

ADONES SALES

**ATMOSFERA MODIFICADA NA QUALIDADE
E METABOLISMO ANTIOXIDANTE DE
ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE
PROCESSADO**

LAVRAS – MG

2013

ADONES SALES

**ATMOSFERA MODIFICADA NA QUALIDADE E METABOLISMO
ANTIOXIDANTE DE ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE
PROCESSADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Sales, Adones.

Atmosfera modificada na qualidade e metabolismo antioxidante
de abacaxi 'pérola' minimamente processado / Adones Sales. –
Lavras : UFLA, 2013.

100 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.
Orientador: Luiz Carlos de Oliveira Lima.
Bibliografia.

1. *Ananas comosus*. 2. Alto oxigênio. 3. Ascorbato peroxidase. 4.
Catalase. 5. Vitamina C. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

CDD – 664.8047746

ADONES SALES

**ATMOSFERA MODIFICADA NA QUALIDADE E METABOLISMO
ANTIOXIDANTE DE ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE
PROCESSADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de abril de 2013.

Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho UFLA

Dra. Ester Alice Ferreira EPAMIG

Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima - UFLA

Orientador

LAVRAS – MG

2013

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima, pela orientação, paciência, amizade, dedicação e ensinamentos, que foram de grande relevância para a realização deste trabalho e meu crescimento profissional.

Ao professor Dr. Sidnei Deuner, pela enorme ajuda, sempre motivadora para a consolidação desse projeto.

Aos professores e funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos e harmoniosa convivência, em especial a Lucilene Cândido, que, sempre competente, me orientou em muitas decisões neste mestrado.

Ao professor Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, pelas aulas, orientações e exemplo de profissional a ser seguido.

Ao professor Dr. Marcos Lopes Dias, pela ajuda no projeto de dissertação e enorme simpatia e conhecimento.

Aos meus pais, Arlindo Sales Filho e Sandra da Silva Sales, por todo amor e apoio dedicado a mim, não só nessa etapa, mas em toda a minha vida.

Aos meus irmãos, André Sales e Agust Sales, que, acima de tudo, me incentivaram a buscar meus ideais.

À Rafaela Baldez, que durante esse período me fortaleceu com seu apoio e carinho.

Aos meus amigos Leonardo, Fellipe e Kleverson que, mesmo com a distância, são companheiros diários de vida. E a todos meus amigos do Pará, que sempre torceram por mim.

Aos moradores e à República Prega Sarrafo, a qual tenho como lar, Thalles, Leonardo, Vinicius, Rafael e Gustavo.

Às amizades que conquistei e renovei em Lavras, Luiz, Téo, Rodrigo, Altobelly, Fernando, Igor, Ellison, Javan, Alessandra, Olívia, Cilene, Flávia, Jonnys, e Anderson.

Aos meus amigos e companheiros de laboratório, que transformaram meu local de trabalho em um ambiente mais agradável e foram cruciais para a realização deste trabalho: Caroline Roberta, Juliana Lima, Camila Fante, Ana Vilas Boas, Fernanda Becker, Heloísa Siqueira, Rita Nassur, Paulo Siriano, Renata Rocha, Ana Clara e Isabella Guimarães. E a todos os amigos que conquistei no Departamento de Ciência dos Alimentos.

À Amanda Mendes de Moura, pela amável pessoa que é e por não medir esforços em me ajudar com a execução desse experimento.

Ao Thiago de Paula Protásio, pelos conselhos estatísticos.

Aos meus professores da UEPA, Tonye Waughon, Iêdo Santos, Samuel Campos e Marcio Franck, os primeiros que me apoiaram nessa jornada fora do Pará.

“O sorriso é mais brilhante onde o alimento é melhor.”

Provérbio irlandês

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo geral de avaliar a qualidade e o metabolismo antioxidante do abacaxi 'Pérola' minimamente processado tratado com ácido ascórbico e armazenado sob atmosfera modificada. Foi utilizada solução de ácido ascórbico (AA) a 1% (m/v) para tratamento químico. Utilizaram-se quatro tipos de atmosferas para as embalagens, sendo: atmosfera controle; atmosfera modificada passiva; atmosfera modificada ativa com gás composto de 3% O₂ + 10% CO₂ + 87% N₂ (baixo oxigênio) e atmosfera modificada ativa com composição de 100% O₂ (alto oxigênio). O armazenamento ocorreu a 5±1 °C. As amostras foram coletadas, sem reposição, a cada dois dias, num total de 10 dias de armazenamento, para análises físico-químicas e coletadas a cada 5 dias para as análises microbiológicas. Foram determinados perda de massa, avaliação de cor (L*, croma, °hue, ΔE*), pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, vitamina C, fenólicos totais, atividade antioxidante por sequestro do radical DPPH, atividade da enzima ascorbato peroxidase, atividade enzimática da catalase, contagem de bactérias psicotróficas e contagem de fungos filamentosos e leveduras. O tratamento com AA aumentou os teores de vitamina C, compostos fenólicos e atividade antioxidante, pelo método DPPH. O alto oxigênio induz o aumento da atividade enzimática antioxidante, enquanto o tratamento com AA reduz a atividade. O alto oxigênio reduziu a proliferação de bactérias psicotróficas com 10 dias de armazenamento.

Palavras-chave: Alto oxigênio. *Ananas comosus*. Ascorbato peroxidase. Catalase. Vitamina C.

ABSTRACT

This work was conducted with the objective assess the general quality of metabolism and antioxidant pineapple 'Pérola' treated with ascorbic acid and storage in modified atmosphere packaging.. Solution was used ascorbic acid (AA) 1% (m/v) to chemical treatment. We used 4 different types of atmosphere for packaging: atmosphere unchanged (control), modified atmosphere, active modified atmosphere with gas composed of 3% O₂ + 10% CO₂ + 87% N₂ (low oxygen), with active modified atmosphere composition 100% O₂ (high oxygen). The storage occurred in 5±1 °C. The samples were collected without replacement every two days for a total of 10 days of storage for physicochemical analyzes. And collected every 5 days for microbiological analyzes. It was determined mass loss, evaluation of color (L*, chroma, °hue, ΔE*), pH, soluble solids (SS), titratable acidity (TA), ratio, vitamin C, total phenolics, antioxidant activity by DPPH kidnapping, enzyme activity of arcorbato peroxidase, catalase enzyme activity, psychrotrophic bacteria count and yeast and mold counts. Treatment with AA increased the levels of vitamin C and phenolic compounds and antioxidant activity by DPPH method. The high oxygen induces the increase of antioxidant enzyme activity, while treatment with AA reduces the activity. The high oxygen reduced the proliferation of psychrotrophic 10 days of storage.

Keywords: *Ananas comosus*. Ascorbate peroxidase. Catalase. High oxygen. Vitamin C.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	Aspectos gerais do abacaxi.....	13
2.2	O abacaxi minimamente processado.....	16
2.3	Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas em minimamente processados.....	17
2.3.1	Perda de água.....	20
2.3.2	Escurecimento.....	21
2.3.3	Alterações microbiológicas.....	23
2.4	Tratamentos químicos em minimamente processados.....	25
2.4.1	Ácido ascórbico.....	26
2.5	Uso de atmosfera modificada na conservação da qualidade....	27
2.5.1	Atmosfera com baixo teor de oxigênio.....	28
2.5.2	Atmosfera com alto teor de oxigênio.....	30
2.6	Enzimas antioxidantes.....	31
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1	Matéria-prima.....	35
3.2	Processamento e armazenamento.....	35
3.3	Análises realizadas.....	37
3.3.1	Perda de massa.....	38
3.3.2	Avaliação de cor.....	38
3.3.3	Determinação de pH.....	39
3.3.4	Sólidos solúveis (SS)	39
3.3.5	Acidez titulável (AT)	39
3.3.6	Relação SS/AT.....	39
3.3.7	Vitamina C.....	39
3.3.8	Fenólicos totais.....	40
3.3.9	Atividade antioxidante pelo método do DPPH.....	41
3.3.10	Catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX).....	42
3.3.11	Análises microbiológicas.....	43
3.4	Delineamento experimental e análise estatística.....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45

4.1	Perda de massa.....	47
4.2	Avaliação de cor.....	49
4.3	Determinação de pH, sólidos solúveis totais (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT.....	56
4.4	Vitamina C.....	63
4.5	Fenólicos totais.....	65
4.6	Atividade antioxidante.....	67
4.7	Atividade enzimática antioxidante.....	69
4.8	Análises microbiológicas.....	72
5	CONCLUSÕES.....	75
	REFERÊNCIAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, mais de 90% do total de abacaxi consumido é feito ao natural, e as perdas giram ao redor de 10% a 15% do produto colhido. Esta perda e a falta de incentivo para a sua produção podem ser, em parte, atribuídas à falta de conveniência da fruta, cujo descascamento é trabalhoso e com escorrimento de líquido e requer contenção em embalagem adequada (SOUZA; DURIGAN, 2007).

Um das alternativas para o melhor consumo do abacaxi é o processamento mínimo. Segundo Moretti (2001), os vegetais minimamente processados foram introduzidos no país há, aproximadamente, 20 anos, trazidos a reboque pelas lojas de refeição do tipo "fast food". Desde então, observa-se que os vegetais minimamente processados têm ocupado, de forma vertiginosa, cada vez mais espaço nas gôndolas dos supermercados. O processamento mínimo visa tornar o consumo de frutas mais conveniente e, assim, contribuir com a redução de perdas.

As frutas e seus produtos são, em geral, alimentos ácidos, ou que podem ser acidificados para melhor conservação. A maior parte da microbiota contaminante reside na parte externa das frutas. O interior é praticamente estéril, se não houver ruptura de continuidade por lesões na casca (ROSA; CARVALHO, 2000).

O ácido ascórbico tem sido utilizado após a etapa de desinfecção dos produtos minimamente processados, sendo sua principal função agir como antioxidante, prevenindo o escurecimento. Segundo Chitarra (2000), o ácido ascórbico previne o escurecimento e outras reações oxidativas.

Segundo Soliva-Fortuny e Martín-Belloso (2003), a pesquisa sobre produtos minimamente processados ainda é necessária para a obtenção de produtos microbiologicamente seguros e a manutenção de seu valor nutricional e

da sua qualidade original. Para isso, estudos sobre a influência da embalagem com atmosfera modificada na vida comercial de frutas minimamente processadas devem ser realizados.

No âmbito de estudos fisiológicos vegetais, sabe-se que o equilíbrio entre a produção e a eliminação de espécies reativas de oxigênio (ERO) pode ser perturbado por fatores ambientais adversos. Como resultado desses distúrbios, o nível intracelular de ERO pode aumentar rapidamente. Cada organela ou compartimento tem o potencial para ser alvo de danos oxidativos, assim como tem mecanismos de eliminação de excesso das ERO (SCANDALIOS, 2005).

O armazenamento em altos níveis de oxigênio (≥ 70 kPa) foi sugerido como uma inovação de atmosfera modificada para frutas e vegetais em pós-colheita, para garantir a qualidade e prolongar a vida útil (KADER; BEN-YEHOSHUA, 2000; XIAO et al., 2010). Day (1996) sugeriu que o tratamento com O_2 puro pode inibir o crescimento microbiológico, o escurecimento enzimático e as reações de fermentação anaeróbica em frutas e hortaliças. Resultados diferentes dependem não só da composição gasosa, mas também da temperatura de armazenamento, da variedade, da estrutura do tecido e do amadurecimento das frutas.

Tendo em vista estas informações, este trabalho foi realizado com o objetivo geral de avaliar a qualidade e o metabolismo antioxidante do abacaxi 'Pérola' minimamente processado, submetido a tratamento químico de ácido ascórbico e armazenado em atmosfera modificada: passiva, de baixo e de alto teor de oxigênio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais do abacaxi

No Brasil, na safra de 2011, a produção foi de 1.479.349 mil abacaxis, sendo o estado da Paraíba o maior produtor, seguido pelo Pará e por Minas Gerais (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012).

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill) é uma planta originária do continente americano, sendo encontrado desde a América Central até o norte da Argentina. O centro de origem parece ter sido o Brasil central, de onde se disseminou para as demais regiões (SIMÃO, 1998). É uma planta perene, monocotiledônea, pertencente à família *Bromeliaceae*, cujo ciclo varia de 12 a 30 meses. É composto por uma haste central curta e grossa, em cuja volta crescem folhas em forma de calha, estreitas e rígidas, e na qual também se inserem raízes axilares. O sistema radicular é fasciculado, superficial e fibroso, encontrado, em geral, à profundidade de 15 a 30 cm e raramente a mais de 60 cm da superfície do solo. A haste central, ao término do desenvolvimento vegetativo, dá origem à inflorescência, que tem cerca de 150 a 200 flores orientadas em espiral, que se abrem da base para o ápice. A completa floração se dá em 3 a 4 semanas. O fruto, botanicamente denominado sincarpo, é constituído por 100 a 200 frutinhos (bagas), normalmente partenocárpico, fundidos entre si sobre o eixo central (CUNHA et al., 1994; SIMÃO, 1998).

As cultivares Smooth Cayenne e Pérola são as mais produzidas no Brasil. A 'Smooth Cayenne' diferencia-se das demais por apresentar folhas praticamente sem espinhos, sendo considerada a mais adequada para a industrialização. A 'Pérola' tem polpa suculenta e amarelo-pálida ou branca, é pouco adequada para industrialização (baixa acidez), mas, para o consumo *in*

natura, esta variedade é considerada de grande importância, graças à sua polpa suculenta e saborosa (GONÇALVES; CARVALHO, 2000; VAILLANT et al., 2001).

A composição química do abacaxi varia muito, de acordo com a época em que é produzido. De modo geral, a produção ocorre no período do verão e gera frutas com maior teor de açúcares e menor acidez. O abacaxi destaca-se pelo valor energético, devido à sua alta composição de açúcares, e o valor nutritivo pela presença de sais minerais (cálcio, fósforo, magnésio, potássio, sódio, cobre e iodo) e de vitaminas (C, A, B1, B2 e Niacina), conforme apresentado na Tabela 1. No entanto, apresenta teor proteico e de gordura inferior a 0,5% (FRANCO, 1989).

Tabela 1 Composição química do abacaxi.

Componentes	Quantidade (por 100 g)
Glicídio	13,70 g
Proteínas	0,40 g
Lipídios	0,20 g
Cálcio	18,00 mg
Ferro	0,50 mg
Fósforo	8,00 mg
Fibras	0,95 mg
Niacina	0,82 mg
Ácido ascórbico	27,20 mg
Tiamina	80,00 µg
Riboflavina	128,00 µg
Retinol	5,00 µg
Calorias	52,00 Kcal

Fonte: Franco (1989)

Os frutos do cultivar Pérola apresentam formato cônico, com polpa de coloração branco-pérola, muito suculenta e de sabor muito agradável. Quando maduros, os teores de sólidos solúveis variam entre as porções do fruto, e a região basal apresenta valores sempre superiores às regiões mediana e apical

(USBERTI FILHO et al., 1999). Tais valores podem variar entre 12% e 16%, para frutos maduros, que também apresentam baixa acidez, sendo agradável ao paladar do brasileiro (MANICA, 1999).

A maturação do abacaxi, geralmente, é julgada tomando por base a coloração da casca. O abacaxi deve ser colhido no estágio de “virada”, ou seja, com a casca metade verde e metade amarela, o qual poderá apresentar melhor qualidade do que aquele colhido em um estágio de maturação menos avançado (GORGATTI NETO et al., 1996).

No abacaxi, enquanto a maturação avança, a coloração da casca evolui de verde para bronzeada, os olhos ou frutinhos mudam da forma pontiaguda para achatada, os espaços entre os olhos se estendem e adquirem coloração clara e a casca apresenta-se mais lisa, em comparação ao fruto menos maduro (GONÇALVES; CARVALHO, 2000). Segundo Reinhardt (2000), além da coloração da casca (maturação aparente), o grau de maturação real do fruto pode ser avaliado com base na translucidez da sua polpa.

O abacaxi, como um fruto não climatérico, deve ser colhido no seu completo desenvolvimento fisiológico, tendo-se o cuidado de não o colher demasiado verde, pois, nesta condição, não amadurece, por possuir pouca ou nenhuma reserva amilácea (BLEINROTH, 1996). O ponto adequado de colheita depende do tipo de mercado a que os frutos se destinam e tem influência decisiva na qualidade sensorial do produto e na sua aceitação pelo consumidor ou pela indústria (GONÇALVES; CARVALHO, 2000).

A qualidade do fruto depende, de modo geral, dos tratos culturais e do manejo adotado na pré-colheita, na colheita e na pós-colheita. Durante o seu cultivo, o abacaxi, como toda cultura frutífera, está sujeito ao ataque de pragas e doenças, como a broca do fruto, a cochonilha, a fusariose e as ervas daninhas. A incidência destas pragas acarreta a destruição ou a diminuição da sua produção,

podendo também comprometer a qualidade do fruto destinado à comercialização interna e à exportação (SIGRIST, 1988).

2.2 O abacaxi minimamente processado

Do ponto de vista técnico, produtos minimamente processados podem ser definidos como qualquer fruta ou hortaliça, ou combinação destas, que tenha sido fisicamente alterada, mas que permaneça no estado fresco. Isto é, são produtos que passam por etapas de transformação física (cortar, ralar, picar, torneirar), sem alterar, entretanto, o frescor do produto acabado. A ideia central é assegurar ao consumidor conveniência, praticidade e segurança alimentar, sem perda de qualidade nutricional (MORETTI, 2001).

A utilização de hortifrutícolas minimamente processados no Brasil iniciou-se na década de 1990 e, hoje, conta com grande potencial de crescimento, devido à economia de tempo e de trabalho que proporciona em âmbito doméstico, em redes de alimentação rápida e em restaurantes. Na década de 2000, este segmento do agronegócio apresentou grande crescimento, tanto no mercado institucional quanto no varejista (OLIVEIRA, 2005).

O processamento mínimo de alimentos é uma tecnologia alternativa à redução das perdas pós-colheita de produtos perecíveis e que pode contribuir para um maior desenvolvimento da agroindústria no Brasil. Esse processo tem conduzido produtores rurais ao sucesso, entregando seus produtos diretamente às redes de supermercados, aos restaurantes, aos hotéis e às lanchonetes, evitando intermediários e CEASAS (OLIVEIRA, 2005).

Sendo o Brasil um grande produtor e consumidor de abacaxi, tornou-se necessário, também, o desenvolvimento de produtos convenientes ao consumo desta fruta que possam atender às demandas dos grandes centros, onde a

disponibilidade de tempo é limitada, a exemplo de produtos minimamente processados.

Produtos minimamente processados são frutos e hortaliças que, embora tenham sido fisicamente alterados, permanecem em estado fresco, podendo ser consumido, na maioria das vezes, sem subsequente preparo, oferecendo, ao consumidor moderno, conveniência e praticidade (CANTWELL, 1992).

