. SIDRA: Sistema IBGE de recuperação automática. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 jun, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Culturas temporárias e permanentes. **Produção Agrícola Municipal**, Rio de Janeiro, v. 37, p.1-91, 2010.

JEONG, H.L., JIN, W.J., KWANG, D.M., KEE, J.P. Effects of Anti-Browning Agents on Polyphenoloxidase Activity and Total Phenolics as Related to Browning of Fresh-Cut ‘Fuji’ Apple. **ASEAN Food Journal**, v. 15, p.79-87, 2008.

JOBLING, J. Temperature management is essential for maintaining produce quality. **Good Fruit and Vegetables Magazine**, Melbourne, Australia, v. 10, p. 30–31, 2000.

JONES, D. H. Phenylalanine ammonia-lyase: Regulation of its induction, and its role in plant development. **Phytochemistry** v. 23, p.1349- 1359, 1984.

KAO, C.H. Differential effect of sorbitol nad polyethylene glycol on antioxidant enzymes in rice leaves. **Plant Growth Regulation**, v.39, p.83-89, 2003.

KATAOKA, I.; KUBO, Y.; SUGIURA, A.; TOMANA, T. Changes in L-phenylalanine ammonia-lyase activity and anthocyanin synthesis during berry ripening of three grape cultivars. **Journal Japanese Society Horticulture Science**, v. 52, p.273-279, 1983.

KE, D.; SALTVEIT JR. M.E. Carbon dioxide-induced Brown stain development as related to phenolic metabolism in iceberg lettuce. **Journal American Society Horticulture Science**, v. 114, n. 5, p. 789–794, 1989.

KIM, D. O.; JEONG, S.W.; LEE, C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, Kidlington, v.81, p.231-326, 2003.

KOUKOL, J.; CONN, E.E. The metabolism of aromatic compounds in higher plants. IV. Purification and properties of the phenylalanine deaminase of *Hordeum vulgare*. **Journal of Biological Chemistry**, v. 236, p. 2692–2698, 1961.

KRAMER, A. Fruits and vegetables. In: KRAMER, A.; TWIGG, B. A. **Quality Control for the Food Industry**. Connecticut: Avi, 2th ed., p. 157-227, 1973.

KUK, Y.I. et al. Antioxidative enzymes offer protection from chilling damage in rice plants. **Crop. Science**, Madison, v. 43, n. 1, p. 2109-2117, 2003.

MAILLARD, M.N.; SOUM, M. H.; BOIVIA, P.; BERSET, C. Antioxidant activity of barley and malt: relationship with phenolic content. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, London, v. 3, p. 238-244,1996.

MARTINEZ-TELLEZ, M. A.; LAFUENTE, M. T. Chilling-induced changes in Phenylalanine ammonia-lyase, peroxidase, and polyphenol oxidase activities in citrus flavedo tissue. **Acta Horticult.**, v. 343, p. 257–263, 1993.

MAYER, A. M. Polyphenol oxidases in plants: recent progress. **Phytochemistry**, v. 26, p. 11– 20, 1987.

MEDINA, J.C. A cultura do abacaxi. In: **MEDINA, J.C. et al. Frutas tropicais 2**. São Paulo: Canton, p. 06-68, 1978.

MEDINA, J. D. **Pineapple post-harvest operations**, 2004. Disponível em <<http://www.fao.org/inpho/content/compnd/text/ch33/ae614e01.htm#1.1>> Acesso em: 13 out, 2013.

MENOLLI, L. N.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M.; BARBOSA, J. M.; BARROS, R. S. Atuação das enzimas oxidativas no escurecimento causado pela injúria por frio em raízes de batata – baroa. **Acta Sciencitiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 57-63, 2008.

MHAMDI, A.; QUEVAL, G.; CHAOUCH, S.; VANDERAUWERA, S.; BREUSEGEM, F. V.; NOCTOR, G. Catalase function in plants: a focus on Arabidopsis mutants as stress-mimic models, **Journal of Experimental Botany**, v. 61, n. 15, p. 4197–4220, 2010.

NEISH, A.C. Formation of m- and p-coumaric acids by enzymatic deamination of the corresponding isomers of tyrosine. **Phytochemistry**, v. 1, p. 1–24, 1961.

OLSEN, K. W.; LEA, U. S.; SLIMESTAD, R.; VERHEUL, M.; LILLO, C. Differential expression of four Arabidopsis PAL genes; PAL1 and PAL2 have functional specialization in abiotic environmental-triggered flavonoid synthesis. **Journal of Plant Physiology**, v. 165, p. 1491-1499, 2008.

PEREIRA, M. A. B.; SIEBENEICHLER, S. C.; LORENÇONI, R.; ADORIAN, G. C.; DA SILVA, J. C.; GARCIA, R. B. M.; PEQUENO, D. N. L.; DE SOUZA, C. M.; DE BRITO, R. F. F. Qualidade do fruto de abacaxi comercializado pela cooperfruto – Miranorte – To. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 4, p. 1048-1053, 2009.

PELEG, H.; BODINE, K. K.; NOBLE, A. C. The influence of acid on adstringency of alum and phenolic compounds. **Chemical Senses**, Oxford, v. 23, n. 3, p. 371-378, 1998.

PINHEIRO, A.C.M.; VILAS BOAS, E.V.B.; LIMA, L.C. Influência do CaCl₂ sobre a Qualidade pós-colheita do abacaxi cv. Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 32-36, 2005.

PY, C.; LACOEUILHE, J. J.; TEISSON, C. L' ananás, as culture, ses produits. Paris: Éditions G. –P. Maisonneuve & Larose. **Agence de coopération culturelle et technique**, p. 562, 1984.

RAMOS, M. J. M.; MONNERAT, P. H.; PINHO, L. G. R.; CARVALHO, A. J. C. Qualidade sensorial dos frutos do abacaxizeiro Imperial cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 692-699, 2010.

RAZAL, R. A.; ELLIS, S.; SINGH, S.; LEWIS, N.G.; TOWERS, G.H.N. Nitrogen recycling in phenylpropanoid metabolism. **Phytochemistry**, v. 41, p. 31–35, 1996.

REINHARDT, D. H. Abacaxi: produção, pós-colheita e mercado. Fortaleza: **Instituto Frutal**, p. 139, 2004.

REINHARDT, D. H.; MEDINA, V. M.; CALDAS, R. C.; CUNHA, G. A. P.; ESTEVAM, R. F. H. Gradientes de qualidade em abacaxi 'pérola' em função do tamanho e do estágio de maturação do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 3, p. 544-546, 2004.

RIBÉREAU-GAYON, P. Les Composés Phénoliques dês Végétaux. Paris : **Dunod**, p. 254, 1968.

ROSLER, J.; KREKEL, F.; AMRHEIN, N.; SCHMID, J. Maize phenylalanine ammonia-lyase has tyrosine ammonia-lyase activity. **Plant Physiology**, v. 113, p. 175–179, 1997.

SAMPAIO, A.C.; FUMIS, T. F.; LEONEL, S. Crescimento vegetativo e características dos frutos de cinco cultivares de abacaxi na região de Bauru-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 3, p. 816-822, 2011.

SCALET, M.; FREDERICO, R.; GUIDO M. C.; MANES, F. Peroxidase activity and polyamine changes in response to ozone and simulated acid rain in Aleppo pine needles. **Environ. Exp. Bot.**, v. 35, p. 417–425, 1995.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, β -carotene, and other carotenoids as antioxidants. **The American Journal of Clinical Nutrition, Bethesda**, v. 62, n. 6, p. 1315-1321, 1995.

SINGH, S.; LEWIS, N. G.; TOWERS, G. H. N. Nitrogen recycling during phenylpropanoid metabolism in sweet potato tubers. **Journal of Plant Physiology**, v. 153, p. 316–323, 1998.

SHING, R. P.; MURTHY, K. N. C.; JAYAPRAKASHA, G. K. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and extracts using in vitro Models. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Easton, n. 50, p. 81-86, 2002.

SINGLETON, V. L.; GORTNER, W. A. Chemical and physical development of the pineapple fruit. II. Carbohydrate and acid constituents. **Journal of Food Science**, v. 30, p. 19-23, 1965.

SMITH, L.G. Indices of physiological maturity and eating quality in Smooth Cayenne pineapples. II. Indices of eating quality. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Science**, v. 45, p. 219-28, 1988.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SPIRONELLO, A. Abacaxi. In: DONADIO, L. C. (Org.). **História da Fruticultura Paulista**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel – ME, cap. 3, p. 61-82, 2010.

TALCOTT, S. T.; PERCIVAL, S. S.; PITTET-MOORE, J.; CELORIA, C. Phytochemical composition and antioxidant stability of fortified yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, p. 935-941, 2003.

TEHRANI, M.; CHANDRAN, S.; SHARIF HOSSAIN, A.B.M.; NASRULHAQ-BOYCE, A. Postharvest physico-chemical and mechanical changes in jambu air (*Syzygium aqueum alston*) fruits. **Australian Journal of Crop Science**, n. 5, v. 32-38, 2011.

TOWERS, G. H. N.; SINGH, S.; VAN HEERDEN, P. S.; ZUICHES, J.; LEWIS, N. G. Integrating nitrogen and phenylpropanoid metabolic pathways in plants and fungi. In: LEWIS, N.G., SARKANEN, S. (Eds.), **Lignin and Lignan Biosynthesis**. ACS Symposium Series, Washington, DC, vol. 697, p. 42–54, 1998.