O processamento de abacaxi produz alterações químicas, físicas e sensoriais nos frutos, levando à perda de vitaminas (cujo indicador é a vitamina C), ao escurecimento e à perda de sabor. Por este motivo, a escolha dos equipamentos e dos métodos para processamento é fundamental para a manutenção de suas características de qualidade (SOUZA; DURIGAN, 2007).

Os produtos minimamente processados devem oferecer, como vantagens, boa qualidade do produto, frescor, conveniência, agregação de valor, redução da mão de obra de seu preparo em restaurantes, hotéis ou lanchonetes, e diminuição do lixo nos grandes centros de consumo. No entanto, as empresas têm poucas informações sobre sua conservação, sendo, dessa forma, muito importante estudos sobre a conservação, a vida útil e a manutenção da qualidade desses produtos. A falta de informações e de pesquisas em relação ao comportamento fisiológico e à conservação pós-colheita, assim como a adequação de embalagens específicas a cada tipo de produto, é uma limitação à ampliação dessa classe de produtos (RINALDI et al., 2010).

2.3 Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas em minimamente processados

Frutas e hortaliças minimamente processadas, geralmente, são muito mais perecíveis do que quando intactas porque são submetidas a severos estresses físicos advindos, principalmente, do descascamento e do corte. Estes

danos mecânicos aumentam o metabolismo destes produtos, com o consequente aumento da taxa de respiração e, em alguns casos, com o aumento da taxa de produção de etileno (ROSEN; KADER, 1989).

As lesões às quais os produtos minimamente processados estão sujeitos em sua preparação disparam mudanças no metabolismo dos tecidos danificados, que resultam em aceleração da respiração, produção de etileno em ferimentos, senescência, amadurecimento e deterioração (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Tais lesões e seus efeitos estão esquematizados na Figura 1.

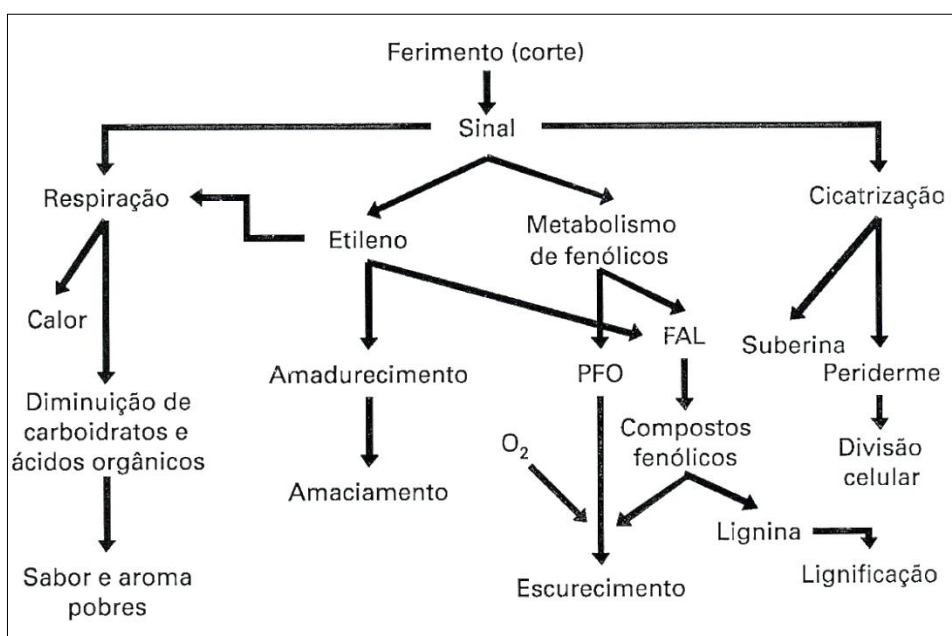


Figura 1 Efeitos fisiológicos dos ferimentos causados aos tecidos de vegetais minimamente processados

Fonte: Moretti (2007) e Saltveit (1997)

As células vegetais, para a manutenção do metabolismo, estão constantemente realizando trocas, absorvendo nutrientes e eliminando substâncias indesejáveis, processos esses mediados por enzimas. No caso de processamento envolvendo calor, congelamento e secagem, estas reações de

tecido vivo são eliminadas pela morte da célula vegetal, mas, no processamento mínimo, essas reações são mantidas, uma vez que o tecido permanece vivo, resultando em frescor do produto (KING; BOLIN, 1989).

O metabolismo dos tecidos de frutos submetidos ao processamento mínimo é semelhante àquele observado em tecido vegetal que sofreu fermentos ou foi exposto a condições de estresse (WATADA; ABE; YAMUCHI, 1990). Este comportamento inclui aumento da taxa respiratória e da produção de etileno e, em alguns casos, indução do processo de cicatrização de ferimento. Outras consequências do dano físico proporcionado aos tecidos são bioquímicas e físicas, tais como reações de escurecimento oxidativo e oxidação de lipídios, ou aumento na perda de água (BRECHT, 1995). As respostas aos danos físicos, no entanto, diferem entre frutos climatéricos e não climatéricos (ROSEN; KADER, 1989), uma vez que o etileno sintetizado a partir do tecido lesionado não apresentou efeito sobre o amadurecimento de frutos não climatéricos, promovendo, no entanto, o amadurecimento dos climatéricos (BRECHT, 1995).

Apesar de sua praticidade e conveniência, produtos minimamente processado sofrem alterações fisiológicas indesejáveis (HONG; KIM, 2001). A perda da integridade celular da superfície cortada dos frutos e hortaliças destrói a compartimentação, liberando enzimas e substratos, o que tem como consequências o escurecimento e a formação de metabólitos secundários indesejáveis (AHVENAINE, 1996; WILEY, 1994). O aumento da respiração e da produção de etileno acelera os processos de senescência e também propicia a formação de sabores e odores desagradáveis. Outra limitação resulta do exsudato da superfície cortada, que se torna um meio favorável ao desenvolvimento de microrganismos (BURNS, 1995).

A maioria dos processos que ocorrem nos tecidos vegetais está associada a reações enzimáticas, cuja velocidade depende da temperatura. Por essa razão, é difícil manter efetivamente a qualidade dos vegetais minimamente processados

sem um controle rígido da temperatura. O problema é ainda mais agravado pelo fato do aumento de a temperatura não exercer o mesmo efeito sobre a taxa de respiração do vegetal e sobre a taxa de permeabilidade a gases da embalagem, alterando a atmosfera de equilíbrio ao redor do produto (SARANTÓPOULOS, 1997).

O gerenciamento da temperatura é muito importante para frutas e hortaliças minimamente processadas, as quais, nesse processo, são pré-resfriadas e o local do processamento é mantido entre 2 e 7 °C. Os produtos minimamente processados recém-preparados são lavados e enxaguados em água gelada (0 °C) e, então, embalados com rapidez, antes de serem mantidos entre 1 °C e 5 °C, para que se minimizem as consequências negativas do processo (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Baixas temperaturas, durante o armazenamento, retardam o metabolismo do vegetal por meio da diminuição de sua taxa respiratória e da redução de sua atividade enzimática (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Dentro da variação fisiológica de cada espécie, a taxa respiratória, normalmente, aumenta com a elevação da temperatura, principalmente na faixa de 5 °C a 20 °C (CHITARRA; ALVES, 2001).

2.3.1 Perda de água

A perda de massa fresca consiste somente na perda de água (perda de umidade) pela transpiração do produto e perda de carbono pelas trocas gasosas (MAGUIRE; BANKS; OPARA, 2001). A perda de umidade dos produtos minimamente processados, além de comprometer a qualidade tecnológica, afeta também o valor econômico (RINALDI et al., 2010).

Sabe-se que produtos minimamente processados são mais perecíveis do que os produtos íntegros que lhe deram origem, devido às reações metabólicas

que continuam ocorrendo no período pós-colheita. Tais reações acarretam, durante o armazenamento, redução no teor de água com perda de massa, que leva a alterações indesejáveis na aparência do produto (CARVALHO, 2002).

A perda de água é uma das principais causas de deterioração de frutas e hortaliças após a colheita, por produzirem o amarelecimento e o enrugamento de seus tecidos (SIGRIST, 2002).

Como a maioria dos vegetais tem entre 80% a 95% de água (em relação ao peso) e a umidade relativa dos espaços intercelulares é muito próxima de 100%, a tendência é, quase sempre, de o vapor d'água escapar destes espaços, através do processo de transpiração. Este processo ocorre porque a umidade relativa do ambiente onde se encontram é frequentemente menor que 100%, e quanto maior a relação superfície/volume, maior a taxa de transpiração da fruta. Um dos procedimentos utilizados para retardar a deterioração pós-colheita de produtos hortícolas é o uso da refrigeração no armazenamento (HARDENBURG; WATADA; WANG, 1986).

Frutas minimamente processadas, devido ao corte, apresentam sempre maior relação superfície/volume do que quando inteiras, facilitando ainda mais a perda de água de seus tecidos (TATSUMI; WATADA; WERGIN, 1991).

2.3.2 Escurecimento

Embora atributos de qualidade sejam similares em produtos minimamente processados e convencionalmente processados, existe maior ênfase nas características visuais dos primeiros. Produtos minimamente processados devem ter consistência e aparência de frescos, ter cor aceitável e ser razoavelmente livres de defeitos. A avaliação visual por compradores e consumidores é o maior fator de decisão de compra (FIGUEIRÊDO; QUEIROZ; NORONHA, 2005).

Moretti (2007) afirma que o escurecimento proveniente da oxidação de compostos fenólicos ocorre em frutas minimamente processadas como resultado da ruptura da compartimentalização, ocasionado a liberação de ácidos e enzimas, os quais podem então entrar em contato com seus respectivos substratos (MARTINEZ; WHITAKER, 1995). Produtos com altos níveis constitutivos de compostos fenólicos escurecem facilmente quando o tecido injuriado é exposto ao oxigênio presente no ar (MORETTI, 2007).

Para Nunes, Emond e Brecht (2001), a exposição do produto minimamente processado a variações de temperatura é fator que influencia o aumento do seu escurecimento. Temperaturas superiores à adequada também influenciam a taxa de escurecimento.

Segundo Saltveit (2000), o aumento na atividade das enzimas fenilalanina amônia liase, polifenoloxidase e peroxidase é uma das respostas dos tecidos ao estresse sofrido pelo processo de corte, causando diminuição na vida útil do produto. Weller et al. (1997) também afirmam que o escurecimento da superfície cortada é de grande importância, quando se pretende utilizar o produto na forma de pedaços ou tiras refrigerados; o contato dos compostos fenólicos com a polifenoloxidase endógena e a facilitada difusão do oxigênio atmosférico para o interior do tecido são os responsáveis por essa característica indesejável ao produto.

Oms-Oliu et al. (2010) relatam que o escurecimento também é uma das principais preocupações relacionadas com o prolongamento da vida útil de frutas minimamente processadas e afeta fortemente a decisão de compra do consumidor.

2.3.3 Alterações microbiológicas

A microbiologia é fator essencial na avaliação da qualidade de alimentos minimamente processados, considerando as consequências de todas as práticas envolvidas nas etapas de produção, processamento, armazenamento e distribuição desses produtos, para estabelecer os riscos de contaminação por patógenos possíveis de causar danos à saúde do consumidor (ROSA; CARVALHO, 2000).

O processamento mínimo favorece a contaminação de alimentos por microrganismos deterioradores e patogênicos, em razão do manuseio e do aumento das injúrias nos tecidos (WILEY, 1994), o contrário do que ocorre com as frutas e as hortaliças intactas, que são parcialmente protegidas da invasão microbiana pela casca (SHEWFELT, 1987).

Frutas tornam-se contaminadas com microrganismos ainda na planta, no campo, durante a colheita e o transporte para o mercado e durante o processamento e a embalagem. As frutas, principalmente as que crescem junto ao solo, apresentam, inevitavelmente, os mesmos microrganismos de onde estão sendo cultivados, com uma estimativa de 10^9 UFC/g. A microbiota de minimamente processados é, geralmente, a mesma carreada do campo, caracterizando-se pela presença de *Pseudomonas* spp., *Erwinia herbicola* e *Enterobacter agglomerans*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus* spp. e leveduras que são encontradas, principalmente, em frutas. O gênero *Pseudomonas*, geralmente, é responsável por 50% a 90% da população microbiana de vegetais (BASTOS, 2006).

As bactérias psicrotróficas são de especial importância para os alimentos minimamente processados, uma vez que estas podem se multiplicar em temperaturas de refrigeração entre 0°C e 7°C (WILEY, 1994). As baixas temperaturas podem aumentar a vida de prateleira e retardar processos de

deterioração, mas não impedem a multiplicação de microrganismos psicrotróficos, como *L. monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* e *Aeromonas hydrophila*. *L. monocytogenes* é uma bactéria psicrotrófica, causadora da listeriose, doença atípica, que apresenta baixa morbidade e alta letalidade (FRANCIS; THOMAS; O'BEIRNE, 1999; VANETTI, 2007). Os alimentos minimamente processados e mantidos sob refrigeração podem oferecer condições favoráveis para a sobrevivência e/ou a multiplicação de microrganismos patogênicos, tais como a *Salmonella* sp. Que é um patógeno de grande importância em saúde pública por causar grandes surtos, muitos dos quais com caráter epidêmico (ABADIAS et al., 2008; AGUADO; VITAS; GARCÍA-JALÓN, 2004).

As altas cargas microbianas desses produtos após a colheita podem ser substancialmente reduzidas por meio de uma limpeza em água corrente clorada e uma distribuição sob refrigeração controlada e assegurada (AHVENAINEN, 1996).

Embora o crescimento de microrganismos patogênicos e deterioradores possa ser inibido ou retardado por meio da combinação adequada de baixa temperatura de armazenamento e atmosfera modificada, existe a necessidade de ampliar o espectro de pesquisas que avaliem o risco potencial nesses produtos. Além dos cuidados com todos os elementos da cadeia de produção, o armazenamento desses produtos, sob condições adequadas, é um ponto fundamental para o sucesso da indústria de produtos minimamente processados (SHEWFELT, 1987; VANETTI, 2007). A compreensão dos efeitos que os principais gases presentes em embalagens sob atmosfera modificada exercem sobre a microbiota do produto é fundamental para prever o comportamento desta microbiota e estimar o tempo de conservação do produto (VANETTI, 2007).

Populações de microrganismos aeróbios mesófilos e psicrotróficos em produtos refrigerados têm sido utilizadas como indicadores de qualidade

higiênica dos alimentos, fornecendo também idéia sobre seu tempo útil de conservação. Populações elevadas desses microrganismos contribuem para a redução da vida de prateleira de hortaliças minimamente processadas, podendo indicar matéria-prima excessivamente contaminada, limpeza e desinfecção de superfícies inadequadas, higiene insuficiente na produção e condições inadequadas de tempo/temperatura, durante a produção ou a conservação dos alimentos (BRUNO et al., 2005).

2.4 Tratamentos químicos em minimamente processados

A utilização de aditivos ou de preservativos químicos em produtos minimamente processados ainda não está oficialmente regulamentada no Brasil, porém, os compostos com uso permitido por lei, em alimentos de origem vegetal, têm sido testados nesses produtos. Alguns compostos naturais, como os ácidos orgânicos, têm apresentado efeito positivo na manutenção, na qualidade e no aumento da vida de prateleira (CHITARRA, 2000).

Vários compostos naturais e sintéticos têm tido seu potencial antimicrobiano analisado para aplicação em embalagens ativas para alimentos, a exemplo de íons metálicos, ácidos orgânicos e seus sais, bactericidas, fungicidas, enzimas, álcoois, gases inorgânicos, vapores orgânicos, extratos naturais e outros (LACOSTE et al., 2005).

A atividade do agente antimicrobiano, geralmente, está relacionada a alterações na membrana celular, inativação de enzimas essenciais ou destruição ou inativação do material genético. Os agentes podem ter ação bactericida ou bacteriostática e, neste caso, para se preservar a ação antimicrobiana, a concentração do agente deve ser mantida acima do mínimo necessário para inibir o crescimento do microrganismo alvo, durante toda a vida útil do produto. Como os agentes antimicrobianos apresentam diferentes mecanismos de ação, a

mistura de compostos pode aumentar a atividade por meio de uma sinergia entre eles.

Inúmeros fatores afetam o desempenho da embalagem com agente antimicrobiano, tais como características/natureza química do agente microbiano e do produto, características sensoriais e de toxidez do agente, método de incorporação, permeação e evaporação (HAN, 2003).

A influência das mudanças de pH durante as operações de processamento mínimo tem sido estudada para vegetais, enquanto, para frutas, essas investigações ainda são reduzidas, pois, mesmo para as frutas mais ácidas, alguns microrganismos podem se adaptar, facilitando, assim, sua sobrevivência. Apesar de o pH ser um indicativo do tipo de microrganismo que vai se desenvolver em frutas minimamente processadas, a combinação de barreiras é importante e pode garantir maior segurança ao produto (BASTOS, 2006).

2.4.1 Ácido ascórbico

O ácido ascórbico tem sido utilizado após a etapa de desinfecção dos produtos minimamente processados, sendo sua principal função agir como antioxidante, prevenindo o escurecimento. Segundo Chitarra (2000), o ácido ascórbico previne o escurecimento e outras reações oxidativas.

A utilização de inibidores do escurecimento em produtos minimamente processados é restrita aos compostos que não ofereçam riscos de toxidez e não interfiram negativamente no aroma e no sabor característicos dos produtos. O ácido ascórbico destaca-se por promover a redução do pH e exercer função de agente redutor, além de seu baixo custo e de ser totalmente seguro para o consumo humano (SAPERS, 1993). O ácido ascórbico, no entanto, é consumido na reação, promovendo, dessa forma, uma proteção temporária contra o escurecimento. A completa oxidação do ácido ascórbico a de-hidroascórbico

possibilita o acúmulo de quinonas, podendo produzir pigmentos de coloração escura (LAURILA; KERVINEN; AHVENAINEN, 1998; SAPERS, 1993).

2.5 Uso de atmosfera modificada na conservação da qualidade

O princípio de conservação de vegetais por meio de embalagens com atmosfera modificada é diferente daquele dos produtos que não respiram, como carne, massas frescas, queijos etc. No caso dos alimentos que respiram, a tecnologia visa retardar a respiração, o amadurecimento, a senescência, a perda de clorofila, a perda de umidade, o escurecimento enzimático e, conseqüentemente, as alterações de qualidade advindas destes processos (SARANTÓPOULOS, 1997).

O controle dos processos fisiológicos é a chave para a conservação de vegetais minimamente processados, que pode ser assessoradamente realizado pelo emprego de embalagem adequada (SARANTÓPOULOS; MORAES, 2009). A embalagem também é um fator essencial na conservação de vegetais minimamente processados (BARMORE, 1987). De acordo com Ahvenainen (1996), a atmosfera modificada é a tecnologia mais aplicada para embalagem de produtos minimamente processados.