VILAS BOAS, E. V. de B. Frutas minimamente processadas: banana. **III Encontro Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças: palestras, resumos e oficinas**. Viçosa, MG, UFV, p. 111-121. 2004.

WEERAHERA, D.; ADIKARAM, N. K. B. Heat-induced tolerance to internal browning of pineapple (*Ananas comosus* cv. 'Mauritius') under cold storage. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 80, n. 4, p. 503-509, 2005.

WILLEKENS H.; CHAMNONGPO, S.; DAVEY, M.; SCHRAUDNER, M.; LANGEBARTELS, C.; MONTAGU, M. V.; INZE, D.; CAMP, W. V. Catalase is a sink for H₂O₂ and is indispensable for stress defence in C₃ plants, **The EMBO Journal**, v.16, n.16, p.4806–4816, 1997.

WILLEKENS H.; VILLARROEL R.; VAN MONTAGU M.; INZÉ D.; VAN CAMP W. Molecular identification of catalases from *Nicotiana plumbaginifolia* (L.). **FEBS Lett**, v. 352, p. 79–83, 1994.

YAMAUCHI, N.; WATADA, A. E. Regulates chlorophyll degradations in Spinach leaves during storage. **Journal American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 116, n. 1, p. 58-62, 1991.

ZHOU, Y.; DAHLERB, J. M.; UNDERHILL S. J. R.; WILLS R.B.H. Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit. **Food Chemistry**, v. 80, p. 565-572, 2003.

5 ARTIGO

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E PERÍODO DE ARMAZENAMENTO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE ABACAXI DA CV. PÉROLA

RESUMO

O uso da temperatura para o armazenamento de frutos para a conservação de características aceitáveis para o mercado consumidor e aumentar o tempo de vida de prateleira é um procedimento simples, pois reduz o metabolismo dos frutos além de retardar o processo de amadurecimento. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho verificar as mudanças físicas e físico-químicas de frutos de abacaxizeiro submetidos ao armazenamento em diferentes temperaturas. Frutos de abacaxi da cv. Pérola selecionados na Central de Abastecimento do Espírito Santo (Ceasa), na cidade de Cariacica, Espírito Santo, Brasil, foram submetidos a diferentes temperaturas de armazenamento em estufas a 4°, 8°, 12°, 16° e 22°C por até 23 dias. As análises foram realizadas em intervalos de 4, 8, 16 e 23 dias, que incluíram: sólidos solúveis, pH da polpa, acidez titulável, razão sólidos solúveis/acidez titulável, compostos fenólicos, capacidade antioxidante, além atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase, fenilalanina amônio-liase e catalase. Os resultados mostraram que as temperaturas de 16° e 22° C não são recomendadas para o armazenamento dos frutos, pois tais temperaturas não foram suficientes para impedir o amadurecimento dos frutos, bem como o aparecimento de doenças, como a fusariose e a podridão negra. Entretanto, frutos armazenados nas temperaturas mais baixas (4°, 8° e 12° C) mesmo por longos períodos, mantiveram características aceitas para o consumo, o que aumenta a vida de prateleira dos frutos. A temperatura de armazenamento a 12° C destacou-se como ótima, possibilitando manter a melhor qualidade da fruta, exigindo um menor custo para a sua manutenção nas câmaras de armazenamento.

Termos para indexação: *Ananas comosus* var. *comosus*, temperatura de armazenamento, qualidade.

ABSTRAT

The use of temperature for the storage of fruits for conservation of acceptable characteristics to market and increase the shelf life is a simple procedure, because it reduces the metabolism fruits besides delayed ripening process. Therefore, the aim of this work was to check the physical and physico-chemical changes in pineapple fruits subjected to storage at different temperatures. Fruits of pineapple cv. Pérola selected in the Central de Abastecimento do Espírito Santo, Espírito Santo, Brazil, were subjected to differents temperatures at 4°, 8°, 12°, 16° e 22° for 23 days. The analysis performed in the intervals of 4, 8, 16 and 23 days, included: soluble solids, pulp pH, titratable acidity, reason soluble solids/titratable acidity, phenolics compounds, antioxidant capacity, as well as, the enzymes peroxidase, polyphenoloxidase, phenylalanine ammonia-lyase and catalase. The results showed that the temperatures of 16° and 22° C are not recommended for storage of fruits, such as temperatures were not sufficient to prevent the ripening of fruits, as well as the appearance of diseases such as fusariosis and a black rot. However, fruits storage in the temperatures (4°, 8° and 12° C) even long periods maintained characteristics accepted for consumption, which increases the shelf life of fruits. The storage temperature to 12° C, stood out as great, allowing maintain the best quality of the fruit, requiring a lower cost for maintenance the storage incubators.

Index terms: *Ananas comosus* var. *comosus*, storage temperature, quality.

INTRODUÇÃO

O abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) é considerado um dos frutos tropicais mais importantes (RAMOS et al., 2010), se tratando de produção mundial, é o fruto que possui mais destaque depois de bananas e citrus (FAO, 2010; ALMEIDA, 2011). Seu cultivo está distribuído por diferentes países da África, Ásia, Américas e Oceania (SANTOS e FILHO, 2011). No Brasil, a produção está concentrada em regiões do Norte, Nordeste e Sudeste (IBGE, 2011).

Os consumidores estão cada vez mais exigentes com a qualidade e também com a escolha de alimentos (BENGOZI et al., 2007), por isso, observa-se um aumento de hábitos alimentares ricos em vegetais. Devido ao seu potencial antioxidante o abacaxi tem sido incluído em grupos alimentares que são associados à prevenção de doenças, por apresentar um alto valor nutricional, com um considerável índice de vitaminas, além de minerais como potássio, fósforo, cálcio e metais (MHATRE et al., 2009; HOSSAIN; RAHMAN, 2011).

As características físicas e químicas do fruto são de fundamental importância para a definição de técnicas de manuseio pós-colheita, assim como para a boa aceitação do produto pelo consumidor. Uma vez que, há um aumento das exigências quanto à qualidade tanto por parte dos consumidores e até mesmo das indústrias (PEREIRA et al., 2009). Dessa forma, o conhecimento da fisiologia pós-colheita de frutos de abacaxi é indispensável para fornecer subsídios técnicos que viabilizem uma melhor conservação do fruto com a ampliação do tempo de armazenamento e manutenção da qualidade (BOTREL; CARVALHO, 1993).

O prolongamento da vida útil do abacaxi, pela utilização de baixas temperaturas, baseia-se na regulação dos processos fisiológicos e bioquímicos (ABREU et al., 1998). Uma vez que, as transformações bioquímicas que ocorrem no fruto do abacaxi durante a maturação e o armazenamento em baixas temperaturas são evidentes e influenciam na qualidade final do produto (ROCHA, 1982). Sendo assim, o armazenamento, em condições adequadas de temperatura, é considerado um mecanismo que visa a redução do metabolismo normal, mas sem alterar a fisiologia das frutas (CHITARRA; PRADO, 2002).

O armazenamento em baixas temperaturas é um dos métodos mais práticos e concretos utilizados no prolongamento de vida útil dos frutos (THÉ et al., 2003), porém de acordo com Hong e colaboradores (2013) existem poucos trabalhos publicados que tratam da influência de baixas temperaturas na qualidade pós-colheita de frutos de abacaxi.

Dado o exposto, este estudo buscou avaliar as mudanças nos parâmetros químicos e físico-químicos de frutos de abacaxi em diferentes temperaturas de armazenamento, visando determinar a temperatura ideal capaz de manter as características aceitáveis dos frutos para exportação e o prolongamento da vida de prateleira.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal e delineamento do experimento

Foram utilizados para o estudo frutos de abacaxizeiro cultivar 'Pérola' (provenientes de Maratázes-ES), obtidos na Central de Abastecimento do Espírito Santo (Ceasa), no estágio de maturação 3 (PY et al., 1984). Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 repetições por temperatura, sendo cinco as temperaturas (4°C, 8°C, 12°C, 16°C e 22°C) com 23 dias de armazenamento, fazendo-se as análises no 4º, 8º, 16º e 23º dia. Os frutos ao serem tirados das condições de armazenamento refrigerado, foram colocados em temperatura ambiente (22° C ± 2° C) por 3 dias. Após esse período foram submetidos a análises químicas e físico-químicas.

Análises físico-químicas

Os teores de sólidos solúveis (SS) foram analisados por leitura direta em refratômetro, a 22°C, e expressos em °Brix. A acidez titulável (AT) foi aferida por titulação com NaOH 0,1 N de uma suspensão de 10 g de polpa processados em 50 mL de água destilada. O resultado foi expresso em porcentagem de ácido cítrico (AOAC, 1992). O pH do suco foi determinado em pHmetro digital, e a relação SS/AT foi obtida pela divisão dos valores dos sólidos solúveis totais pela porcentagem de acidez (SS/AT).

Avaliação visual da área de translucidez da polpa

A avaliação visual da área de translucidez da polpa na fatia do terço mediano foi realizada conforme proposto pelo Gabarito do Abacaxi 'Pérola' do Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura (Figura 2): '1'- opaca; '2'- 5 a 10% translúcido; '3'- 10 a 50% translúcido e '4'- maior que 50% translúcido.

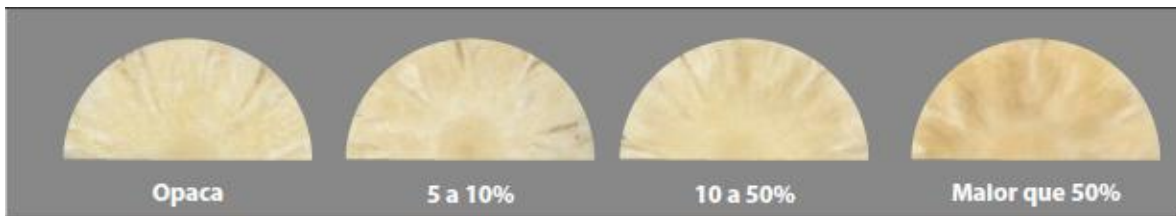


Figura 2: Gabarito para a avaliação visual da polpa de abacaxi da cv. Pérola

Fonte: Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura (2009)

Extração e ensaio da atividade da POD, PPO, CAT e PAL

Amostras de 1 g de polpa dos frutos foram homogeneizadas em um meio de extração contendo 2 mL de tampão fosfato de sódio 100 mM, pH 7,8 e 0,01 g de polivinilpolipirrolidona (PVPP) para a atividade da POD, da PPO e da CAT. Para a atividade da PAL amostras de 1 g de polpa foram extraídas num meio contendo 2 mL de tampão borato de sódio 50 mM, pH 8,8, com 5 mM β -mercaptoetanol e 2 mM de EDTA. Os extratos foram centrifugados a $12000 \times g$ por 25 min, a 4°C e os sobrenadantes foram usados para o ensaio enzimático (CUNHA, 2013).

A atividade da peroxidase do guaiacol foi analisada de acordo com Zhang et al. (2005). A atividade da POD foi medida em um meio de reação constituído de 100 μL de sobrenadante e 2 mL de tampão fosfato de sódio (100 mM, pH 7,0) com guaiacol 100 mM. O aumento na absorbância a 470 nm foi medido em espectrofotômetro depois da adição de 100 μL de peróxido de hidrogênio 20 mM. Uma unidade de atividade da POD foi definida como a quantidade de enzima que causou a mudança em 0,01 em $A_{470} \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de proteína.

A atividade da PPO foi analisada segundo o descrito por Jiang (2000). Para a análise da PPO, 20 μL de sobrenadante foram misturados em 1 mL de tampão fosfato de sódio (100

mM, pH 6,8) e 1 mL de catecol (100 mM). Mudanças na absorvância a 420 nm foram medidas em espectrofotômetro Thermo Scientific®, Genesys 10S. Uma unidade de atividade da PPO foi definida como a quantidade de enzima que causou a mudança de 0,01 em $A_{420} \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de proteína.

A atividade da CAT foi analisada de acordo com Hong et al., 2012. O coquetel de reação consistiu em 2,8 mL de H_2O_2 (40mM, em 50mM de tampão fosfato de sódio, pH 7,0) e 0,2 mL de extrato enzimático. A decomposição de H_2O_2 foi medida pelo declínio da absorvância a 240nm durante 120s.

A atividade da PAL foi realizada de acordo com Assis et al. (2001), com algumas modificações. Uma alíquota de 100 μL de sobrenadante foi adicionada a 1 mL de tampão borato de sódio (200 mM, pH 8,8) e 500 μL de L-fenilalanina 10 mM e incubada em banho-maria a 37°C por 60 min. O trans-cinamato formado nessa reação foi verificado em espectrofotômetro a 290 nm. Uma unidade de atividade da PAL foi definida como a quantidade de enzima que provocou a mudança em 0,01 em $A_{290} \text{ h}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de proteína.

As concentrações de proteína nos extratos foram determinadas através da albumina de soro bovino (BSA) como padrão (BRADFORD, 1976).

Extração e determinação dos fenólicos totais

Amostras de 5 g de polpa foram maceradas em 30 mL de metanol 95% e a suspensão foi agitada por 3 h em mesa agitadora, a temperatura ambiente. O extrato foi filtrado e concentrado até o volume de 3 mL. A determinação de compostos fenólicos nos extratos foi feita usando reagente de Folin-Ciocalteu e calibração com ácido gálico segundo metodologia proposta por Singleton e Rossi (1965). Foi adicionado a 30 μL de extrato, 0,2 mL de reagente de Folin-Ciocalteu em agitação. Depois de 4 min, 1 mL de Na_2CO_3 15% foi adicionado e a mistura permaneceu por 2 h em temperatura ambiente. A absorvância então, foi medida a 760 nm usando um espectrofotômetro ThermoScientific®, Genesys 10S. Uma curva de calibração foi feita utilizando-se ácido gálico como padrão e os resultados expressos em mg de ácido gálico/100g de massa fresca do fruto.

Determinação da capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante total foi determinada utilizando o método ABTS, proposto por Arnao et al. (2001) com modificações; O extrato foi obtido pela homogeneização de 1 g de polpa em 25 ml de metanol 70%, seguido de filtração. As soluções estoque incluíram ABTS 7,4 mM e persulfato de potássio 2,6 mM. A solução de trabalho foi então preparada misturando as duas soluções estoque em quantidades iguais e incubando em temperatura ambiente por 12 h no escuro. Então, 1 mL dessa solução foi diluído em 100 mL de metanol para obter em espectrofotômetro uma absorbância de 0,7 a 734 nm. Ao extrato metanólico dos frutos (20 µL) foram adicionados 2 mL de solução de ABTS^{•+} que reagiram por 6 min e em seguida a absorbância foi lida a 734 nm.

Análise estatística

As amostras foram realizadas em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições por tratamento e os resultados, exceto da translucidez da polpa que foram obtidos por meio de observação, foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade executadas pelo programa Assistat 7.6 beta (2012), UAEG-CTRN-UFCG, Campina Grande – PB.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho mostrou que os SS que são constantemente utilizados para expressar o nível de maturação e a qualidade de frutos mostraram mudanças nas diferentes temperaturas de armazenamento (Tabela 1). Em frutos armazenados a 4° e a 8° C, no decorrer dos 23 dias de armazenamento, ocorreram aumentos seguidos pelo declínio no teor de SS. No entanto, frutos armazenados nas demais temperaturas (12°, 16° e 22°C), mostraram um avanço gradual do teor de SS de acordo com o aumento no tempo de armazenamento, e maiores valores quando relacionados às temperaturas de 4° e 8° C. De acordo com Wills et al. (1998), baixas temperaturas retardam o amadurecimento (Figura 3). Além disso, temperatura é o fator ambiental que mais afeta a vida útil em pós-colheita de frutos (HONG et al., 2013). É um procedimento simples para a redução do metabolismo do produto, permitindo menor perda de água, da respiração e dificultando o desenvolvimento de

Tabela 1: Mudanças no SS, AT, pH e Ratio em frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, durante o armazenamento em diferentes temperaturas.

| Variáveis | Dias de Armazenamento | Temperatura (°C) | | | | |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| | | 4 | 8 | 12 | 16 | 22 |
| SS (°BRIX) | 4 | 9,56 ± 0,27 bC ¹ | 9,58 ± 0,36 cC | 10,38 ± 0,52 cBC | 10,76 ± 0,17 bAB | 11,44 ± 0,27 aA |
| | 8 | 10,76 ± 0,36 aC | 10,96 ± 0,33 bBC | 11,95 ± 0,02 bA | 11,74 ± 0,10 aAB | 12,28 ± 0,31 aA |
| | 16 | 11,12 ± 0,08 aB | 12,12 ± 0,04 aA | 12,20 ± 0,15 abA | 12,30 ± 0,09 aA | 12,16 ± 0,20 aA |
| | 23 | 10,88 ± 0,20 aC | 11,80 ± 0,21 abB | 12,90 ± 0,06 aA | – ² | – |
| AT (% ácido cítrico) | 4 | 0,87 ± 0,02 aA | 0,84 ± 0,04 aA | 0,80 ± 0,04 bA | 0,90 ± 0,02 aA | 0,81 ± 0,05 aA |
| | 8 | 0,77 ± 0,02 aB | 0,84 ± 0,04 aB | 1,02 ± 0,06 aA | 0,86 ± 0,04 aB | 0,88 ± 0,05 aAB |
| | 16 | 0,83 ± 0,04 aB | 0,82 ± 0,05 aB | 1,01 ± 0,07 aA | 0,85 ± 0,04 aB | 0,84 ± 0,02 aB |
| | 23 | 0,80 ± 0,02 aA | 0,78 ± 0,05 aA | 0,77 ± 0,02 bA | – | – |
| Ratio | 4 | 10,29 ± 0,21 bB | 11,12 ± 0,50 bB | 12,18 ± 0,88 bB | 11,88 ± 0,22 bB | 14,20 ± 0,69 aA |
| | 8 | 13,02 ± 0,15 aA | 11,89 ± 0,28 bA | 12,14 ± 0,37 bA | 13,32 ± 0,41 abA | 13,59 ± 0,68 aA |
| | 16 | 13,15 ± 0,60 aAB | 14,42 ± 0,72 aAB | 12,73 ± 0,76 bB | 14,50 ± 0,59 aAB | 14,83 ± 0,38 aA |
| | 23 | 13,54 ± 0,55 aB | 14,41 ± 0,62 aAB | 16,16 ± 0,25 aA | – | – |
| pH | 4 | 3,70 ± 0,02 bA | 3,60 ± 0,01 bA | 3,63 ± 0,03 bA | 3,63 ± 0,02 bA | 3,64 ± 0,01 bA |
| | 8 | 3,67 ± 0,03 bA | 3,70 ± 0,01 bA | 3,68 ± 0,02 bA | 3,69 ± 0,01 bA | 3,65 ± 0,04 bA |
| | 16 | 3,63 ± 0,05 bC | 3,68 ± 0,04 bC | 3,71 ± 0,05 bBC | 3,79 ± 0,01 aAB | 3,84 ± 0,03 aA |
| | 23 | 3,88 ± 0,02 aB | 3,94 ± 0,03 aAB | 3,99 ± 0,01 aA | – | – |

¹ Os valores representam a média de cinco repetições por tratamento seguidos pelo erro padrão. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P < 0,05).