A modificação da atmosfera em torno do produto embalado pode ser estabelecida por via passiva, ativa ou pela combinação de ambas. No processo passivo, o ambiente atmosférico é atingido por meio da respiração do produto e das trocas gasosas (difusão de O₂ e CO₂), por meio dos poros da embalagem com o meio externo. A relação entre a taxa de respiração do produto e a taxa de permeabilidade a gases da embalagem modifica passivamente a atmosfera ao redor do produto. Essa modificação passiva da atmosfera pode retardar a respiração, a senescência e, conseqüentemente, as alterações de qualidade advindas desses processos (GERALDINE, 2000). Quando a atmosfera

modificada é associada à refrigeração, há substancial redução do crescimento microbiano e retardo das taxas de mudanças químicas e fisiológicas do produto (PIROVANI et al., 1998).

Muitos fatores devem ser considerados na seleção da embalagem, como a taxa de respiração, o tipo de corte, a quantidade do produto embalado e a concentração de O₂ e CO₂ adequada ao metabolismo do produto pré-cortado (CANTWELL, 2000). Além do controle dos processos fisiológicos, a embalagem é também necessária para limitar danos mecânicos ao produto durante o transporte e a distribuição, como também para evitar contaminação e alterações por fungos, leveduras e bactérias (SMITH, 1998). A especificação de sistemas de embalagem geradora de atmosfera modificada para frutos minimamente processadas é muito complexa, uma vez que esses produtos continuam vivos e, portanto, respirando após a colheita e durante a comercialização.

2.5.1 Atmosfera com baixo teor de oxigênio

Embalagens com atmosfera modificada ativa são aquelas que, além de atuarem como uma barreira a agentes externos, procuram corrigir deficiências presentes na atmosfera passiva. Elas podem ser definidas como embalagens em que elementos adicionais (gases) foram deliberadamente incluídos no material ou no espaço livre da embalagem, para melhorar seu desempenho (ROBERTSON, 2006).

Atmosferas com 3% a 8% de O₂ e de 3% a 10% de CO₂ têm potencial para aumentar a vida útil destes produtos e viabilizar a comercialização de frutas e hortaliças minimamente processadas, embora, para cada vegetal, exista uma atmosfera específica que maximiza sua durabilidade. A atmosfera escolhida e o sistema de embalagem devem ser testados, pois algumas concentrações de O₂ e

CO₂ podem acelerar a deterioração, ao invés de preservar os vegetais (SARANTÓPOULOS, 1997).

A redução dos níveis de O₂ e o aumento dos níveis de CO₂ podem retardar o amadurecimento dos frutos, reduzir a taxa de respiração e de produção de etileno e desacelerar várias alterações metabólicas (ZAGORY; KADER, 1988). Níveis de O₂ inferiores a 1% e de CO₂ superiores a 10% suprimem significativamente o crescimento fúngico (KADER, 1986; ZAGORY, 1999). De acordo com Farber (1991), as alterações metabólicas causadas pelo CO₂ conduzem a célula ao estresse, resultando na redução da taxa de crescimento microbiano.

Em embalagens com atmosfera modificada diminui-se a quantidade de gás oxigênio, contudo, concentrações muito baixas de O₂ ou muito altas de CO₂ ou uma relação CO₂/O₂ muito alta podem levar à respiração anaeróbica e a desordens fisiológicas, a exemplo de amadurecimento irregular, desenvolvimento de sabor/odor estranhos (*off-flavors*) e aumento da susceptibilidade à deterioração. O desenvolvimento de *off-flavors* ocorre em consequência da respiração anaeróbica, que leva a um acúmulo de etanol, acetaldeído e certos ácidos orgânicos. Geralmente, isso ocorre em teores de O₂ abaixo de 2% e teores de CO₂ acima de 20%. Nas embalagens de vegetais, a anaerobiose, além de estar associada a injúrias fisiológicas, é indesejável, pois cria um risco de crescimento de microrganismos patogênicos anaeróbicos, como o *Clostridium botulinum*. Portanto, recomenda-se um teor mínimo de 2% a 3% de O₂ durante toda a estocagem, para que não se criem condições que representem um risco de saúde pública (SARANTÓPOULOS, 1997).

2.5.2 Atmosfera com alto teor de oxigênio

Exposição a níveis elevados de O₂ pode estimular, não ter efeito ou reduzir as taxas de respiração do produto, dependendo do produto, da maturidade ou do estágio de maturação, do tempo e da temperatura de armazenamento e das concentrações de CO₂ e C₂H₄ (KADER; BEN-YEHOSHUA, 2000). A intensidade da respiração está diretamente correlacionada com a vida de prateleira dos produtos (KADER; ZAGORY; KERBEL, 1989). Portanto, a avaliação do efeito dos altos níveis de O₂ na atividade respiratória se faz necessária.

Day (1998) relatou que embalagens com atmosfera modificada com alto O₂ tiveram efeitos benéficos sobre a retenção de ácido ascórbico e o grau de oxidação lipídica. Eles também afirmaram que, em comparação com baixo O₂, não houve diminuição dos níveis de antioxidantes em alface processada.

Segundo Oms-Oliu, Soliva-Fortuny e Martin-Belloso (2008), a atmosfera com 70 kPa O₂ impediu a fermentação anaeróbica de melões minimamente processados, enquanto rotas fermentativas foram desencadeadas em armazenamento em atmosfera com 2,5 kPa O₂ + 7 kPa CO₂. Altos níveis de O₂ preservaram a cor inicial e a firmeza de melão minimamente processado, em melhor resultado que baixas concentrações de O₂ ou atmosfera não modificada.

O conteúdo de fenólicos totais, a perda de líquido, o escurecimento da superfície e a perda da firmeza foram significativamente inibidos em peras 'Huangguan', com o pré-tratamento do fruto inteiro com 100 kPa de O₂, antes do corte. O tratamento combinado foi eficaz na redução da permeabilidade da membrana, da redução da vitamina C, da redução de perda de peso e na preservação do baixo pH e do escurecimento (XIAO et al., 2010).

Embalagens com atmosfera com alto O₂ para vegetais ainda não têm comercialização comum, provavelmente por causa da falta de compreensão dos

mecanismos básicos biológicos envolvidos na inibição ou na redução do crescimento microbiano, na inibição do escurecimento enzimático, no efeito sobre a atividade respiratória, no efeito desconhecido sobre a qualidade nutricional dos frutos embalados e vegetais e nas preocupações sobre as implicações de segurança possível, durante o acondicionamento (JACXSENS et al., 2001).

Segundo Kader e Ben-Yehoshua (2000), a partir da informação limitada publicada sobre os efeitos dos níveis elevados de O_2 na fisiologia pós-colheita e na qualidade de frutas e vegetais frescos e minimamente processados, são necessárias pesquisas para responder quais são os mecanismos pelos quais os níveis elevados de O_2 podem influenciar as taxas de produção de CO_2 e C_2H_4 em frutos climatéricos e não climatéricos. Também são necessárias informações sobre como altas concentrações de O_2 influenciam o crescimento de bactérias e fungos deterioradores e causadores de doenças em humanos. Procura-se saber se tais taxas têm efeitos benéficos no sabor, na textura e na qualidade nutricional dos produtos e se existe alguma relação entre a tolerância dos tecidos a altas concentrações de O_2 e sua capacidade antioxidante total.

2.6 Enzimas antioxidantes

Os antioxidantes podem ser divididos em duas classes: a dos com atividade enzimática e a dos sem essa atividade. Na primeira, estão os compostos capazes de bloquear a iniciação da oxidação, ou seja, as enzimas que removem as espécies reativas ao oxigênio. Na segunda classe, estão moléculas que interagem com as espécies radiculares e são consumidas durante a reação (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004).

As plantas possuem um sistema de defesa antioxidante enzimático e não enzimático, que permite a detoxificação das EROs (espécies reativas de

oxigênio) e a proteção das células vegetais de danos oxidativos (GRATÃO et al., 2005). Porém, a destruição eficiente das EROs requer a ação de diversas enzimas antioxidantes atuando em sincronia, como a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT), o ascorbato peroxidase (APX) e a glutatona redutase (GR). A SOD é considerada a primeira linha de defesa contra as EROs, sendo responsável pela dismutação do $O_2^{\bullet-}$, gerando H_2O_2 e O_2 . A CAT e APX são enzimas que catalisam a conversão do H_2O_2 e O_2 em água. A GR catalisa numa reação dependente de NADPH a redução da glutatona oxidada (GSSG) à forma reduzida (GSH). APX, GR e GSH são importantes componentes do ciclo ascorbato-glutationa responsáveis pela remoção de H_2O_2 em diferentes compartimentos celulares (GRATÃO et al., 2005).

As catalases (CAT, EC 1.11.1.6) são proteínas tetraméricas que catalisam a conversão do peróxido de hidrogênio em água. São amplamente distribuídas em organismos como bactérias, alguns eucariotos inferiores, fungos, animais e plantas. São largamente, mas não exclusivamente, encontradas nos peroxissomos, organelas que têm metabolismo primariamente oxidativo. São altamente eficientes, podendo atuar sobre o peróxido de hidrogênio produzido antes mesmo de ele difundir-se para outras partes da célula. Como no caso das SODs, múltiplas CATs são codificadas por genes específicos em plantas, enquanto os animais têm apenas uma forma de CAT. Ambos os genes, Cat e Sod, respondem diferentemente a vários estresses que produzem EROs (SCANDALIOS, 2005).

As peroxidases exercem importantes funções na defesa antioxidante, removendo peróxidos, incluindo o peróxido de hidrogênio gerado pelas reações de oxirredução. Nas plantas, as peroxidases são classificadas em três classes. A classe I corresponde às peroxidases intracelulares de origem procariótica (ex. citocromo c-peroxidase, ascorbato peroxidase); a classe II inclui as enzimas secretórias de fungos (ex. peroxidase dependente de manganês) e a classe III

compreende as enzimas secretórias de plantas (TEIXEIRA et al., 2004). As ascorbato peroxidases (APX, EC 1.1.1.1) são membros da classe I da superfamília de hemeperoxidases, cujo grupo prostético é a protoporfirina e são reguladas por sinal redox e peróxido de hidrogênio (SHARMA; DUBEY, 2004). Elas são encontradas em plantas superiores, clorófitas e algas vermelhas. As APX apresentam alta especificidade por ascorbato como substrato redutor e catalisam a redução do peróxido de hidrogênio em água.

O processo de detoxificação do peróxido de hidrogênio catalisado pela enzima ascorbato peroxidase é acompanhado por uma série de reações que, em conjunto, formam uma das vias antioxidantes mais importantes presentes nas plantas, o ciclo do ascorbato-glutationa (Figura 2).

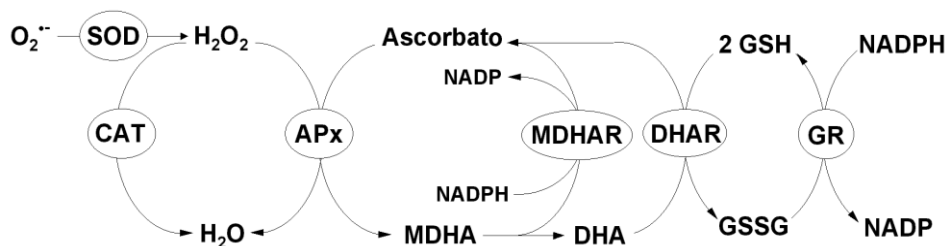


Figura 2 A eliminação enzimática de EROs via ciclo do ascorbato-glutationa. APX – ascorbato peroxidase; CAT – catalase; DHA – desidroascorbato; DHAR – desidroascorbato redutase; MDHA – monodesidroascorbato; MDHAR – monodesidroascorbato-redutase; GR – glutatona redutase; GSH – glutatona reduzida; GSSG – glutatona oxidada; SOD – superóxido dismutase. Fonte: Teixeira et al. (2006)

Neste ciclo, o ascorbato e a glutatona são utilizados como fonte redutora para a detoxificação do peróxido de hidrogênio e os compostos oxidados são recuperados por várias reações, à custa de ATP e NAD(P)H. Dessa maneira, o radical monode-hidroascorbato (MDHA), gerado pela oxidação do ascorbato pela APx durante a detoxificação do peróxido de hidrogênio, é regenerado por duas vias: ele pode ser convertido a ascorbato pela ação da

enzima monodesidroascorbato redutase (MDHAR, EC 1.6.5.4) utilizando NAD(P)H ou, então, devido à sua instabilidade, ele pode gerar o radical desidroascorbato (DHA) em uma reação não enzimática. Em seguida, o DHA é regenerado a ascorbato pela enzima desidroascorbato redutase (DHAR, EC 1.8.5.1), utilizando o glutathione como fonte redutora. Por fim, a glutathione oxidada é recuperada pela ação da glutathione redutase (GR EC1.8.1.7), às custas de NAD(P)H (Figura 2) (TEIXEIRA et al., 2006). O principal papel do ciclo do ascorbato-glutathione é a proteção dos compartimentos celulares contra os danos oxidativos causados pelas ERO. Nas plantas, o ciclo do ascorbato-glutathione é particularmente importante nos cloroplastos, visto que estes são importantes fontes produtoras de peróxido de hidrogênio. Este ciclo também opera no citosol, no peroxissomo e nas mitocôndrias (JIMÉNEZ et al., 1997).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Matéria-prima

A pesquisa foi desenvolvida na Planta Piloto de Processamento Mínimo de Vegetais e no Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG.

A cultivar de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) utilizada foi a 'Pérola'. Frutas saudáveis foram adquiridas na Central de Abastecimento de Minas Gerais (CEASA), em Contagem, MG, com um dia de colheita, realizada no município de Miranorte, TO.

3.2 Processamento e armazenamento

A higiene do processo foi assegurada por meio dos procedimentos estabelecidos pelas boas práticas de fabricação. Os utensílios foram sanificados com hipoclorito de sódio, 200 mg l⁻¹ de cloro livre. As etapas de processamento mínimo ocorreram em ambiente higienizado e refrigerado a 10° C, sobre mesa de aço inoxidável devidamente higienizada. Os operadores utilizaram equipamentos de proteção individual.

Foram utilizados 50 abacaxis. Os frutos intactos foram lavados e sanificados com Uzziclor[®] (Dicloro isocianurato de sódio) – Uzzi, Uzzi Química LTDA, na concentração de 200 mg L⁻¹ de cloro livre, conforme o fabricante. Depois, foram descascados manualmente (Figura 3-A). A polpa do abacaxi foi fatiada manualmente e as fatias cortadas em forma de leques de aproximadamente 1 cm de espessura. Os leques foram imersos em água, a 7 °C,

com Uzziclor®, na concentração 20 mg L⁻¹ de cloro livre, durante 3 minutos (SARZI; DURIGAN; ROSSI JUNIOR, 2002).

Para tratamento químico, foi utilizada solução de ácido ascórbico (AA, PA ACS, F. Maia Indústria e Comércio Ltda.) a 1% (m/v). Os pedaços de abacaxi foram imersos, por 1 minuto, conforme apresentado na Figura 3-B. Para o controle, os pedaços foram imersos em água destilada, com o mesmo procedimento.

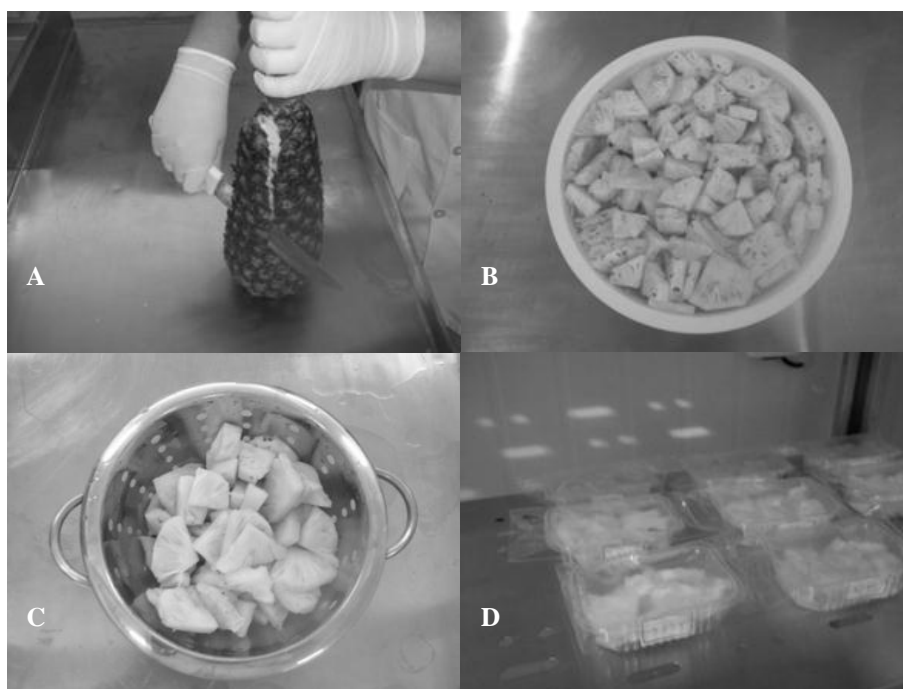


Figura 3 Etapas de descascamento (A), tratamento químico (B), drenagem (C) e armazenamento (D) do abacaxi minimamente processado

Após a imersão, as fatias foram drenadas, por 1 minuto (Figura 3-C) e embaladas (Figura 3-D).

Em média, utilizaram-se 200 g do produto em cada bandeja rígida (Ref. G303, Galvanotek Embalagens Ltda.) de polipropileno (13,5 cm x 10 cm x 4

cm). Foram definidos quatro tipos de atmosfera para a embalagem de acondicionamento do abacaxi minimamente processado, que são:

- atmosfera **controle**: as bandejas foram fechadas com tampas de mesmo material, com 9 orifícios de 5 mm de diâmetro cada;
- atmosfera modificada **passiva**: as bandejas foram seladas com filme flexível FruitPack de polietileno + polipropileno, 0,060 mm de espessura (Formar Embalagens Ltda.) em seladora a quente AP340 (TecMaq Ltda.);
- atmosfera modificada ativa com gás composto de **3% O₂ + 10% CO₂ + 87% N₂** (gás padrão de trabalho, White Martins Gases Industriais Ltda.). A injeção do gás e o fechamento da embalagem foram feitos com seladora de bandeja modelo AP-340, usando filme flexível FruitPack PE+PP e injeção de gás por preenchimento, durante 60 segundos;
- atmosfera modificada ativa com composição de **100% O₂** (gás analítico 2.8, pureza >99,8, White Martins Gases Industriais Ltda.). Usou-se o mesmo método de injeção de gás e fechamento de embalagem empregado no item anterior.

Após o acondicionamento, as embalagens com o abacaxi minimamente processado foram armazenadas em câmara fria, a 5 ± 1 °C. A câmara foi previamente lavada e higienizada com solução de cloro a 200 mg L^{-1} , por um período de 12 horas (SOUZA; DURIGAN, 2007).