² frutos pós estágio de maturação.

doenças pós-colheita (MENOLLI et al., 2008). Os resultados obtidos corroboram com o observado por outros autores, onde frutos armazenados em temperaturas menores apresentaram menor teor de SS, como em três cultivares de romã (AL-MUGHRABI et al., 1995), caqui (ARNAL; DEL RIO, 2004) e em mangas ‘Palmer’ (MIGUEL et al., 2013). Além disso, Hong e colaboradores (2013), também observaram o declínio nos teores de SS em temperaturas mais baixas (6° e 10° C) do que em temperatura mais alta (25° C) estudando frutos de abacaxi cv. ‘Comte de Paris’.

A acidez que nos frutos é expressa, usualmente, como acidez titulável em porcentagem de ácido cítrico, que no abacaxi tem variação de 0,32% a 1,22% (BLEINROTH, 1987) dependendo da cultivar, estágio de maturação do fruto, fatores climáticos e nutrição mineral (CARVALHO et al. 1998), apresentou, neste trabalho, pequenos aumentos seguidos por quedas com o avanço dos dias de armazenamento nas diferentes temperaturas. Contudo, frutos armazenados a 12°C apresentaram uma maior variação no valor da acidez titulável nos diferentes dias de armazenamento cerca de 20%, já em frutos armazenados nas temperaturas de 4°, 8°, 16° e 22°C essa variação foi menor em torno de 5 a 11%. Porém, aos 23 dias de armazenamento os frutos armazenados nas diferentes temperaturas mostraram diminuição no valor da acidez titulável, embora tal diferença não foi significativa, exceto para frutos armazenados a 12° C (Tabela 1). Uma vez que, com o avanço da maturação a quantidade de ácidos orgânicos geralmente diminui, porque tais ácidos são substratos da respiração (WILLS et al., 1981; CAMARA 2011). Resultados similares foram observados por Pailly et al. (2004) ao submeterem frutos de toranjas a diferentes temperaturas de armazenamento e por Argenta et al. (2001) com maçãs ‘Fuji’ submetidas a três temperaturas de armazenamento. Valores de AT menores que 1% como os encontrados neste trabalho (Figura 3) são relativamente baixos e de acordo com Sideris e Krauss, (1933) são considerados características que elevam o nível da qualidade dos frutos, entretanto, a acidez muito baixa também pode reduzir a qualidade. O que contribui para um sabor brando em frutos, característica indesejável para o mercado de frutos com níveis de acidez mais elevados (CUNHA, 2013).

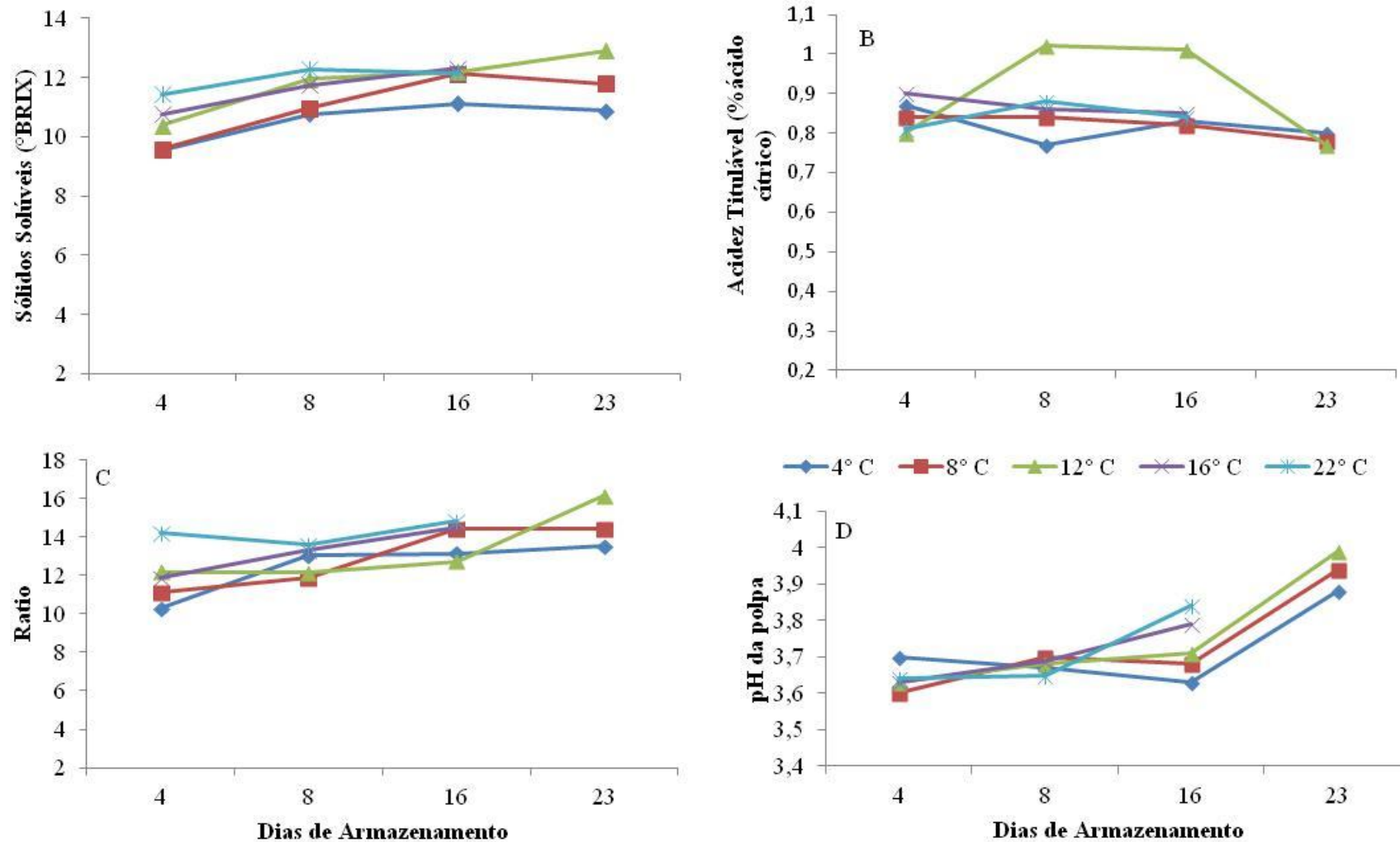


Figura 3: Mudanças no SS (A), AT (B), pH (C) e Ratio (D) em frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, durante o armazenamento em diferentes temperaturas (4°, 8°, 12°, 16° e 22° C) por 23 dias. Os valores representam a média de cinco repetições por tratamento.

Os frutos exibiram uma maior relação açúcar/ácido a partir dos 16 dias de armazenamento nas diferentes temperaturas, embora as diferenças não tenham sido significativas (Tabela 1). Resultados semelhantes foram observados por Pailly et al (2004) ao estudar frutos de toranjas submetidos a diferentes temperaturas de armazenamento. Porém frutos armazenados nas temperaturas mais elevadas (12°, 16° e 22° C) exibiram maiores valores de SS/AT aos 23 dias de armazenamento, o que foi observado por Liu e Liu (2014) ao submeterem frutos de abacaxi a três temperaturas de armazenamento. A relação açúcar/ácido é considerada a medida mais real do sabor do fruto, devido a isso está entre os principais fatores que influenciam na aceitabilidade do consumidor (JROOMWONG, 2006; SARADHULDHAT; PAULL, 2007). De acordo com Singleton e Gortner (1965), frutos de abacaxi com razões SS/AT mais altas tendem a ser mais bem aceitos pelos consumidores.

No presente estudo, quanto ao pH, os frutos armazenados a 4 e a 8 dias nas diferentes temperaturas não apresentaram diferenças significativas. No 16° dia de armazenamento, frutos submetidos a temperaturas maiores (16° e 22° C), apresentaram maiores índices de pH, aos 23 dias de armazenamento também ocorreu um avanço no valor do pH, mesmo em temperaturas mais baixas (4°, 8° e 12°C) (Tabela 1). Ou seja, com o aumento dos dias de armazenamento houve um aumento no pH (Figura 3) o que também foi observado por outros autores, como em amoreira-preta (ANTUNES et al., 2003) e em mamão (BICALHO et al., 1998).

O aumento da translucidez da polpa dos frutos nas diferentes temperaturas foi seguido pelo avanço no armazenamento. Frutos nas temperaturas de 16° e 22° C aos 16 de armazenamento já apresentaram uma elevada translucidez da polpa (Figura 4), uma vez que tais frutos também apresentaram um aumento no pH da polpa e do Ratio (BARTOLOMEW et al., 2003). Frutos armazenados nas temperaturas de 4°, 8° e 12° C, de maneira geral apresentaram uma variação visual maior da translucidez da polpa após os 16 dias de armazenamento (Figura 5). A área translúcida da polpa do abacaxi tanto para o consumo in natura como para a industrialização possui grande importância, pois além de está relacionada a maturação e textura do fruto, é utilizada como padrão na avaliação do grau de maturação dos frutos oferecidos a indústria (PATHAVEERAT et al., 2008).

A atividade da PPO nos frutos submetidos às temperaturas de 8° e 12°C, aumentou com prolongamento do tempo de armazenamento, já em frutos armazenados a 4°, 16° e a 22°C a atividade dessa enzima diminuiu com avanço do período de armazenamento (Tabela 2). A PPO é considerada uma enzima chave no escurecimento interno em muitos vegetais

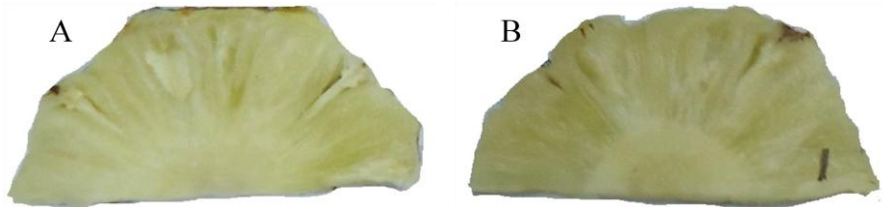


Figura 4: Área de translucidez da polpa do terço mediano de frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, em frutos armazenados a 16° e a 22° C, respectivamente aos 16 dias.

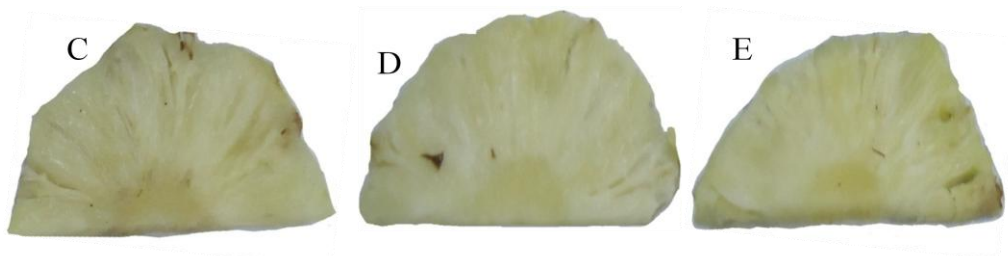


Figura 5: Área de translucidez da polpa do terço mediano de frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, em frutos armazenados a 4°, 8° e a 12° C, respectivamente aos 23 dias.

(MAYER, 1987). Os sintomas do escurecimento interno têm sido diagnosticados em todos os países produtores e exportadores de abacaxi (BOTREL et al., 2004) e podem ser desenvolvidos quando frutos de abacaxi são expostos a baixas temperaturas de refrigeração (WEERAHERA; ADIKARAM, 2005). A ocorrência deve-se à oxidação enzimática de compostos fenólicos pela PPO, produzindo quinonas, que se polimerizam e formam pigmentos de cor marrom (MAYER et al., 1987). Os resultados desta pesquisa corroboram com os observados por estudos com abacaxi ‘Comte de Paris’ (HONG et al., 2013) e em mangas ‘Manila’ (VELA et al., 2003) onde os valores mais altos da atividade da PPO foram atribuídos ao processo do amadurecimento (WANG, 1982), devido à intensificação

de reações oxidativas, o que sugere que temperaturas mais baixas retardam o avanço da maturação.

Neste trabalho, atividade da PAL exibiu um aumento em temperaturas mais baixas (4°, 8° e 12° C), seguido de uma queda aos 23 de armazenamento (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Miguel et al (2013) em mangas 'Palmer'. Os frutos armazenados nas temperaturas maiores (16° e 22° C) em geral, exibiram atividade dessa enzima semelhante aos frutos armazenados a 4°, 8° e a 12° C (Figura 4) uma vez que temperaturas menores que 14°C são consideradas estressantes (NGUYEN et al.,2003; ZHOU et al., 2003), dessa forma, nas temperaturas de 16° e 22° C a atividade da PAL não se relaciona com o escurecimento interno da polpa. Porém, uma alta atividade da PAL tem sido relacionada com o escurecimento interno e com o acúmulo de compostos fenólicos em tecidos de frutas de diversas espécies (KATAOKA et al., 1983; BLANKENSHIP; UNRATH, 1988; NGUYEN et al., 2003; FUJITA et al., 2006). Porém, o aumento na atividade da PAL nem sempre está relacionado com aumento da incidência do escurecimento (YINGSANGA et al., 2008), visto que a especificidade do composto fenólico produzido é pré-requisito para o escurecimento enzimático promovido pela PPO (ZHOU et al., 2003).

A atividade da POD, por sua vez, teve pequenos avanços na sua atividade seguidos por quedas, porém frutos submetidos a temperaturas de 16° e 22° C exibiram uma maior atividade desta enzima com o avanço do tempo de armazenamento (Tabela 2), o que sugere que temperaturas mais baixas são mais indicadas para o armazenamento dos frutos. Uma vez que, a POD oxida compostos fenólicos a quinonas que formam polímeros que causam uma coloração acastanhada em frutos na presença de H₂O₂ (ROBINSON, 1991). Sendo assim, a peroxidase também induz a mudanças negativas de sabor durante a estocagem (FREITAS et al., 2008). Além disso, a ação dessa enzima provoca uma diminuição na qualidade nutritiva de frutas e vegetais *in natura* o que acarreta perdas econômicas consideráveis (ARAÚJO, 1999). Muitos autores propunham que a POD estaria envolvida

Tabela 2: Atividade da catalase (CAT), polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD) e fenilalanina amônio liase (PAL) em frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, durante o armazenamento em diferentes temperaturas.

| Variáveis | Dias de Armazenamento | Temperatura (°C) | | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | | 4 | 8 | 12 | 16 | 22 |
| CAT (U/mg de ptn) | 4 | 1,0 ± 0,12 cB ¹ | 0,7 ± 0,10 abAB | 0,9 ± 0,08 bB | 1,0 ± 0,09 aA | 0,92 ± 0,08bB |
| | 8 | 0,7 ± 0,13 cC | 0,9 ± 0,12 bBC | 1,2 ± 0,09 bC | 2,0 ± 0,17 aAB | 1,1 ± 0,13 bA |
| | 16 | 0,8 ± 0,07 aA | 0,5 ± 0,05 bBC | 0,9 ± 0,12 bC | 1,1 ± 0,15 aB | 1,3 ± 0,01 aA |
| | 23 | 0,9 ± 0,18 bB | 1,0 ± 0,15 aB | 1,3 ± 0,02 aA | – ² | – |
| PPO (U/mg de ptn) | 4 | 91,6 ± 2,06 bC | 91,0 ± 0,71 cC | 193,8 ± 6,79 bB | 266,0 ± 2,97 aA | 263,8 ± 4,47 cA |
| | 8 | 93,2 ± 0,86 bD | 108,4 ± 1,50 bD | 161,8 ± 3,04 cC | 259,0 ± 2,38 aB | 368,4 ± 8,50 aA |
| | 16 | 129,6 ± 1,08 aD | 133,4 ± 2,34 aD | 151,6 ± 7,47 cC | 201,4 ± 2,14 bB | 333,4 ± 6,58 bA |
| | 23 | 104,2 ± 2,33 bC | 140,4 ± 2,62 aB | 335,4 ± 6,26 aA | – | – |
| POD (U/mg de ptn) | 4 | 6,7 ± 0,39 bC | 38,0 ± 1,77 aA | 33,7 ± 0,58 bA | 20,0 ± 0,73 cB | 23,8 ± 1,07 cB |
| | 8 | 21,5 ± 1,26 aC | 17,9 ± 0,17 bC | 17,8 ± 0,98 cC | 43,6 ± 2,37 bB | 56,4 ± 3,00 aA |
| | 16 | 23,2 ± 2,51 aC | 18,3 ± 1,28 bC | 33,3 ± 2,18 bB | 51,3 ± 1,60 aA | 47,5 ± 4,83 bA |
| | 23 | 20,6 ± 0,76 aB | 18,6 ± 0,62 bB | 47,5 ± 4,83 aA | – | – |
| PAL (U/mg de ptn) | 4 | 495,2 ± 42,12 aB | 867,2 ± 20,52 aA | 999,4 ± 58,2 bA | 599,2 ± 15,41 bB | 918,20 ± 13,46 abA |
| | 8 | 555,0 ± 41,75 aC | 676,4 ± 58,39 bBC | 1202,6 ± 92,62 aA | 711,4 ± 60,88 abBC | 790,8 ± 65,4 bB |
| | 16 | 633,4 ± 32,4 aC | 758,0 ± 25,49 abBC | 942,6 ± 18,2 bA | 863,8 ± 38,44 aAB | 955,8 ± 12,25 abA |
| | 23 | 487,2 ± 29,61 aB | 633,8 ± 55,59 bAB | 705,0 ± 17,68 cA | – | – |

¹ Os valores representam a média de cinco repetições por tratamento seguidos pelo erro padrão. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

² frutos pós estágio de maturação.

no escurecimento de frutas (WILLIAMS et al., 1985; NICOLAS et al., 1994). Porém, em estudos com frutos de abacaxi ‘Smooth Cayenne’ e ‘Comte de Paris’, Zhou et al (2003) e Hong et al (2013), respectivamente, observaram que a atividade da POD está presente em toda a vida pós-colheita de frutos de abacaxi. Dessa forma, de acordo com seus resultados esses mesmos autores sugeriram que a POD não pode ser uma enzima chave do escurecimento interno.