3.3 Análises realizadas

As amostras foram coletadas sem reposição, a cada dois dias, num total de 10 dias de armazenamento, para análises físico-químicas e coletadas, a cada cinco dias, para as análises microbiológicas.

3.3.1 Perda de massa

A massa do produto foi avaliada a cada dois dias, para a determinação da perda de massa. Foi expressa em porcentagem do peso do produto no dia da coleta em relação ao início do armazenamento.

3.3.2 Avaliação de cor

A avaliação da cor foi realizada com colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-400), com a determinação no modo CIE L* a* b*. A coordenada L* mede a claridade ou a luminosidade da amostra, variando entre o preto e o branco. A coordenada a* corresponde à variação de cor do vermelho ao verde e o b* indica a variação de cor da amostra do azul ao amarelo. Os valores de a* e b* obtidos pela leitura das amostras foram empregados no cálculo de croma e ângulo hue, conforme recomendações de McGuire (1992).

Calculou-se a cromaticidade de acordo com a fórmula:

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Para o cálculo de ângulo hue, de acordo com os valores de a* e b* obtidos, utilizou-se a fórmula: $^{\circ}H = \arctang(b^*/a^*)$.

Como os valores de L*, a* e b* têm uma grande variação, em parte, devido à variabilidade das amostras, foi realizada também a comparação da diferença total de cor (ΔE^*). Esta diferença foi calculada de acordo com Ferreira (1981), por meio da fórmula:

$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} ,$$

em que $\Delta L^* = L^*_1 - L^*_2$; $\Delta a^* = a^*_1 - a^*_2$; $\Delta b^* = b^*_1 - b^*_2$

3.3.3 Determinação de pH

O pH foi determinado por meio de medida direta, utilizando-se um pHmetro Tecnal (Tec 3M) com eletrodo de vidro, conforme recomendações da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2000).

3.3.4 Sólidos solúveis (SS)

Os sólidos solúveis foram determinados utilizando refratômetro digital Atago PR-100, com compensação automática de temperatura a 25°C, previamente calibrado com água destilada. Os resultados foram expressos em °Brix, de acordo com técnica da AOAC (2000).

3.3.5 Acidez titulável (AT)

A determinação foi realizada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01 M, de acordo com a AOAC (2000), usando como indicador a fenolftaleína 1%. Os resultados foram expressos em % ácido cítrico.100 mL⁻¹.

3.3.6 Relação SS/AT

Para o cálculo da relação SS/AT, foi realizada a divisão do teor de sólidos solúveis totais pela acidez titulável.

3.3.7 Vitamina C

Realizou-se a quantificação dos teores de vitamina C (ácido ascórbico) por método colorimétrico, empregando-se 2,4 dinitrofenil-hidrazina, segundo

Strohecker e Henning (1967). Para o preparo do extrato, homogeneizaram-se, sob agitação mecânica, durante 5 minutos, 5 g da amostra em 45 mL de solução de ácido oxálico 0,5%. Ao extrato foi adicionado kiesselgur, para a remoção de interferentes. A leitura foi realizada a 520 nm, em espectrofotômetro Beckman 640 B, com sistema computadorizado. Para calcular a equação da reta, construiu-se uma curva padrão com solução de ácido ascórbico nas concentrações de 20, 40, 60, 80 e 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100g^{-1} de abacaxi.

3.3.8 Fenólicos totais

Os fenólicos totais foram obtidos conforme o método colorimétrico desenvolvido por Waterhouse (2002), adaptado de Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997), com a utilização do reagente de Folin-Ciocalteu, em solução com concentração de 10% (v/v). É importante ressaltar que toda a análise foi conduzida em ambiente com baixa incidência de luz, envolvendo-se, ainda, a vidraria utilizada em papel alumínio, para minimizar a degradação da solução final do reagente, antes de reagir com as substâncias fenólicas de interesse.

Para a elaboração dos extratos, foi preparada uma solução mista com 40 mL de álcool metílico 50% e 40 mL de acetona 70%. Homogeneizaram-se, por meio de politron (Tecnal TE-102 Turratec), 5 g da amostra, sendo o volume final completado para 100 mL com água destilada. O procedimento de extração envolveu etapas consecutivas de centrifugação, filtração e repouso, visando obter uma melhor extração dos compostos fenólicos.

Para a determinação do teor de fenólicos totais, foram adicionados, em tubos de ensaio envolvidos com papel alumínio, 0,5 mL do extrato da amostra, 2,5 mL da solução de Folin-Ciocalteu 10% e 2,0 mL da solução de carbonato de sódio 4% (m/v). Os tubos foram agitados para homogeneização e mantidos

em repouso, por 2 horas, ao abrigo da luz. Posteriormente, realizou-se a leitura das absorvâncias na faixa de absorção de 750 nm. No tubo branco, substituiu-se a alíquota de amostra por 0,5 mL de etanol absoluto. Para calcular os teores de FT, construiu-se uma curva padrão com solução de ácido gálico nas concentrações de 5, 10, 15, 20, 30 e 40 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Os resultados foram expressos como equivalentes de ácido gálico (mg EAG g^{-1} de amostra).

3.3.9 Atividade antioxidante pelo método do DPPH

A determinação da atividade antioxidante foi realizada pelo método de sequestro do radical DPPH por antioxidantes, segundo Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), adaptado por Rufino et al. (2007). Para determinar a atividade antioxidante, empregaram-se os extratos utilizados para a determinação dos fenólicos totais.

Este método tem por base a redução do radical DPPH que, ao fixar um H (removido do antioxidante em estudo), leva a uma diminuição da absorvância. Para a análise das amostras, adicionaram-se a 3,9 mL da solução de DPPH 0,06 mM a uma alíquota de 0,1 mL do extrato. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-visível, a 517 nm, após 60 minutos do início da reação. Todas as determinações foram realizadas em triplicata e acompanhadas de um controle (solução de DPPH). A queda na leitura da densidade ótica das amostras foi comparada com o controle, estabelecendo-se a porcentagem de descoloração do radical DPPH, conforme a fórmula:

$$\text{Ativ. Antiox. (\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{controle}} - \text{Abs}_{\text{amostra}}}{\text{Abs}_{\text{controle}}} \times 100$$

Os resultados foram expressos em % de sequestro de radical livre (%SRL).

3.3.10 Catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX)

A atividade da CAT foi determinada conforme Azevedo et al. (1998), com pequenas modificações, estimada pelo decréscimo na absorbância a 240 nm, a cada 15 segundos, durante 2 minutos, em um meio de reação contendo fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0) e H₂O₂ 12,5 mM.

A atividade da APX foi realizada segundo Nakano e Asada (1981), por meio da avaliação da taxa de oxidação do ascorbato a 290 nm, pelo decréscimo na absorbância a cada 15 segundos, durante 2 minutos. O meio de reação incubado a 28 °C foi composto de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0), ácido ascórbico 0,5 mM e H₂O₂ 0,1 mM.

A partir dos valores de leitura, foram obtidas uma linha de tendência e uma equação. Desta equação tirou-se o valor 'slope', que é a inclinação da reta, ou seja, a velocidade de consumo do substrato pela enzima. Usa-se o slope com o peso e o valor de proteína da amostra.

Para a determinação de proteínas totais, utilizou-se o método de Bradford (1976), empregando o corante azul brilhante de Coomassie BG-250. A concentração proteica total dos extratos foi expressa utilizando-se albumina sérica bovina como padrão.

Para a elaboração dos extratos foram macerados 200 mg de amostra com 50% de polivinilpirrolidona (PVPP) insolúvel, suficiente para evitar oxidação do material, e homogeneizando-se em 1,5 mL do tampão de extração composto por fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0), EDTA 0,1 mM e ácido ascórbico 10 mM. O homogeneizado foi centrifugado, a 13.000 g, por 10 minutos, a 4 °C e o sobrenadante coletado. Esse extrato foi utilizado para a quantificação de catalase, ascorbato peroxidase e proteína.

3.3.11 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas nos dias 0, 5 e 10 de armazenamento, baseadas nos métodos descritos no Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água (SILVA et al., 2010). Todos os testes microbiológicos foram feitos em triplicata.

- **Contagem de aeróbios psicrotróficos**

As amostras foram diluídas (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}) em água peptonada e o plaqueamento foi realizado em superfície em meio de cultura ágar padrão de contagem (PCA) e posterior incubação, a 7 ± 1 °C, por 10 dias. Após a leitura das placas, os resultados foram expressos em log UFC/g.

- **Contagem de fungos filamentosos e leveduras**

As amostras foram diluídas em água peptonada (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}). Realizou-se plaqueamento em superfície de meio de cultura ágar dicloran rosa de bengala cloranfenicol (DRBC), com posterior incubação, a 22-25 °C, por 5 dias. Após a leitura das placas, os resultados foram expressos em log UFC/g.

3.4 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento foi inteiramente casualizado fatorial 4 x 2 x 6, sendo 4 tipos de atmosferas e 2 tratamentos, com ou sem ácido ascórbico. Para as determinações dos itens 3.3.1 ao 3.3.10, ocorreram 6 períodos de análise (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias), em 3 repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, por meio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA,

2011). Para as análises que apresentaram interação entre atmosfera utilizada e tempo de armazenamento, foi realizada análise de regressão com apresentação de gráfico com linha de tendência, equação da regressão e coeficiente de determinação, obtidos por meio do software Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, Estados Unidos).

Para as análises microbiológicas, as determinações foram realizadas nos dias 0, 5 e 10. A comparação das médias entre os tratamentos e entre os tempos de armazenamento foi realizada pelo teste de Tukey, a 5% de significância ($p < 0,05$), por meio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 e na Tabela 3 apresenta-se o resumo da análise de variância aplicada às determinações realizadas. A perda de massa e a variação total de cor quantificam resultados a partir do dia 2, pois comparam valores dos dias 2, 4, 6, 8 e 10 com o dia 0. Sendo assim, têm menor grau de liberdade, motivo pelo qual está apresentada em tabela separada. Todas as análises apresentaram interação significativa (0,05) entre o tipo de atmosfera utilizada e o tempo de armazenamento. As médias foram significativas, a 5%, para o tempo (T), em todas as análises. Para a variação em relação à atmosfera (A), apenas o *ratio* não foi significativo, a 5% de probabilidade.

Tabela 2 Resumo da análise de variância efetuada para perda de massa (PM) e variação total de cor (ΔE^*).

CV	Gl	Quadrado médio	
		PM (%)	ΔE^*
A	7	4,9*	190,9*
T	4	1,42*	36,7*
AxT	28	0,23*	47,2*
Erro	80	0,12	11,65
CVe		13,9	37,9

* significativo, a 5% de probabilidade; n.s: não significativo, a 5% de probabilidade; CV: causa da variação; A: atmosfera da embalagem; T: tempo de armazenamento; Gl: grau de liberdade; CV (%): coeficiente de variação experimental

Tabela 3 Resumo da análise de variância efetuada para a coordenada L*, cromia (C*), ângulo Hue (°H), pH, sólidos solúveis totais em °Brix (SS), acidez titulável em % de ácido cítrico (AT), relação SS/AT (ratio), vitamina C em mg.100g⁻¹ (Vit. C), fenólicos totais em mg EAG.g⁻¹ (FT), atividade antioxidante em %SRL (At An), atividade da catalase (CAT) e atividade da ascorbato peroxidase (APX).

CV	Gl	Quadrado médio											
		L*	C*	H°	pH	SS	AT	Ratio	Vit. C	FT	At An	CAT	APX
A	7	155,3*	25,2*	1,2*	0,02*	14*	0,8*	0,5ns	24724*	3313,8*	2399*	1,34*	2344*
T	5	313,9*	13,6*	0,7*	0,21*	68*	0,7*	6,9*	520,6*	748,8*	527*	0,8*	255*
AxT	35	47,4*	4,5*	0,8*	0,01*	5*	0,2*	0,6*	389,65*	51,2*	105,9*	0,9*	107*
Erro	96	11,54	1,2	0,26	0	2,57	0,12	0,34	105,27	10,88	17,6	0,01	2,4
CVe	-	6,30	9,9	0,28	1,53	11,9	9,22	16,3	16,18	6,40	15,7	9,1	5,6

* significativo, a 5% de probabilidade; n.s: não significativo, a 5% de probabilidade; CV: causa da variação; A: atmosfera da embalagem; T: tempo de armazenamento; Gl: grau de liberdade; CV (%): coeficiente de variação experimental

4.1 Perda de massa

No Gráfico 1 são apresentadas as curvas para a perda de massa (%). Todos os tratamentos apresentaram perda de massa constante até o décimo dia de armazenamento, média de 1,11%, porém, o abacaxi submetido a tratamento com ácido ascórbico apresentou maior perda de massa, em todas as atmosferas.

Chaves et al. (2011), trabalhando com o abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado com tratamentos de ácido ascórbico e ácido cítrico, observaram que o uso de AA não se diferenciou do controle, quanto à perda de massa, enquanto o uso de ácido cítrico induziu a perdas maiores.

Lima et al. (2011), aplicando ácido ascórbico em melão minimamente processado, relataram que, ao quarto dia de armazenamento, em concentração de 3% de AA, ocorreu perda de massa semelhante ao controle e maior em comparação com as concentrações menores (1 e 2%).

A perda de massa é um dos principais fatores determinantes da vida de armazenamento de muitos produtos hortícolas. Esta perda é função do tempo de armazenamento e da transpiração, tendo efeitos marcantes sobre a fisiologia dos tecidos vegetais e, em alguns casos, antecipa a maturação e senescência de frutos tropicais (CARVALHO, 2000).

Os cortes e a consequente exposição dos tecidos ocasionam a perda de líquido que causam modificações de aparência, como murchamento e enrugamento, nas qualidades texturais (amaciamento, perda de frescor e suculência) e na qualidade nutricional (KADER, 2002).

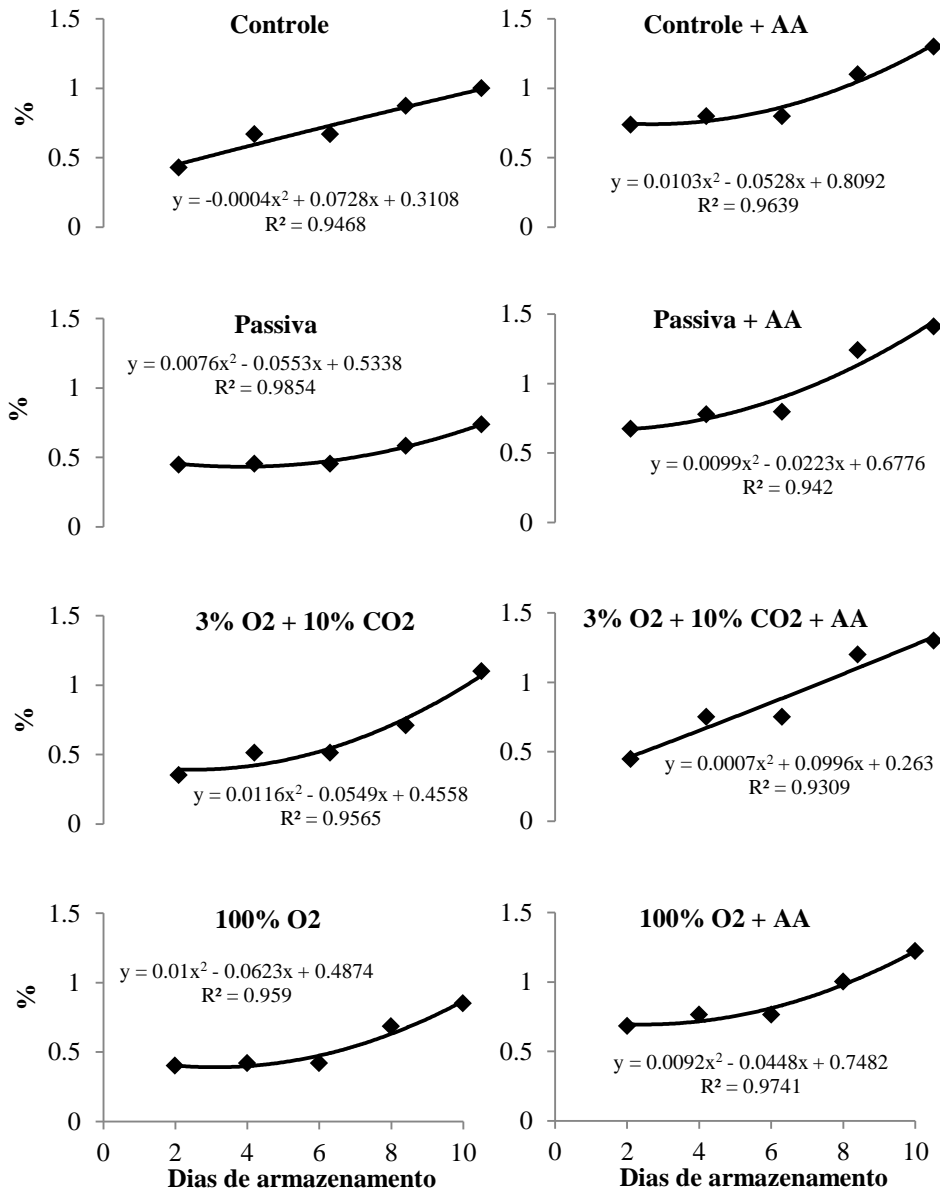


Gráfico 1 Perda de massa (%) do abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

4.2 Avaliação de cor

No Gráfico 2 observam-se os valores do parâmetro L* da análise instrumental de cor. O parâmetro L* identifica a luminosidade da amostra, cujos valores variam de preto a branco. Partindo do pressuposto de que valores inferiores estão mais próximos da cor preta, pode-se dizer que quanto menor o valor de L*, em relação ao dia 0 de armazenamento, mais escurecimento ocorreu no abacaxi minimamente processado, até o dia da leitura.

O ácido ascórbico promove a redução do pH e exerce função de agente redutor, inibindo a ação das enzimas de escurecimento (SAPERS, 1993).

Nas atmosferas passiva e de baixo oxigênio, o tratamento com AA influenciou o escurecimento até o décimo dia de armazenamento.

O ácido ascórbico como redutor é consumido na reação, promovendo, dessa forma, uma proteção temporária contra o escurecimento. A completa oxidação do ácido ascórbico a de-hidroascórbico possibilita o acúmulo de quinonas, podendo produzir pigmentos de coloração escura (SAPERS, 1993; LAURILA; KERVINEN; AHVENAINEN, 1998).

De acordo com Moretti (2007), produtos com altos níveis constitutivos de compostos fenólicos escurecem facilmente quando o tecido injuriado é exposto ao oxigênio presente no ar atmosférico. Dessa forma, Sarzi e Durigan (2002) observaram escurecimento na polpa de abacaxi 'Pérola' cortado em rodela, quando armazenados a 9 °C, devido à ação das polifenoloxidasas.