Quanto a atividade da CAT, os frutos armazenados nas temperaturas de 4° e 8° C, apresentaram com o avanço do período de armazenamento valores mais baixos na atividade da enzima quando comparados aos frutos armazenados em 12°, 16° e 22° C (Tabela 2). Resultados semelhantes foram observados em laranja (*Citrus sinensis*) por Huang et al. (2008) e em abacaxi cv. ‘Comte de Paris’ por Hong et al. (2013) o que sugere que a CAT pode desempenhar um importante papel em resposta ao estresse por temperaturas em frutos de abacaxi. A CAT é uma importante enzima que catalisa H_2O_2 em O_2 , que funciona para remover o excesso das espécies reativas de oxigênio (EROs) (MITTLER et al., 2004; SCANDALIOS, 2005).

Neste trabalho, frutos armazenados nas temperaturas de 16° e 22°C, quando comparados aos que foram submetidos às temperaturas menores (4°, 8° e 12° C) exibiram menores índices de compostos fenólicos (Tabela 3). Os compostos fenólicos presentes nas frutas, são um dos principais responsáveis pela atividade antioxidante destas, uma vez que, seu conteúdo final pode estar influenciado por fatores como: a maturação, práticas de cultivo, origem geográfica, estágio de crescimento, condições de colheita e processo de armazenamento (KIM et al., 2003). Além de possuírem uma grande importância na atribuição de cor e sabor nos alimentos (JEONG et al., 2008). No entanto, o acúmulo de compostos fenólicos está associado a uma alta atividade da PAL em tecidos de frutas que juntos estão relacionados ao escurecimento interno (KATAOKA et al., 1983; BLANKENSHIP; UNRATH, 1988, FUJITTA et al., 2006).

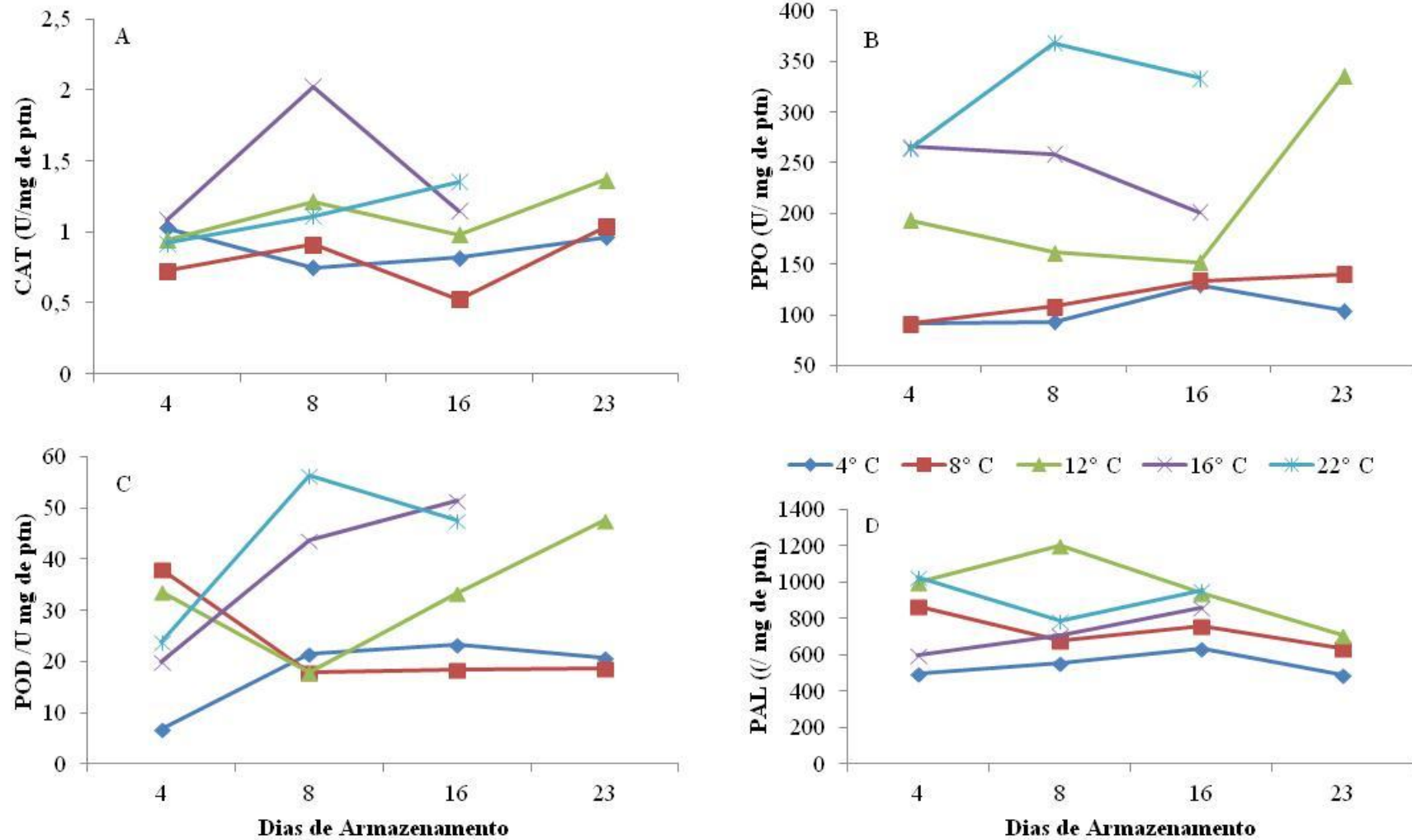


Figura 6: Mudanças na atividade da CAT (A), PPO (B), POD (C) e PAL (D) em frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, durante o armazenamento em diferentes temperaturas (4°, 8°, 12°, 16° e 22° C) por 23 dias. Os valores representam a média de cinco repetições por tratamento.

A PAL também exibiu valores consideráveis nas temperaturas (4°, 8° e 12°C), os frutos armazenados a 16° e a 22°C também exibiram atividade da PAL (Tabela 2), mas por terem sido submetidos a temperaturas acima daquela considerada estressante para frutos de abacaxi, tais valores podem não estar relacionados com o conteúdo dos fenóis totais (RINALDO et al., 2010). A atividade da PAL em frutos armazenados em temperaturas mais baixas pode está associada ao conteúdo de outros elementos e não com o escurecimento interno, o que também foi sugerido por Stewart et al. (2002), que ao trabalharem com abacaxi ‘Smooth Cayenne’, verificaram que os níveis de escurecimento interno da polpa não se relacionaram com fenólicos totais, cujos teores não apresentaram alteração durante o avanço do distúrbio.

A tabela 3 mostra a capacidade antioxidante (ABTS) dos frutos armazenados nas diferentes temperaturas no decorrer dos 23 dias de armazenamento. Frutos armazenados a 12° C exibiram um aumento nos valores da capacidade antioxidante aos 23 dias de armazenamento. Já frutos armazenados a 4° C apresentaram mudanças na capacidade antioxidante após o 16° dia de armazenamento, e os frutos armazenados a 8° não apresentaram diferenças no decorrer do tempo de armazenamento. Frutos armazenados nas temperaturas de 16° e 22° C mostraram valores semelhantes na capacidade antioxidante dos frutos durante o armazenamento (Figura 5). A capacidade antioxidante está ligada a prevenção de doenças cardiovasculares e o câncer, pois se presume que tais antioxidantes sejam capazes de neutralizar os radicais livres (TEMPLE, 2000; HARBORNE; WILLIANS, 2000), pela inibição das reações em cadeia interceptando aqueles radicais livres gerados por fontes endógenas ou exógenas, impedindo assim o ataque sobre lipídeos, proteínas e a cadeia de DNA, evitando a perda da integridade celular ou reparando as lesões causadas pelos próprios radicais livres (GARCÍA-ALONSO et al., 2004). Sendo assim, frutos armazenados a 12° C apresentaram melhor desempenho no decorrer dos dias do que as temperaturas de 4° e 8° C.

Os frutos de abacaxi ‘Pérola’ apesar de terem sido submetidos a baixas temperaturas não exibiram escurecimento interno, uma vez que essa cultivar é considerada tolerante ao escurecimento interno, pois, apresenta uma concentração de cálcio na polpa quando comparada com cultivares mais suscetíveis (CUNHA, 2013).

Youryon et al. (2012) associou positivamente resistência ao escurecimento da polpa do abacaxi com maiores concentrações de cálcio tecidual. Maiores níveis de cálcio no fruto proporcionam uma maior resistência na parede celular, dificultando a ação de enzimas pectínicas, promovendo uma maior integridade às células, com consequente controle de desordens fisiológicas e aumento da vida útil dos frutos (PINHEIRO et al., 2005).

Tabela 3: Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante pelo método de ABTS de frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola durante o armazenamento em diferentes temperaturas.

| Variáveis | Dias de Armazenamento | Temperatura (°C) | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | 4 | 8 | 12 | 16 | 22 |
| ABTS (μ M Trolox/g) | 4 | 1,50 \pm 0,08 cB ¹ | 1,69 \pm 0,03 abAB | 1,47 \pm 0,06 bB | 1,85 \pm 0,05 aA | 1,97 \pm 0,13 bA |
| | 8 | 1,48 \pm 0,06 cC | 1,59 \pm 0,16 bBC | 1,54 \pm 0,13 bC | 1,86 \pm 0,08 aAB | 2,13 \pm 0,10 bA |
| | 16 | 2,57 \pm 0,02 aA | 1,65 \pm 0,08 bBC | 1,41 \pm 0,07 bC | 1,90 \pm 0,08 aB | 2,59 \pm 0,10 aA |
| | 23 | 1,88 \pm 0,10 bB | 1,97 \pm 0,06 aB | 2,75 \pm 0,05 aA | – ² | – |
| Compostos fenólicos (mg/100g) | 4 | 46,55 \pm 2,51 bAB | 48,97 \pm 1,92 bA | 38,31 \pm 2,53 bB | 12,39 \pm 0,81 aC | 13,87 \pm 0,46 aC |
| | 8 | 53,12 \pm 3,47 bA | 56,22 \pm 4,70 abA | 56,23 \pm 1,65 aA | 11,88 \pm 0,82 aB | 13,53 \pm 0,92 aB |
| | 16 | 110,14 \pm 4,69 aA | 63,04 \pm 6,02 aB | 50,43 \pm 5,20 aC | 12,43 \pm 0,60 aD | 17,55 \pm 0,44 aD |
| | 23 | 16,60 \pm 1,12 cA | 14,40 \pm 0,60 cA | 17,40 \pm 0,51 cA | – | – |

¹ Os valores representam a média de cinco repetições por tratamento seguidos pelo erro padrão. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P < 0,05).

² frutos pós estágio de maturação.

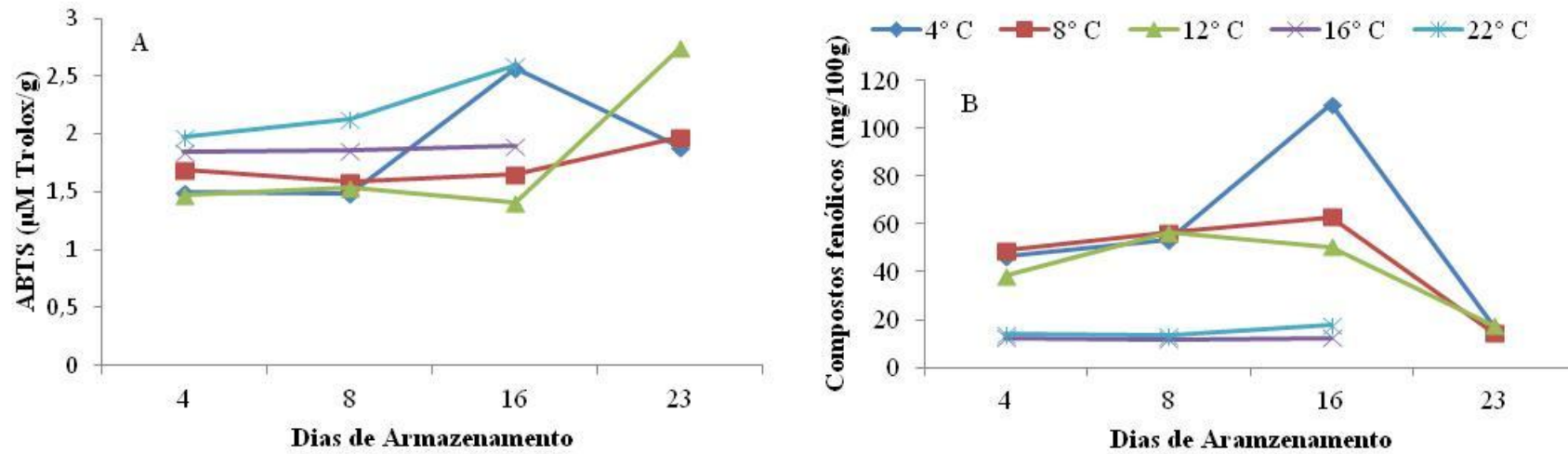


Figura 7: Mudanças na capacidade antioxidante (ABTS) (A) e dos compostos fenólicos (B) em frutos de abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus*) cv. Pérola, durante o armazenamento em diferentes temperaturas (4°, 8°, 12°, 16° e 22° C) por 23 dias. Os valores representam a média de cinco repetições por tratamento.

CONCLUSÃO

Os resultados desse estudo mostraram que o armazenamento de frutos de abacaxi ‘Pérola’ nas diferentes temperaturas afetou as propriedades químicas e físico-químicas dos frutos. O que evidencia que as temperaturas de 16°C e de 22°C não são indicadas para o armazenamento dos frutos, uma vez que tais temperaturas não foram capazes de impedir o avanço da maturação dos frutos e o aparecimento de doenças, como a fusariose e a podridão negra, já nas temperaturas de 4°, 8° e 12° C mesmo os frutos sendo submetidos a longos períodos de armazenamento, as características aceitas para o consumo foram mantidas, o que possibilita prolongar a vida de prateleira dos frutos. Porém, ao se levar em consideração o mercado consumidor e as exportações, a temperatura de 12° C se mostrou a mais indicada, uma vez que além de manter as características próprias de mercado, também diminui os custos nas câmaras de armazenamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Algas Continentais (LATEAC) da Universidade Federal do Espírito Santo pelo gentil empréstimo das incubadoras para o armazenamento dos frutos nas diferentes temperaturas e ao Laboratório de Fisiologia Vegetal e de Anatomia Vegetal pelo empréstimo dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. M. P.; CARVALHO, V. D.; GONÇALVES, N. B. Cuidados pós-colheita e qualidade do abacaxi para exportação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.195, p.70-72, 1998.

ALMEIDA, G. V. B. Mercado e comercialização do abacaxi na CEAGESP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DO ABACAXIZEIRO, 4, 2011, Bauru. **Palestras...** Bauru: Faculdade de Ciências, UNESP, 2011.1 CD ROM.

AL-MUGHRABI, M. A.; BACHA, M. A.; ABDELRAHMAN, A. O. Effect of Storage Temperature and Duration on Fruit Quality of Three Pomegranate Cultivars. *King Saud Univ., Agriculture Science*, Riyadh, v. 7, n. 2, p. 239-248, (A.H. 1415/1995).

ANTUNES, L. E. C.; FILHO, J. D.; SOUZA, C. M. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 413-419, 2003.

ARAÚJO, J. M. A. **Química dos alimentos**. Viçosa, MG: UFV, 1999.

ARGENTA, L. C.; JAMES M.; FAN, X. Retardamento da maturação de maçãs 'Fuji' pelo tratamento com 1-MCP e manejo da temperatura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 23, n. 2, p. 270-273, 2001.

ARNAL, L.; DEL RÍO, M. A. Quality of persimmon fruit cv. Rojo brillante during storage at different temperatures. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 2, p. 243-247, 2004.

ARNAO, M. B.; CANO, A.; ACOSTA, M. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 73, p. 239–244, 2001.

ASSIS, J.S., MALDONADO, R., MUÑOZ, T., ESCRIBANO, M.I., MERODIO, C. Effect of high carbon dioxide concentration on PAL activity and phenolic contents in ripening cherimoya fruit. **Postharvest Biology and Technology** v. 23, p. 33–39, 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis: method 942.15 acidity (titratable) of fruit products, indicator method.** Washington, p. 10, 1992.

BARTHOLOMEW, D.P.; PAULL, R. E.; ROHRBACH. The pineapple: botany, production and uses. London: **CABI Publishing**, p. 01, 2003.

BENGOZI, F. J.; SAMPAIO, A. C.; SPOTO, M. H. F.; MISCHAN, M.M.; PALLAMIN, M. L. Qualidades físicas e químicas do abacaxi comercializado na CEAGESP – São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 540-545, 2007.

BICALHO, U. de O. **Vida útil pós-colheita de mamão submetido a tratamento com cálcio e filme de PVC.** 1998. 154 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

BLANKENSHIP, S. M.; UNRATH, C. R.. PAL and ethylene content during maturation of Red and Golden Delicious apples. **Photochemistry**, n. 27, p.1001-1003, 1988.

BLEINROTH, E. W. Matéria-prima. **In: MEDINA, J.C. et al. (Ed.) Abacaxi: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos.** 2. ed. Campinas: ITAL, p. 133-164, 1987.

BOTREL, N. G; CARVALHO, V. D. Efeito do peso do fruto no escurecimento interno e qualidade do abacaxi 'Smooth Cayenne'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n.9, 1055-1064, 1993.

BOTREL, N. G.; SOUZA, L. F. S.; SOARES, A. G.; MEDINA, V. M.; FREITAS, S. C. Influência do potássio na suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi 'Pérola' (*Ananas comosus* L.). **Revista Iberica Tecnología Postcosecha**, v. 6, n.1, p.17-23, 2004.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-54, 1976.

CAMARA, F.M., 2011. **Características qualitativas do abacaxi “Smooth Cayenne” comercializado na CEAGESP**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, ESALQ-USP, Piracicaba, 178p, 2011.

CARVALHO, J. G.; OLIVEIRA, J. P.; PAULA, M. B.; BOTREL, N. Influência dos nutrientes minerais na qualidade de frutos. **Informe Agropecuário**, v. 180, p. 52-55, 1998.

CHITARRA, A. B.; PRADO, M.E.T. **Tecnologia de armazenamento pós-colheita para frutos e hortaliças *in natura***. Lavras: FAEPE, p. 112, 2002.

CUNHA, T. J., 2013. **Qualidade dos frutos de sete genótipos de abacaxizeiro**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Agricultural statistics database. Rome: World Agricultural Information Centre, 2010**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em 06dez. 2014.

FREITAS, A. A.; FRANCELIN, M. F.; HIRATA, G. F.; CLEMENTE, E.; SCHMIDT, F. L. Atividades das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) nas uvas das cultivares benitaka e rubi e em seus sucos e geleias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n.1, p.172-177, 2008.

FUJITA, N.; TANAKA, E.; MURATA, M. Cinnamaldehyde inhibits phenylalanine ammonia-lyase and enzymatic browning of cut lettuce. *Bioscience*, **Biotechnology and Biochemistry**, v. 70, p. 672–676, 2006.