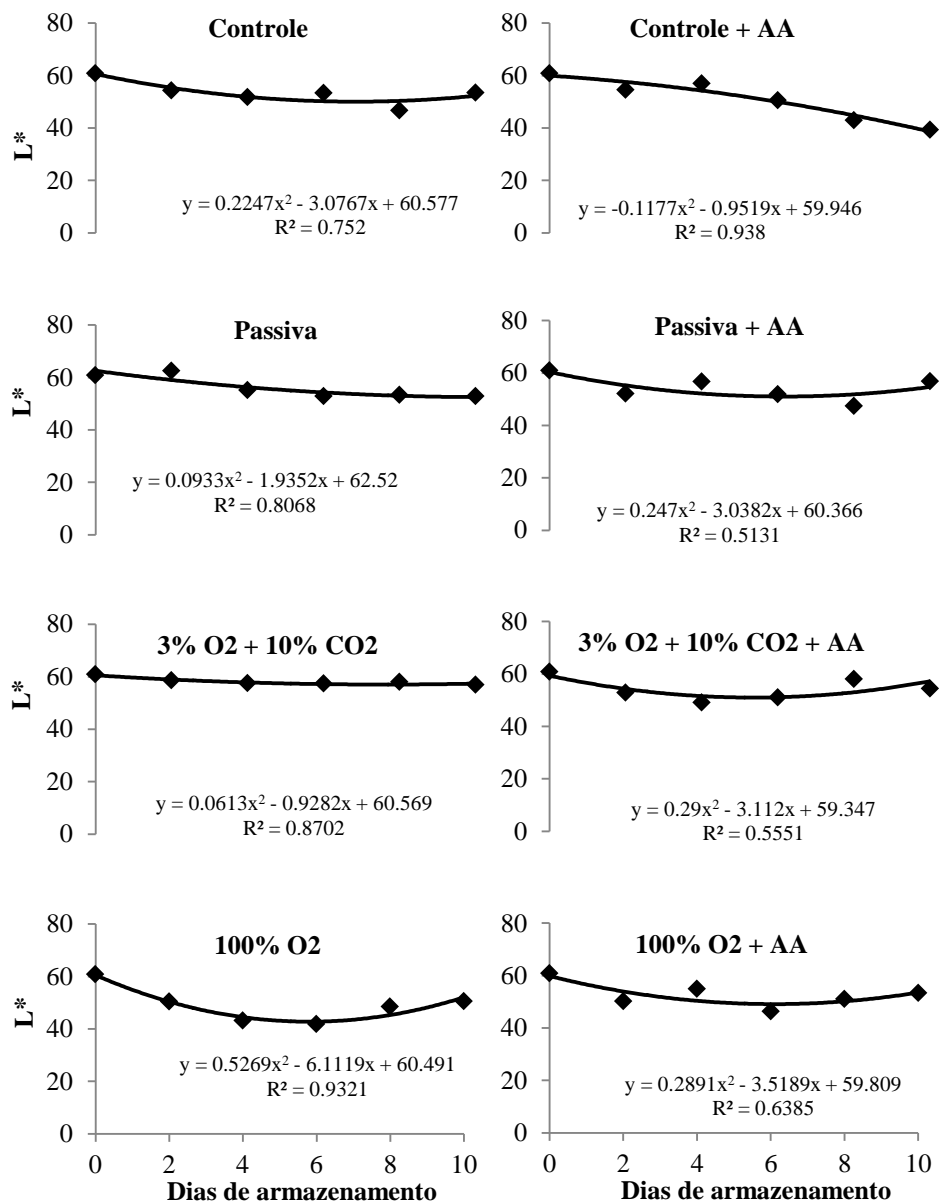


Gráfico 2 Parâmetro L^* do abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

Nos Gráficos 3 e 4 têm-se os valores para chroma e ângulo hue, respectivamente. O valor de chroma manteve-se estável na maioria dos tratamentos, com uma diminuição nos armazenados em atmosfera controle e de alto oxigênio. O Chroma indica a intensidade de cor, ou seja, quanto maior, mais vividas são as cores. Borges et al. (2011) detectaram que o valor de chroma em suco de abacaxi foi afetado de forma significativa pelo tempo de armazenamento, porém, somente quando exposto à alta temperatura, demonstrando que a presença de luz, por si só, não afetou de forma relevante a intensidade da cor.

O ângulo Hue apresentou aumento de valor com o decorrer do tempo de armazenamento apenas para as amostras em atmosfera controle; nos outros tratamentos, apresentou estabilidade no valor, nos 10 dias de armazenamento.

Souto et al. (2004), trabalhando com abacaxi 'Pérola' minimamente processado, também encontraram aumento no Hue, indicando que a polpa com o armazenamento ficou mais pigmentada.

Sarzi (2002) observou que a coloração da polpa de abacaxi 'Pérola' minimamente processado tornou-se amarelo-clara, durante o armazenamento refrigerado, com a chroma passando de 14,0 para 15,0, em 12 dias. Pico e Pólit (2002) não constataram mudança na translucidez da polpa de abacaxis tratados com ceras e armazenados a 8° C, mas relataram efeito semelhante ao observado neste trabalho, quando os frutos foram embalados em sacos plásticos perfurados, o que foi atribuído ao processo de maturação e senescência.

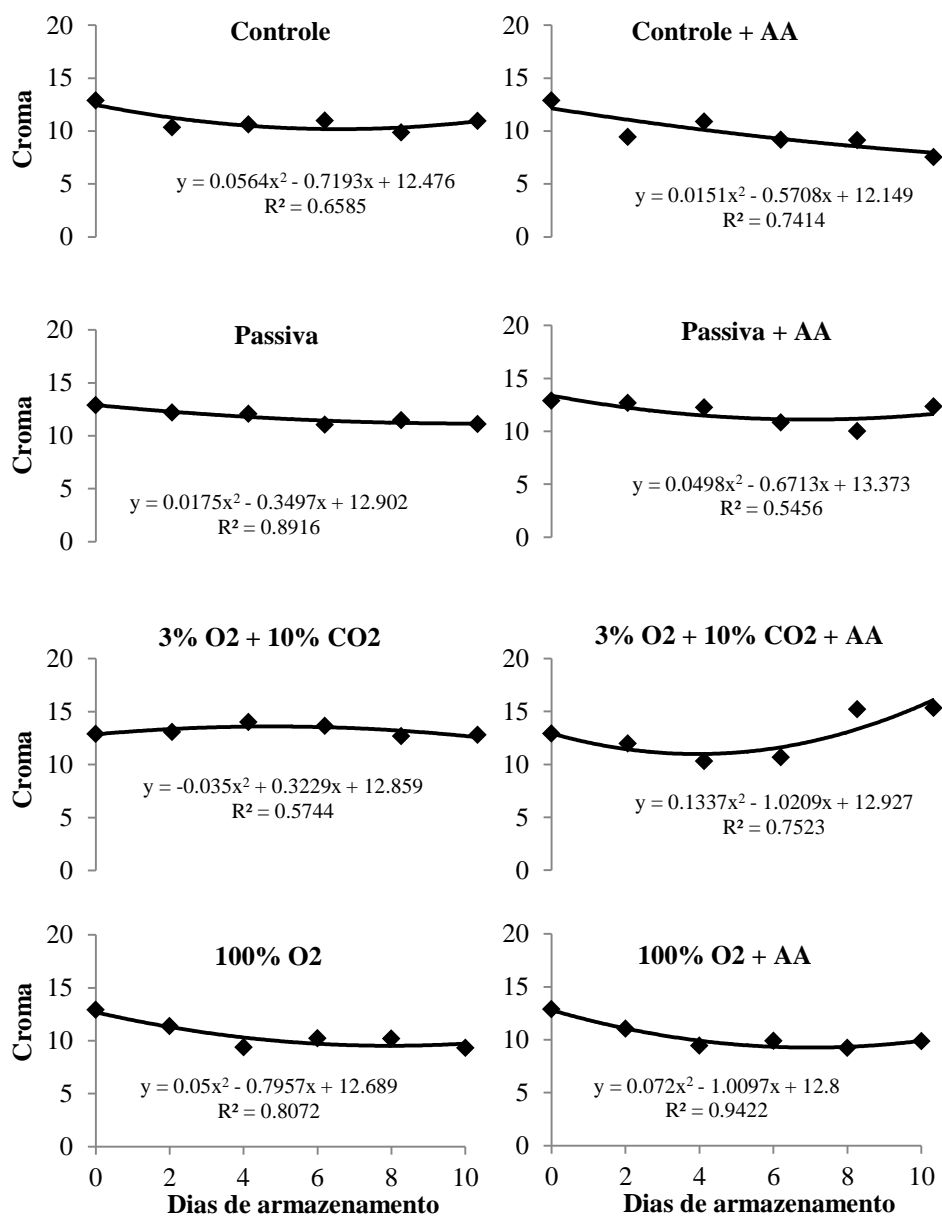


Gráfico 3 Valor de cromagem do abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

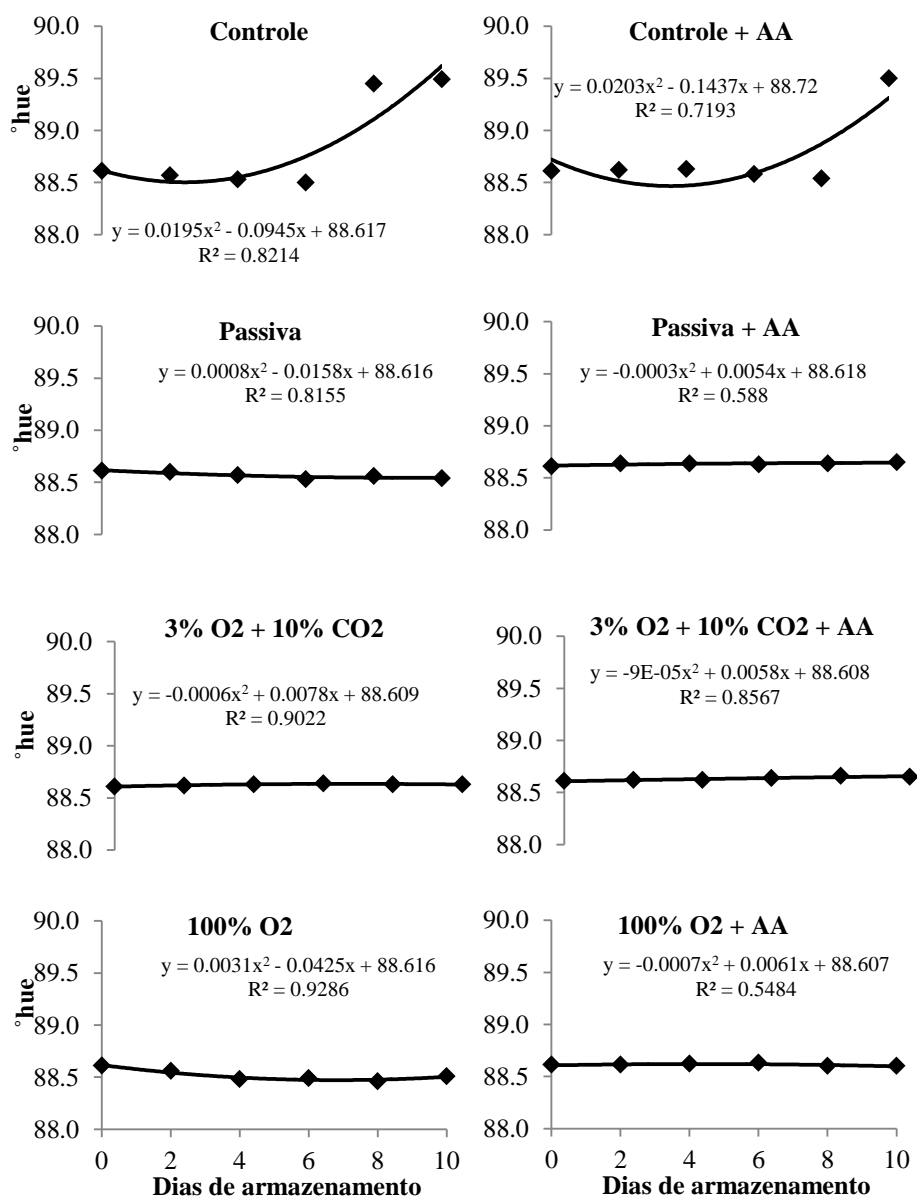


Gráfico 4 Ângulo hue do abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

A variação total de cor (ΔE^*) utiliza todos os dados (L^* , a^* , b^*) lidos na análise instrumental de cor e compara cada dia de armazenamento com o dia inicial. No Gráfico 5 observam-se os valores de variação total de cor para as amostras.

O abacaxi armazenado em atmosfera controle foi o que apresentou maior alteração de cor em relação ao fruto inicial. As amostras mais estáveis foram as armazenadas em baixo oxigênio e em alto oxigênio com tratamento de AA.

Produtos com altos níveis constitutivos de compostos fenólicos escurecem facilmente, quando o tecido injuriado é exposto ao oxigênio presente no ar atmosférico. Este fato foi observado por Sarzi, Durigan e Rossi Junior (2002), na polpa de abacaxi 'Pérola' cortado em rodela, quando armazenado a 9 °C, devido à ação das polifenoloxidasas.

Nos produtos minimamente processados, este fenômeno é desencadeado, principalmente, durante as etapas de descascamento e corte, uma vez que, nestas etapas, os substratos fenólicos, de localização vacuolar, entram em contato com as enzimas catalizadoras das reações de oxidações dos polifenóis (polifenoloxidase), localizadas no citoplasma, e que estão associadas às estruturas de membranas dos plastídios (SILVA et al., 2007). Dessa forma, a inativação enzimática é um recurso que pode ser bastante utilizado na indústria de alimentos, com o objetivo de conservar o produto (SILVA; ROSA; VILAS BOAS, 2009).

Atualmente, cada vez mais, as indústrias estão buscando meios para oferecer maior qualidade a seus produtos. A cor desempenha papel importante na aceitação dos alimentos pelo consumidor e a aparência é a primeira impressão que ele tem de um produto alimentício. Se a cor não é aceitável, outros fatores de qualidade, como o sabor e a textura, nem são julgados (FRANCIS, 1995).

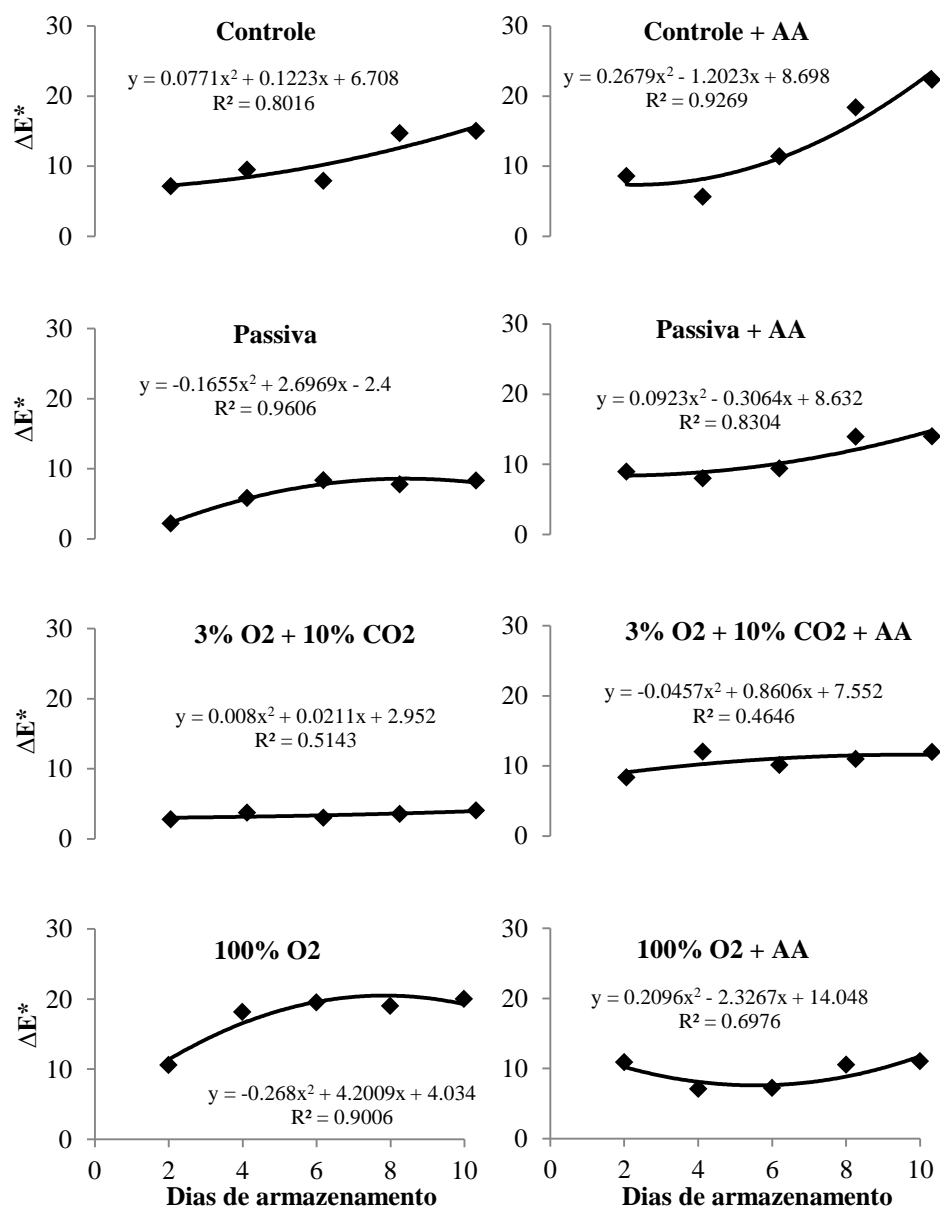


Gráfico 5 Variação total de cor (ΔE^*) do abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

4.3 Determinação de pH, sólidos solúveis totais (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT

No Gráfico 6 apresentam-se os valores da determinação de pH das amostras. Em todos os tratamentos, o valor de pH teve tendência de redução do valor, até o décimo dia de armazenamento.

Sarzi, Durigan e Rossi Junior (2002) encontraram teor de pH variando de 3,7 a 3,9, quando trabalharam com abacaxi 'Pérola' minimamente processado, durante 12 dias. Bartolomé, Fúster e Rúperez (1995) encontraram valores próximos aos citados (3,54), trabalhando com a cv. Smooth Cayenne, ao armazenarem os frutos a 8 °C. Ribeiro et al. (2011), avaliando abacaxi 'Pérola' *in natura*, também encontraram teor de pH próximo ao deste estudo. Matsuura e Rolim (2002), avaliando suco integral pasteurizado de abacaxi, encontraram pH médio de 3,84.

Segundo Braverman (1967), o pH dos tecidos vegetais exerce papel importante nos fenômenos de escurecimento e os decréscimos no pH natural diminuem a velocidade de escurecimento.

Assim como a umidade e a atividade de água, o pH é um fator de fundamental importância na limitação dos tipos de microrganismos capazes de se desenvolverem nos alimentos. De acordo com Gava e Silva (2008), o pH representa o inverso da concentração de íons hidrogênio (H⁺) de um alimento e, quanto maior essa concentração, menor é o valor do pH. A maior parte dos alimentos tem pH na faixa de 5,0 a 6,5. O abacaxi é um produto classificado como muito ácido e, por isso, há grande restrição ao crescimento de microrganismos, sendo mais comum a presença de bactérias acéticas, fungos filamentosos e leveduras.

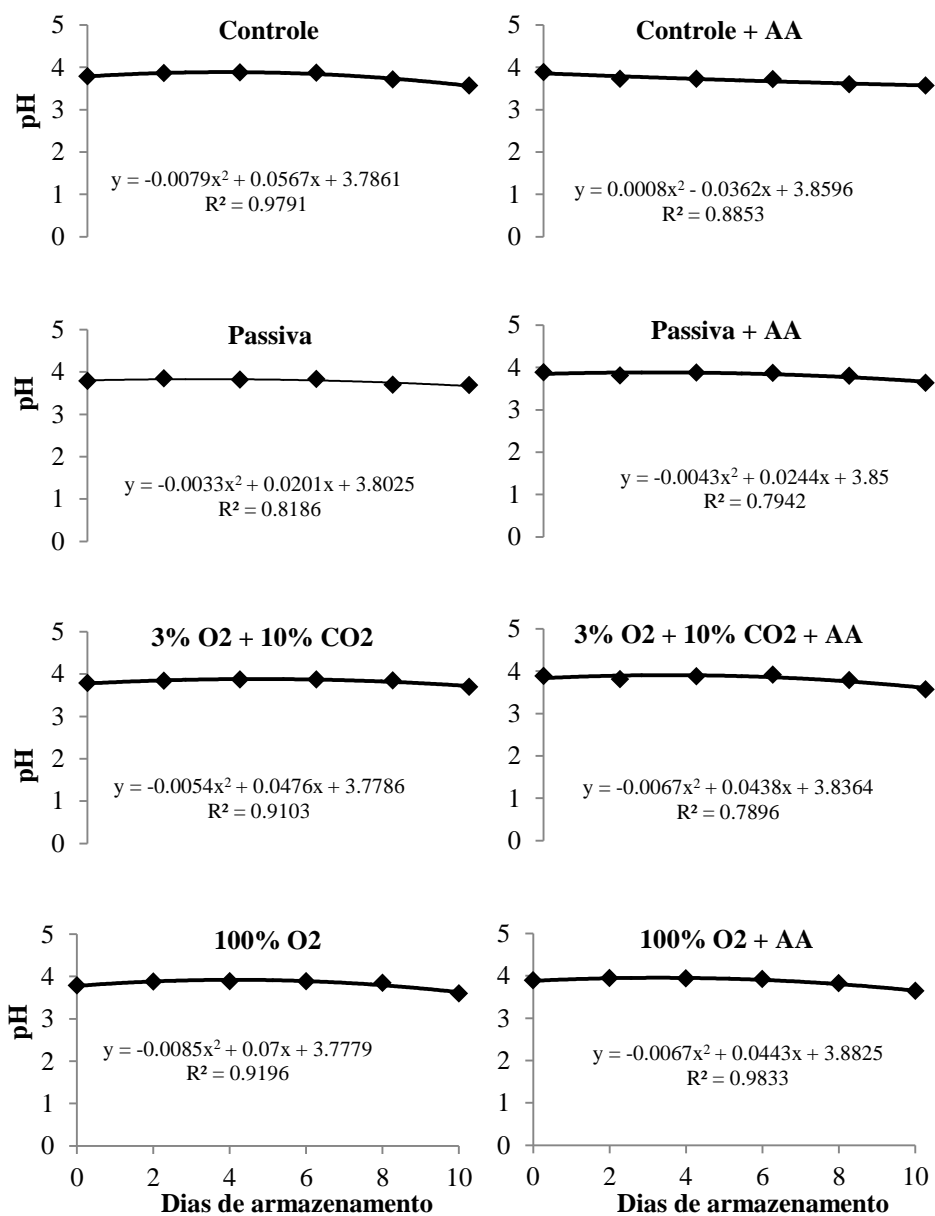


Gráfico 6 pH do abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

Noss Gráficos 7, 8 e 9 apresentam-se os valores de sólidos solúveis totais, acidez titulável e relação SS/AT, respectivamente.

Todos os tratamentos apresentaram tendência de concentração de SS com o decorrer do armazenamento, média de 13,67 °Brix no dia 0 e 16,42 °Brix no dia 10.

Silva et al. (2003), ao trabalharem com abacaxi 'Pérola' minimamente processado, obtiveram, em média, 13,5 °Brix. Em trabalho realizado por Santos et al. (2005), abacaxis armazenados sob atmosfera modificada 5% O₂ + 5% CO₂ apresentaram teor médio de SS superior ao dos frutos controle, embora semelhante ao de abacaxis sob 2% O₂ + 10% CO₂. Estes autores sugeriram um benéfico efeito da atmosfera modificada ativa de baixo oxigênio sobre a manutenção da doçura original do produto. Prado et al. (2003), ao armazenarem abacaxis minimamente processados a 5 °C, observaram ligeira diminuição nos valores dos sólidos solúveis totais com o tempo de armazenamento.

A composição química das frutas é variável de acordo com a época do ano; embora sua produção ocorra, geralmente, no verão, a colheita é uniformizada ao longo do ano, por meio de indução química de seu florescimento. No verão, as frutas têm menor acidez e maior teor de açúcares. Por outro lado, as frutas temporãs (frutas produzidas fora da época) apresentam alta acidez e baixo teor de açúcares, em razão do fato de a produção ocorrer nos meses em que a temperatura ambiente é baixa (GIACOMELLI, 1974).

A acidez titulável não foi influenciada pelo uso de tratamento com AA (Gráfico 08), mas o tempo de armazenamento ocasionou modificação no seu teor. No décimo dia de armazenamento, os produtos armazenados em embalagens com atmosfera controle ou de alto oxigênio apresentaram valores mais elevados de acidez (3,95% a 4,95%).

Antoniolli, Benedetti e Souza Filho (2003) verificaram pequena variação na acidez titulável do abacaxi minimamente processado, armazenado a 4 °C, em

função do tempo, obtendo valores oscilando entre 0,64% e 0,74% de ácido cítrico.

Essa variação observada pode ser justificada pelo grau de maturação dos frutos no momento do processamento. Chitarra e Chitarra (2005) citam que as frutas perdem rapidamente a acidez durante o processo de amadurecimento, porém, em alguns casos, ocorre um pequeno aumento, com o avanço da maturação.

A acidez nas frutas e hortaliças está relacionada com a presença de ácidos orgânicos. Os ácidos orgânicos contribuem para a acidez e o aroma característico, devido à volatilidade de alguns componentes. A acidez é calculada com base no principal ácido presente no alimento. No abacaxi, os principais ácidos são o cítrico e o málico, os quais contribuem, respectivamente, com 80% e 20% da acidez total (CHITARRA; CHITARRA, 2006; GONÇALVES; CARVALHO, 2000).

O valor de relação SS/AT é apresentado no Gráfico 9, sendo possível observar um aumento na relação SS/AT, ocasionado pela diminuição da acidez e o aumento da concentração de SS.

A relação entre os teores de SS e AT, conhecida como índice de maturação, é um importante parâmetro qualitativo, pois indica o sabor do produto, uma vez que é o resultado do balanceamento entre estes constituintes ácidos e doces da fruta. Para o mercado interno de frutas, uma relação SS/AT elevada é desejável (THÉ et al., 2001).

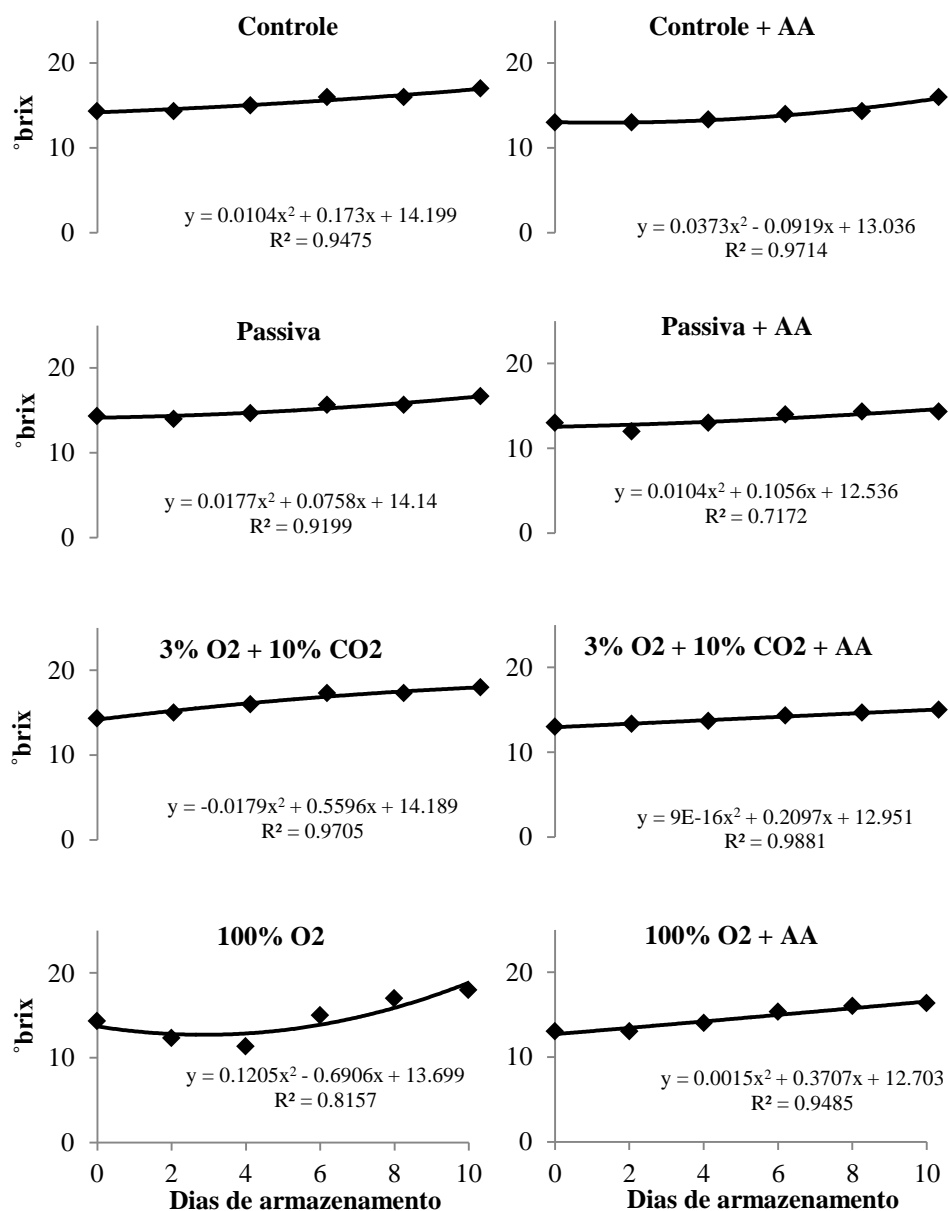


Gráfico 7 Sólidos solúveis (°brix) do abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

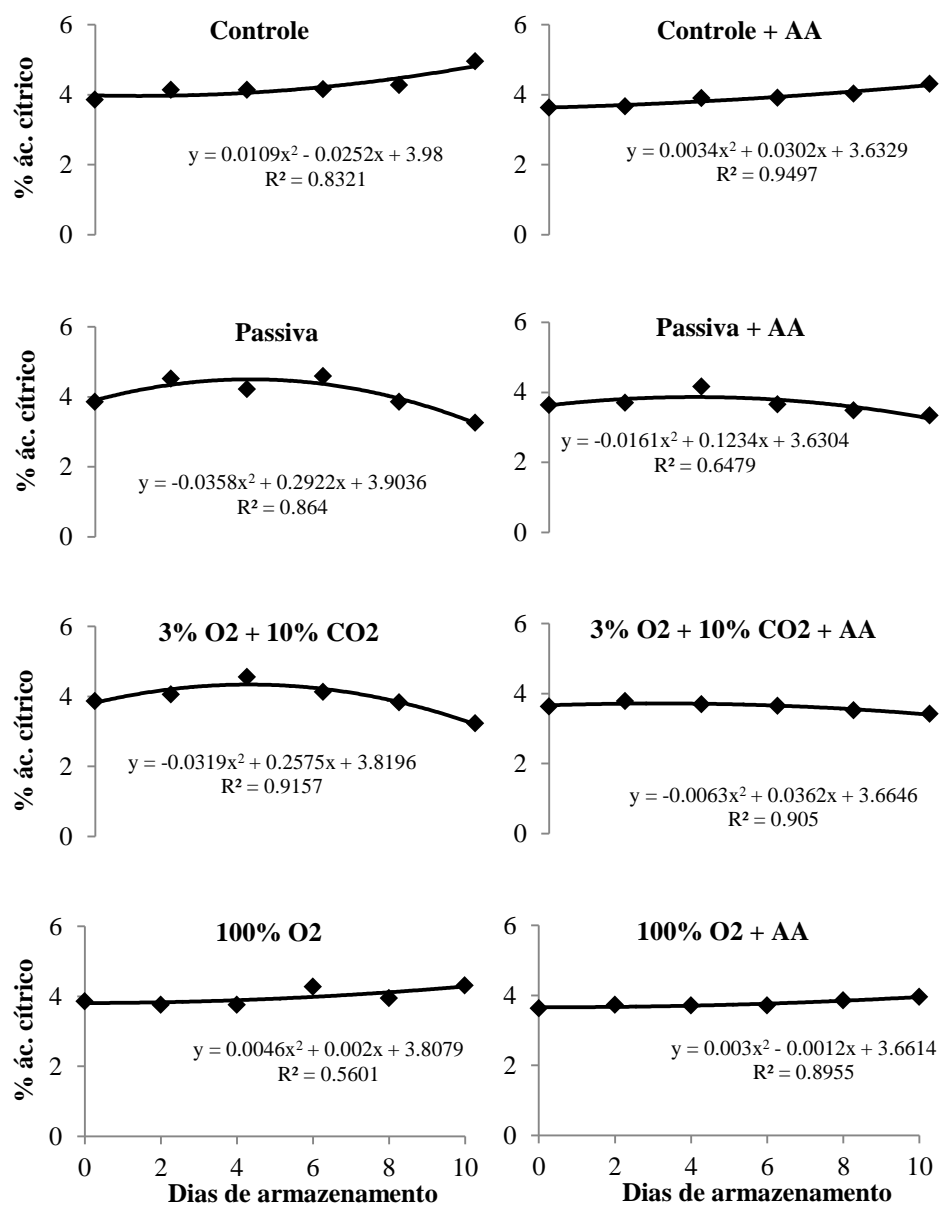


Gráfico 8 Acidez titulável (% em ácido cítrico) do abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

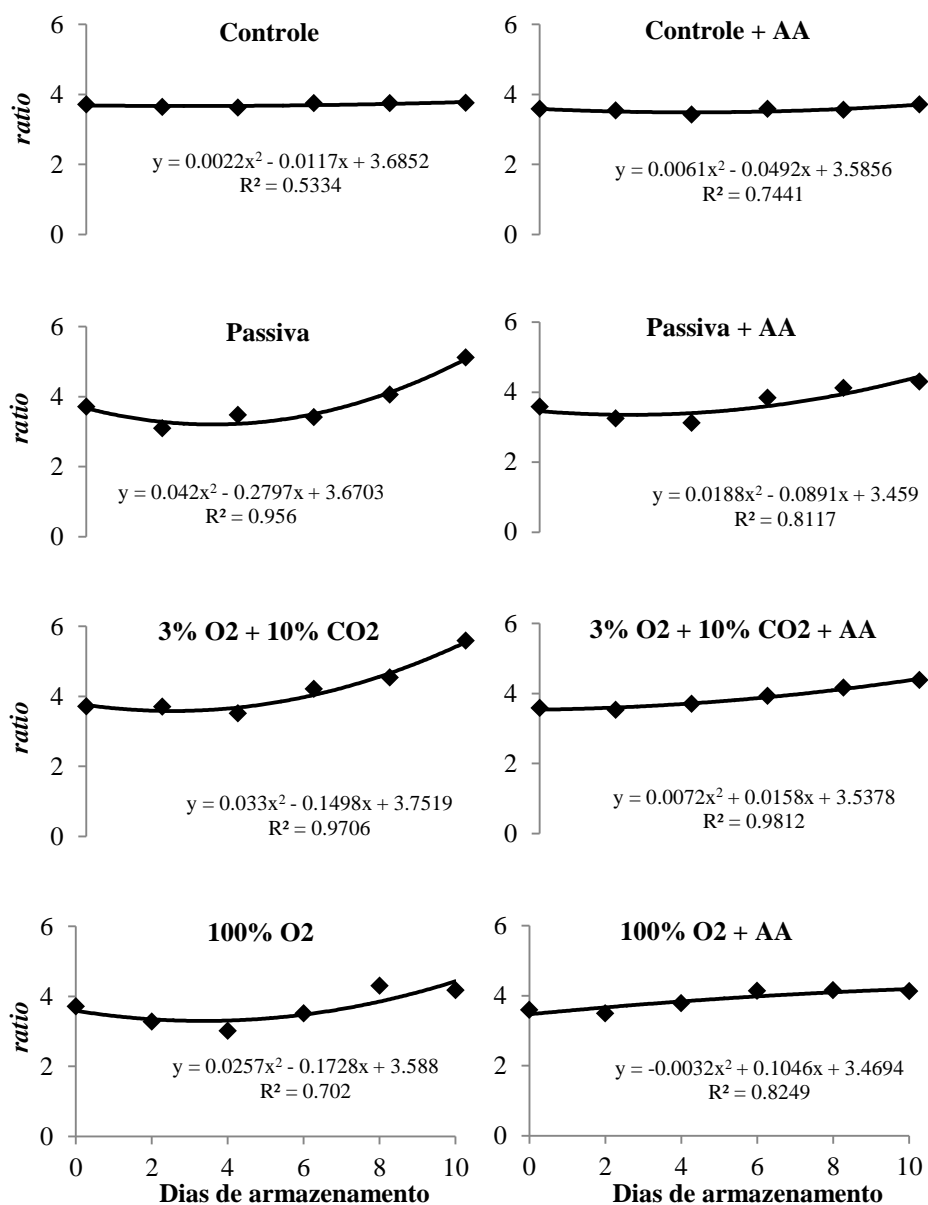


Gráfico 9 Relação SS/AT (*ratio*) do abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

4.4 Vitamina C

No Gráfico 10 observa-se o teor de vitamina C do abacaxi minimamente processado. O uso de tratamento com AA ocasionou um aumento inicial de 148,82% no teor de vitamina C do produto. Os abacaxis sem tratamento de AA apresentaram diminuição constante no teor, até o décimo dia de armazenamento. Já aqueles tratados com AA obtiveram um aumento do teor até o quarto dia de armazenamento, proveniente da penetração da solução de tratamento no tecido do vegetal, porém, o abacaxi tratado com AA armazenado em alto oxigênio apresentou constante diminuição do teor de vitamina C, proveniente do consumo de tal composto nas vias antioxidantes.