GARCÍA-ALONSO, M.; PASCUAL-TERESA, S.; SANTOS-BUELGA, C.; RIVASGONZALO, J. C. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. **Food Chemistry**, v. 84, p. 13-18, 2004.

HARBORNE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v.52, p.481-504, 2000.

HONG, K. Q.; XIE, J. H.; ZHANG, L. B.; SUN, D. Q.; GONG, D. Q. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. **Scientia Horticulturae**, v. 144, p. 172–178, 2012.

HONG, K. Q.; XU, H.; WANG, J.; ZHANG, L.; HU, H.; JIA, Z.; GU, H.; HE, Q.; GONG, D. Quality changes and internal browning developments of summer pineapple fruit during storage at different temperatures. **Scientia Horticulturae**, v. 151, p. 68–74, 2013.

HOSSAIN, M. A.; RAHMAN, S. M. M. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple. **Food Research International**, v. 44, p.672-676, 2011.

HUANG, R. H.; LIU, J. H.; LU, Y.M.; XIA, R. X. Effect of salicylic acid on the antioxidant system in the pulp of ‘cara cara’ navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) at different storage temperatures. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 47, p.168–175, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de dados agregados. SIDRA: Sistema IBGE de recuperação automática. Levantamento sistemático da produção agrícola.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 06dez. 2014.

JEONG, H.L., JIN, W.J., KWANG, D.M., KEE, J.P. Effects of Anti-Browning Agents on Polyphenoloxidase Activity and Total Phenolics as Related to Browning of Fresh-Cut ‘Fuji’ Apple. **ASEAN Food Journal**, v. 15, p.79-87, 2008.

JIANG, Y.M. Role of anthocyanins, polyphenol oxidase and phenols in lychee pericarp browning. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 305–310, 2000.

JOOMWONG, A. Impact of cropping season in Northern Thailand on the quality of Smooth Cayenne pineapple. II. Influence on physicochemical attributes. **International Journal of Agricultural Biology**, v. 8, p. 330-336, 2006.

KATAOKA, I.; KUBO, Y.; SUGIURA, A.; TOMANA, T. Changes in L-phenylalanine ammonia-lyase activity and anthocyanin synthesis during berry ripening of three grape cultivars. **Journal Japanese Society Horticulture Science**, v. 52, p.273-279, 1983.

KIM, D. O.; JEONG, S.W.; LEE, C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, Kidlington, v.81, p.231-326, 2003.

LIU, C.; LIU Y. Effects of Elevated Temperature Postharvest on Color Aspect, Physiochemical Characteristics, and Aroma Components of Pineapple Fruits. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 12, 2014.

MENOLLI, L. N.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M.; BARBOSA, J. M.; BARROS, R. S. Atuação das enzimas oxidativas no escurecimento causado pela injúria por frio em raízes de batata – baroa. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 57-63, 2008.

MHATRE, M.; TILAK-JAIN, J; DE, S.; DEVASAGAYAM, T.P.A. Evaluation of the antioxidant activity of non-transformed and transformed pineapple: A comparative study. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, p. 2696–2702, 2009.

MIGUEL, A, C, A.; DURIGAN, J. F.; BARBOSA, J. C.; MORGADO, C. M. A. Qualidade de mangas cv. Palmer após armazenamento sob baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 2, p. 398- 408, 2013.

MITTLER, R.; VANDERAUWERA, S.; GOLLERY, M.; BREUSEGEM, F. V. Reactive oxygen gene network of plants. **Trends in Plant Science**, v. 9, n. 10, 2004.

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

NICOLAS, J. J.; RICHARD-FORGET, F. C.; GOUPY, P. M.; AMIOT, M. ; AUBERT, S. Enzymatic browning reactions in apple and apple products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 34, p. 109–157, 1994.

PAILLY, O.; TISON, G.; AMOUROUX, A. Harvest time and storage conditions of ‘star ruby’ grape fruit (Citrus paradise Macf) for short distance summer consumption. **Postharvest Biology Technology**, v. 34, p. 65–73, 2004.

PATHAVEERAT, S.; TERDWONGWORAKUL, A.; PHAUNGSOMBUT, A. Multivariate data analysis for classification of pineapple maturity. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 89, n. 2, 2008.

PEREIRA, M. A. B.; SIEBENEICHLER, S. C.; LORENÇONI, R.; ADORIAN, G. C.; DA SILVA, J. C.; GARCIA, R. B. M.; PEQUENO, D. N. L.; DE SOUZA, C. M.; DE BRITO, R. F. F. Qualidade do fruto de abacaxi comercializado pela cooperfruto – Miranorte – To. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 4, p. 1048-1053, 2009.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B.; LIMA, L. C. Influência do CaCl₂ sobre a qualidade pós-colheita do abacaxi cv. Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n.1, p. 32-36, 2005.

RAMOS, M. J. M.; MONNERAT, P. H.; PINHO, L. G. R.; CARVALHO, A. J. C. Qualidade sensorial dos frutos do abacaxizeiro Imperial cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 692-699, 2010.

RINALDO, D.; MBÉGUIÉ-A-MBÉGUIÉ, D.; FILS-LYCAON, B. Advances on polyphenols and their metabolism in sub-tropical and tropical fruits. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, p. 599-606, 2010.

ROBINSON, D. S. Peroxidases and catalases in foods. In D. S. Robinson, & N. A. Eskin (Eds.), *Oxidative enzymes in foods* (pp. 1). **London: Elsevier**, 1991.

ROCHA, J. L. Colheita e fisiologia pós-colheita de abacaxi. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXICULTURA, 1., 1982, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV-UNESP, p.279-300, 1982.

SANTOS, N. M.; FILHO, P. E. M. Evaluation of Pineapple Genotypes for Resistance to the Pineapple Mealybug Wilt-Associated Virus. **Newsletter of the Pineapple Working Group of the International Society for Horticultural Science**, v.12, n.18, 2011.

SARADHULDHAT, P.; PAULL, R. E. Pineapple organic acid metabolism accumulation during fruit development. **Scientia Horticulturae**, v. 112, p. 297–303, 2007.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 38, p. 995-1014, 2005.

SIDERIS, C. P.; KRAUSS, B. H. Physiological studies on the factors influencing quality of pineapple fruits. I. Physico-chemical variations in the tissue of ripe pineapple fruits. **Pineapple Quarterly**, v. 3, p. 82-98, 1933.

SINGLETON, V. L.; GORTNER, W. A. Chemical and physical development of the pineapple fruit. II. Carbohydrate and acid constituents. **Journal of Food Science**, v. 30, p. 19-23, 1965.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture** v. 16, p. 144–158, 1965.

STEWART, R. J.; SAWYER, B. J. B.; ROBINSON, S. P. Blackheart development following chilling in fruit of susceptible and resistant pineapple cultivars. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 42, p. 195-199, 2002.

TEMPLE, N.J. Antioxidants and disease: more questions than answers. **Nutrition Research**, v. 20, p 449–459, 2000.

THÉ, M. P. P.; GONÇALVES, N. B.; NUNES, P. R.; MORAIS, A. R.; PINTO, N. A. V. D.; FERNANDES S. M.; CARVALHO, V. D. Efeitos de tratamentos pós-colheita sobre fatores relacionados à qualidade de abacaxi cv. Smooth Cayenne. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 9, n. 2, p. 163-170, 2003.

VELA, G.; LEÓN, D. M.; GARCÍA, H. S.; CRUZ, J. Polyphenoloxidase activity during ripening and chilling stress in ‘Manila’ mangoes. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, United Kingdom, v. 78, n. 1, p. 104-107, 2003.

WANG, C. Y. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. **HortScience**, Alexandria, v. 17, p. 173-186, 1982.

WEERAHERA, D.; ADIKARAM, N. K. B. Heat-induced tolerance to internal browning of pineapple (*Ananas comosus* cv. ‘Mauritius’) under cold storage. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 80, n. 4, p. 503-509, 2005.

WILLIAMS, D. C.; LIM, M. H.; CHEN, O. A.; PANGBORN, R. M.; WHITAKER, J. R. Blanching of vegetable for freezing. Which indicator to choose? **Food Technology**, v. 40, p. 130–140, 1985.

WILLS, R. H. H.; LEE, T. H.; GRAHAM, W. B.; HALL, E. G. Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables. **New South Wales Press**, Kensington, p. 163–181, 1981.

WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. Effects of temperature. In: **Postharvest**, 4th ed. UNSW Press, Australia, p. 60-76, 1998.

YINGSANGA, P.; SRILAONG, V.; KANLAYANARAT, S.; NOICHINDA, S.; MCGLASSON, W. B. Relationship between browning and related enzymes (PAL, PPO and

POD) in rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* Linn.) cvs. Rongrien and See-Chompoo. **Postharvest Biology and Technology**, v. 50, p. 164-168, 2008.

YOURYON, P.; WONGS-AREE, C.; MCGLASSON, W. B.; GLAHAN, S.; KANLAYANARAT, S. Alleviation of internal browning in pineapple fruit by peduncle infiltration with solutions of calcium chloride or strontium chloride under mild chilling storage. **International Food Research Journal**, v. 20, n. 1, p. 239-246, 2013.

ZHANG, Z.; PANG, X.; XUEWU, D.; JI, Z.; JIANG, Y. Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp. **Food Chemistry**, v. 90, p. 47-52, 2005.

ZHOU, Y.; DAHLERB, J. M.; UNDERHILLB S. J. R.; WILLS R.B.H. Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit. **Food Chemistry**, v. 80, p. 565-572, 2003.