O ácido ascórbico é altamente sensível a condições adversas de temperatura, luz, oxigênio e pH, se oxidando rapidamente a produtos sem a atividade biológica de vitamina C, sendo considerado um bom indicador da qualidade de frutas e hortaliças. A atividade antioxidante do ácido ascórbico deve-se à sua facilidade em perder elétrons, o que o torna muito efetivo em sistemas biológicos, protegendo compostos presentes na porção hidrossolúvel das células (KLEIN; KURILICH, 2000).

A oxidação é o mecanismo responsável pela maior parte das perdas de ácido ascórbico nos alimentos (GLIGUEM; BIRLOUEZ-ARAGON, 2005; LIAO; SEIB, 1987). Reinhardt et al. (2004) relataram que a concentração de vitamina C existente na polpa do abacaxi 'Pérola' maduro está entre 13 e 20 mg de ácido ascórbico/100g. Figueirêdo, Queiroz e Noronha (2005) constataram redução nos teores de ácido ascórbico ao longo do tempo de armazenamento, com as reduções entre os tempos zero e dez variando em 40%, a 5 °C.

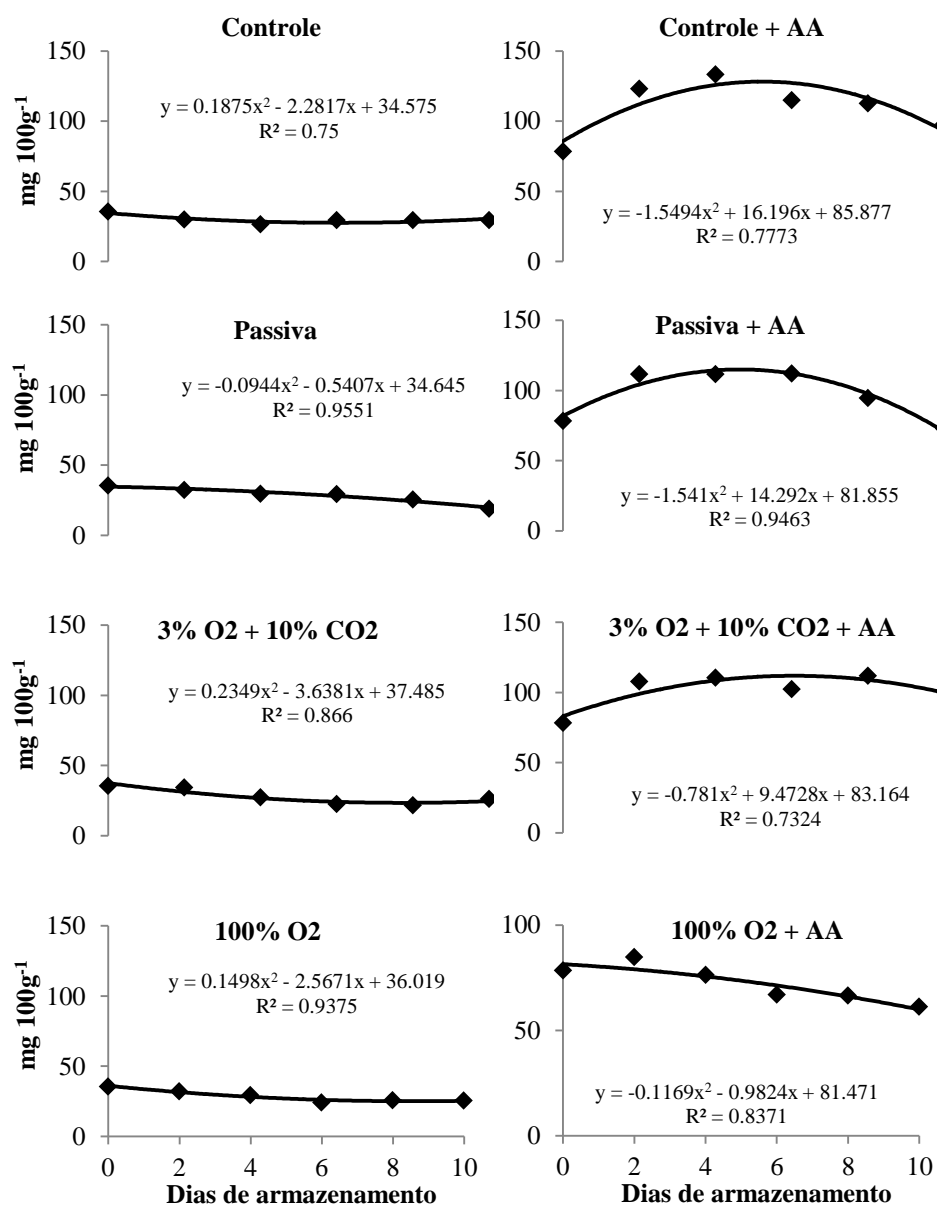


Gráfico 10 Teores de vitamina C (mg.100g⁻¹) do abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

4.5 Fenólicos totais

Os compostos fenólicos ou polifenóis constituem um grupo heterogêneo de substâncias encontradas nos alimentos vegetais em variadas concentrações, que despertam interesse, sobretudo pelo potencial antioxidante que apresentam (SCALBERT; WILLIAMSON, 2000). Nesse contexto, pode-se dizer, o abacaxi minimamente processado se apresenta como uma boa fonte desses compostos, como apresentado no Gráfico 11.

As amostras tratadas com AA apresentaram um teor 65% maior que o das amostras controle. Isso se deve à interferência do ácido ascórbico no método de análise espectrofotométrico. Este método, independente do tipo de reagente utilizado, Folin-Denis ou Folin-Ciocalteu, detecta todos os grupos fenólicos presentes no extrato, incluindo substâncias como ácido ascórbico (ANGELO; JORGE, 2007).

Melo et al. (2008) quantificaram os fenólicos totais em abacaxi íntegro no valor de 75,25 em equivalente de catequina ($\mu\text{g/mL}$) com extrato acetônico. Valor menor que o de outras frutas tropicais, como caju ($629,85 \text{ mg mL}^{-1}$), goiaba ($331,17 \text{ mg mL}^{-1}$) e acerola ($1595,5 \text{ mg mL}^{-1}$).

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução. Além disso, se formam em condições de estresse, como infecções, ferimentos e radiações UV, dentre outros (NACZK; SHAHIDI, 2004).

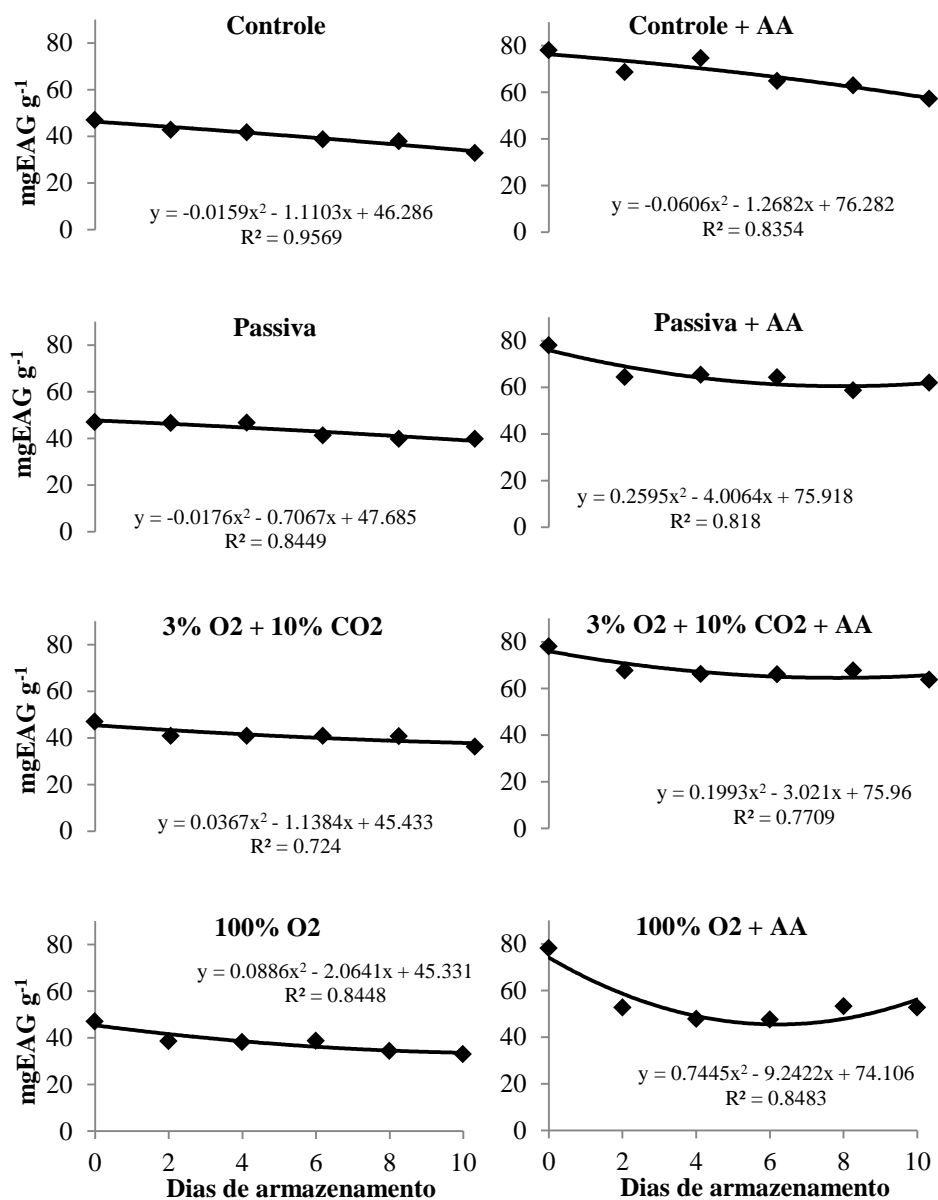


Gráfico 11 Fenólicos totais (mg EAG.g⁻¹) do abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

4.6 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante, em % de sequestro de radical livre (%SRL) para as amostras, está representada no Gráfico 12. As amostras tratadas com AA apresentaram um teor inicial de quase três vezes o valor do controle. Nas atmosferas sem uso de AA, houve queda média de 22%, enquanto nas atmosferas com uso de AA a redução foi, em média, de 46%. A atmosfera de alto oxigênio foi a que mais perdeu capacidade antioxidante.

Trabalhando com abacaxis íntegros, Melo et al. (2008) quantificaram a atividade antioxidante em 20 %SRL com uso de extrato acetônico, valor menor que o de outras frutas tropicais, como caju (90), goiaba (80) e acerola (95). Os mesmos autores classificaram frutas com menos de 50 %SRL em fraca capacidade de sequestro.

Este mecanismo de ação dos antioxidantes, presentes em extratos de plantas, tem papel importante na redução da oxidação lipídica em tecidos, vegetal e animal, pois, quando incorporado na alimentação humana, não conserva apenas a qualidade do alimento, mas também reduz o risco de desenvolvimento de patologias, como arteriosclerose e câncer (NAMIKI, 1990; RAMARATHNAM et al., 1995).

Alguns autores têm demonstrado, de forma conclusiva, que existe forte relação positiva entre o teor de fenólicos totais e a capacidade antioxidante de frutas e hortaliças (ABDILLE et al., 2005; KAUR; KAPOOR, 2002), enquanto outros autores não têm evidenciado esta correlação (ISMAIL; MARJAN; FOONG, 2004; KAHKONEN et al., 1999). Além da presença nos extratos de outros fitoquímicos, a estrutura química do componente ativo tem influência sobre a eficácia do antioxidante natural, uma vez que a posição e o número de hidroxilas presentes na molécula dos polifenóis são fatores relevantes para essa atividade (ANGELO; JORGE, 2007).

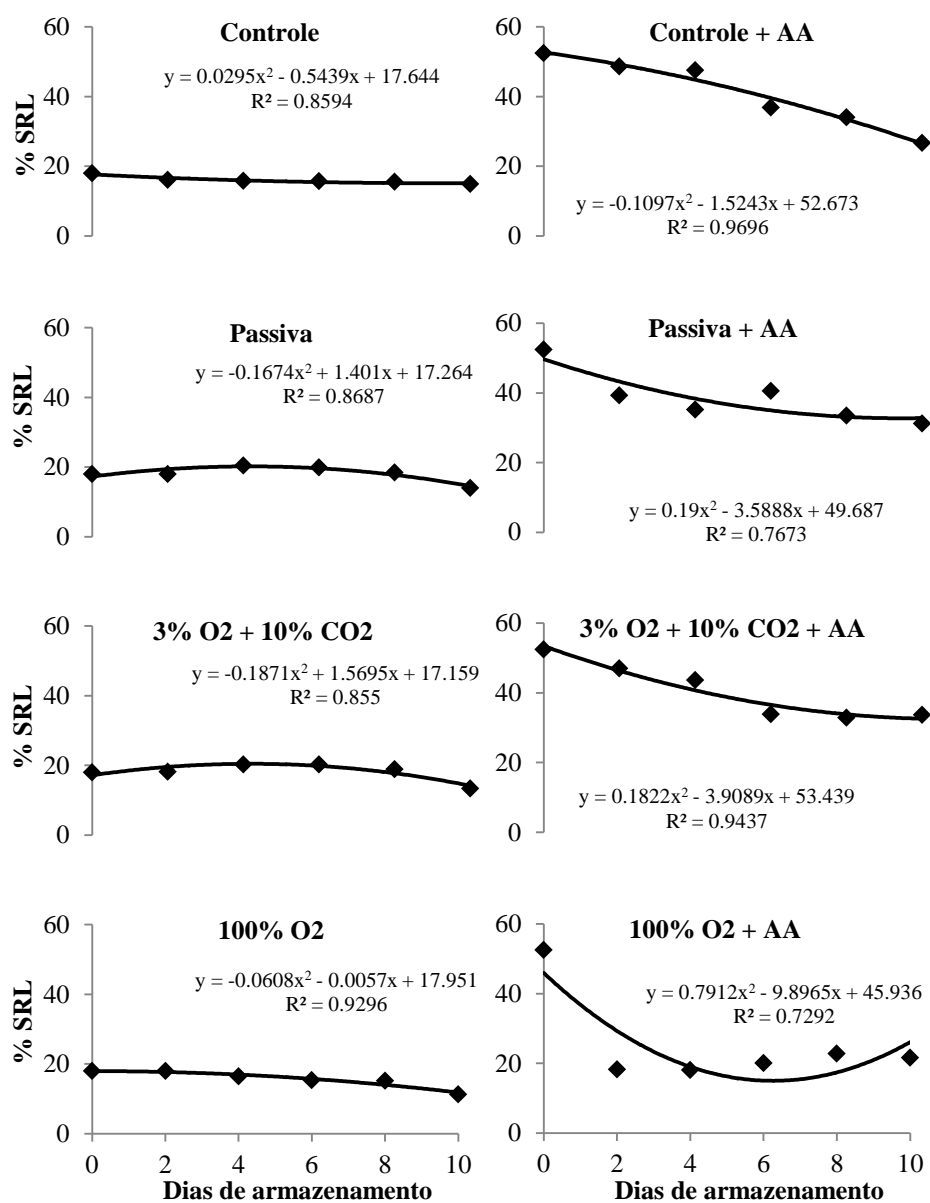


Gráfico 12 Atividade antioxidante (%SRL) do abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

4.7 Atividade enzimática antioxidante

Nos Gráficos 13 e 14 apresenta-se a atividade das enzimas ascorbato peroxidase e catalase, respectivamente.

A atividade da catalase (CAT), em geral, foi inferior à de ascorbato peroxidase (APX), o que é justificado pela sua menor afinidade pelo H_2O_2 (DEUNER et al., 2011), tendo, assim, a APX sido mais eficaz na sua remoção.

Com o aumento da taxa de oxigênio na embalagem (controle, passiva e alto oxigênio), a formação de espécies reativas de oxigênio (ERO) é intensificada e sua eliminação deve ocorrer de forma constante, para evitar o estresse oxidativo. Dessa forma, a ação sincronizada das enzimas responsáveis pela remoção das EROs confere maior tolerância ao vegetal sob condições de estresse. O H_2O_2 , gerado pela atividade da superóxido dismutase, também é tóxico à célula, podendo, facilmente, permear através das membranas, devendo ser detoxificado (MELONI et al., 2003).

Zhou et al. (2003), trabalhando com abacaxis íntegros, determinaram valores semelhantes de atividade APX e CAT, tendo observado que a atividade das enzimas era influenciada pelo aumento de temperatura de armazenamento.

Usando tratamento de ácido salicílico para inibição de escurecimento interno, Lu et al. (2010) observaram que os frutos tratados apresentaram maior atividade de enzimas antioxidantes, menor taxa de escurecimento e maior qualidade, durante armazenamento refrigerado.

Este processo é feito pela APX e/ou CAT, as quais pertencem a duas diferentes classes de enzimas de limpeza, devido às suas diferenças na afinidade pelo H_2O_2 , com a APX na ordem de μM e a CAT em mM. Assim, enquanto a CAT seria responsável pela modulação refinada das EROs para a sinalização, a APX seria responsável pela remoção do excesso de ERRO, gerado durante o estresse (MITTLER, 2002).

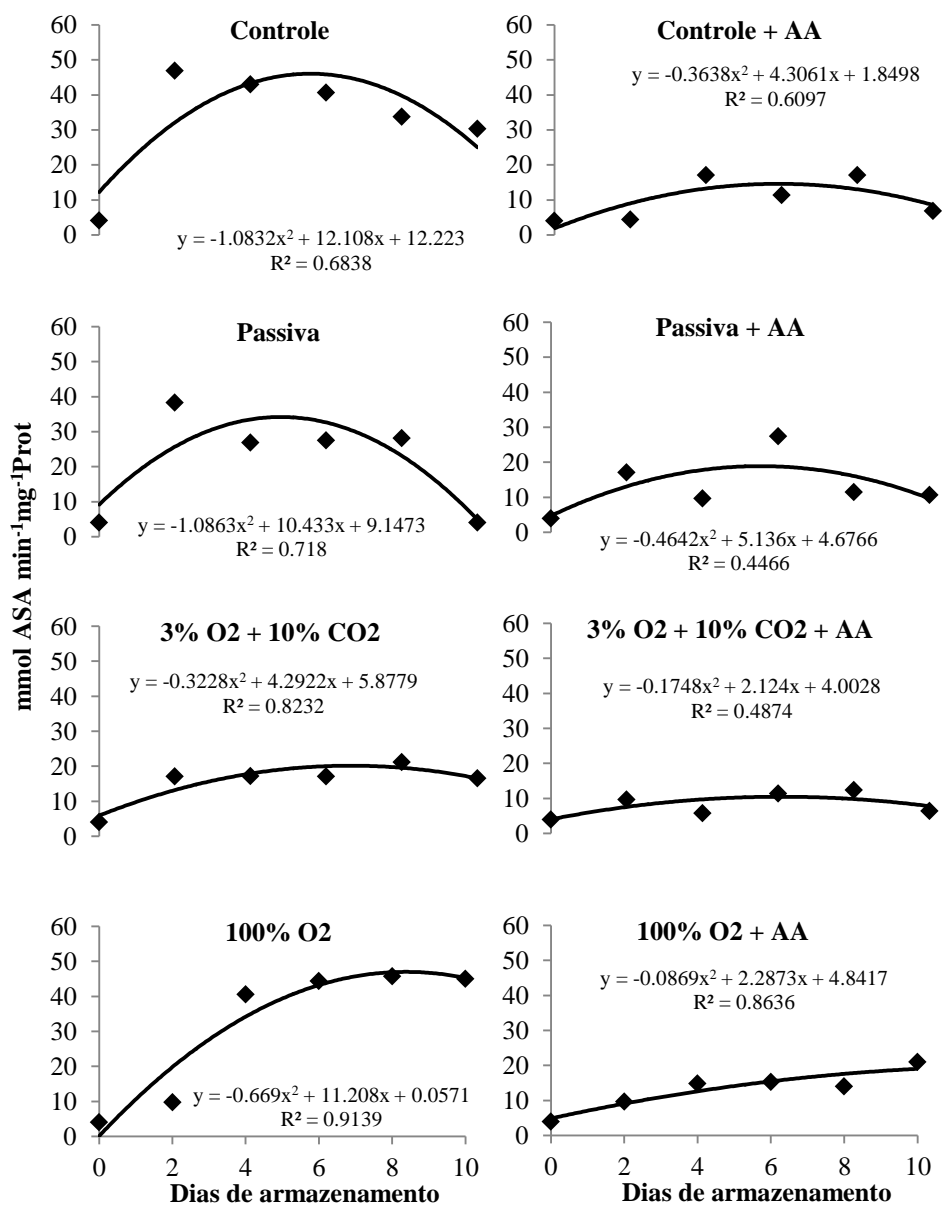


Gráfico 13 Atividade da APX (mmol ASA min⁻¹mg⁻¹Prot) em abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

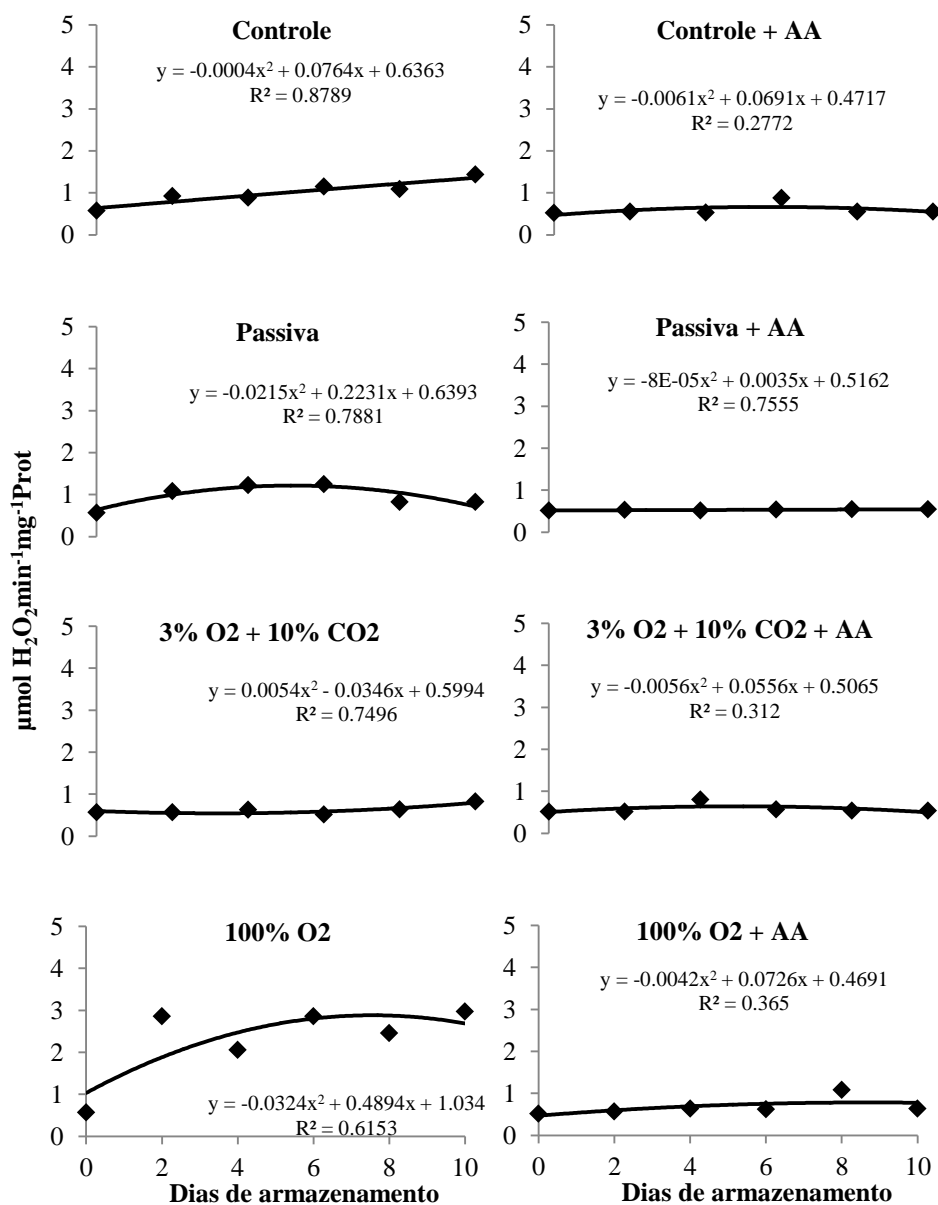


Gráfico 14 Atividade CAT ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1} \text{Prot}$) do abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

4.8 Análises microbiológicas

Os valores da contagem de bactérias psicrotróficas em Log UFC/g são apresentados no Gráfico 14. O uso de tratamento de AA influenciou o crescimento de bactérias psicrotróficas nas atmosferas controle e passiva, no quinto dia de armazenamento. Com 10 dias de armazenamento, as embalagens com atmosfera controle proporcionaram melhor condição para o desenvolvimento das bactérias psicrotróficas, enquanto o alto oxigênio apresentou a menor população.

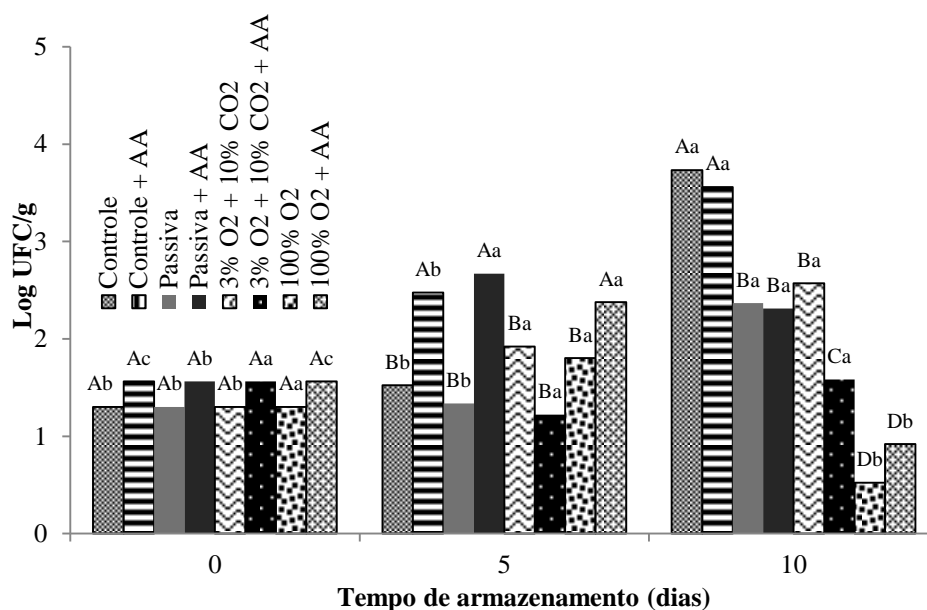


Gráfico 14 Bactérias psicrotróficas (Log UFC/g) em abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio

Vegetais mais ricos em açúcar estão sujeitos a uma deterioração por fermentação, em razão do crescimento de bactérias do ácido lático ou leveduras, enquanto outros produtos apresentam amolecimento do tecido em razão do

crescimento de bactérias gram-negativas pectinolíticas (JACXSENS; DEVLIEGHERE; DEBEVERE, 2002). Esses microrganismos podem, rapidamente, alcançar populações maiores do que 10^7 UFC/g, resultando no acúmulo de metabólitos como etanol, ácido lático e acetato de etila, entre outros (GUERZONI et al., 1996). A produção de tais compostos e a alta atividade no meio de alto oxigênio podem ter ocasionado um ambiente impróprio para a contínua proliferação de tais bactérias.

Os valores da contagem de fungos filamentosos e leveduras em Log UFC/g são apresentados no Gráfico 15.

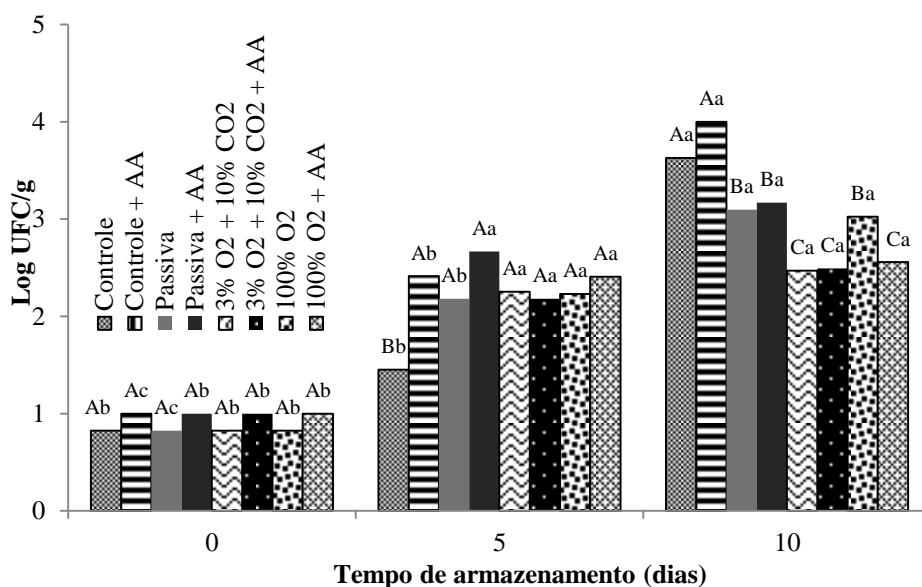


Gráfico 15 Fungos filamentosos e leveduras (Log UFC/g) em abacaxi minimamente processado, com ou sem tratamento com ácido ascórbico (AA) e armazenado em embalagens com atmosfera controle, passiva, de baixo ou alto teor de oxigênio, durante 10 dias

Os fungos apresentaram proliferação constante em todos os tratamentos e atmosferas, sendo mais elevada a carga nas embalagens de atmosfera controle, no décimo dia de armazenamento.

Os baixos valores de bactérias, fungos filamentosos e leveduras encontrados inicialmente refletem as boas condições de obtenção do produto em que foram observadas as boas práticas de fabricação.

As doenças que ocorrem na pós-colheita, geralmente, originam podridão nos frutos, cujos principais agentes causadores são os fungos (BENATO, 1999).

Embora não existam, na legislação brasileira vigente, padrões para bactérias psicotróficas totais e coliformes totais, no que diz respeito à quantidade de microrganismos presentes em um alimento, pode-se afirmar que quantidades elevadas ($>10^5$ UFC/g) são completamente indesejáveis, em razão do risco de o alimento estar estragado, da perda real ou do potencial das qualidades organolépticas, do comprometimento da aparência do alimento e da presença de microrganismos patogênicos e/ou deterioradores (CARUSO; CAMARGO, 1984).

O período de validade do produto minimamente processado é dependente de vários aspectos, entre eles, a atividade da microbiota contaminante e a condição morfológica e fisiológica do tecido vegetal (VANETTI, 2007).

5 CONCLUSÕES

O uso de atmosfera modificada reduziu o escurecimento do abacaxi minimamente processado.

O tratamento com AA aumentou os teores de vitamina C e compostos fenólicos e atividade antioxidante pelo método DPPH.

A atividade enzimática antioxidante é influenciada pelo tratamento com AA e uso de atmosfera modificada. A atividade é maior em alto oxigênio e menor quando o abacaxi é tratado com AA.

O alto oxigênio reduziu a proliferação de bactérias psicotróficas, com 10 dias de armazenamento.

O uso de atmosfera modificada e o tratamento com AA não influenciaram a perda de massa do abacaxi minimamente processado.

REFERÊNCIAS

ABADIAS, M. et al. Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. **International Journal Food Microbiology**, Amsterdam, v. 123, n. 1-2, p. 121-129, mar. 2008.

ABIDILLE, M. D. H. et al. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 90, n. 4, p. 891-896, mai 2005.

AGUADO, V.; VITAS, A. I.; GARCÍA-JALÓN, I. Characterization of *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua* from a vegetable processing plant by RAPD and REA. **International Journal Food Microbiology**, Amsterdam, v. 90, n. 3, p. 341-347, fev. 2004.

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf-life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 7, n. 6, p. 179-187, jun. 1996.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 232-240, 2007.

ANTONIOLLI, L. R.; BENEDETTI, B. C.; SOUZA FILHO, M. S. M. Efeito do cloreto de cálcio na qualidade de abacaxi 'Pérola' minimamente processado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1105-1110, set. 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 17th ed. Washington, 2000. 1410 p.

AZEVEDO, R. A. et al. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type and a catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, Malden, v. 104, n. 2, p. 280-292, out. 1998.

BARMORE, C. R. Packaging technology for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Malden, v. 10, n. 3, p. 207-217, ago. 1987.

BARTOLOMÉ, A. P.; FÚSTER, C.; RÚPEREZ, P. Pineapple fruit: morphological characteristics, chemical composition and sensory analysis of

Red Spanish and Smooth Cayenne cultivars. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 53, n. 1, p. 75-79, 1995.

BASTOS, M. S. R. **Frutas minimamente processadas: aspectos de qualidade e segurança**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2006. 59 p. (Documentos, 103).

BENATO, E. A. Controle de doenças pós-colheita em frutos tropicais. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 25, n. 1, p. 90-93, fev./mar. 1999.

BLEINROTH, E. W. Colheita e beneficiamento. In: GORGATTI NETTO, A. et al. (Ed.). **Abacaxi para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. p. 16-27. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 23).

BORGES, P. R. S. et al. Estudo da estabilidade físico-química de suco de abacaxi 'Pérola'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 742-750, jul./ago. 2011.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, Amsterdam, v. 72, n. 1/2, p. 248-254, mai. 1976.

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

BRAVERMAN, J. B. S. **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Omega, 1967. 355 p.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, fev. 1995.

BRUNO, L. M. et al. Avaliação microbiológica de hortaliças e frutas minimamente processadas comercializadas em Fortaleza, CE. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 75-84, 2005.

BURNS, J. K. Lightly processed fruits and vegetables: introduction to the colloquium. **Hortscience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 14, fev. 1995.

CANTWELL, M. Dynamic fresh-cut sector of the horticultural industry. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 156-182.

_____. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California, 1992. p. 277-281.

CARUSO, J. G. B.; CAMARGO, R. Microbiologia de alimentos. In: CAMARGO, R. (Ed.). **Tecnologia dos produtos agropecuários-alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. p. 35-49.

CARVALHO, G. S. **Caracterização agrônômica e nutricional de cultivares de milho sob condições de cultivo para a produção de minimilho**. 2002. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

CARVALHO, A. V. **Avaliação da qualidade de kiwis cv 'Hayward' minimamente processados**. 2000. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

CHAVES, K. F. et al. Características físico-químicas e aceitação sensorial de abacaxi 'Pérola' minimamente processado adicionado com antioxidantes. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 5, n. 1, p. 35-39, mar. 2011.

CHITARRA, A. B.; ALVES, R. E. **Tecnologia de pós-colheita para frutas tropicais**. Fortaleza: FRUTAL; SINDIFRUTA, 2001. 27 p.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 113 p.

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

_____. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: glossário**. Lavras: UFLA, 2006. 256 p.

CUNHA, G. A. P. et al. **Abacaxi para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 41 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 11).

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DAY, B. P. F. High oxygen MAP for fresh prepared produce. **Postharvest News and Information**, Wallingford, v. 7, n. 3, p. 31-34, mar. 1996.

_____. Novel MA: a brand new approach. **Food Manufacture**, Crawley, v. 73, n. 11, p. 22-24, nov. 1998.

DEUNER, C. et al. Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 711-720, 2011.

FARBER, J. M. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology: a review. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 54, n. 1, p. 58-70, 1991.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FERREIRA, V. L. P. Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos. **Instruções Técnicas ITAL**, Campinas, n. 15, p. 1-35, 1981.

FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; NORONHA, M. A. S. Armazenamento de abacaxi minimamente processado tratado com ácido ascórbico. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 7, n. 1, p. 67-75, 2005.

FRANCIS, F. J. Quality as influenced by color. **Food Quality and Preference**, Amsterdam, v. 6, n. 3, p. 149-155, 1995.

FRANCIS, G. A.; THOMAS, C.; O'BEIRNE, D. The microbiological safety of minimally processed vegetables. **International Journal Food Science Technology**, Malden, v. 34, n. 1, p. 1-22, fev. 1999.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1989. 230 p.

GAVA, A. F.; SILVA, C. A. B. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008. 93 p.

GERALDINE, R. M. **Parâmetros tecnológicos para o processamento mínimo de alho (*Allium sativum* L.)**. 2000. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

GIACOMELLI, E. J. **Curso de especialização em fruticultura**. Recife: SUDENE/URPE, 1974. 97 p.

GLIGUEM, H.; BIRLOUEZ-ARAGON, I. Effects of sterilization, packaging, and storage on vitamin C degradation: protein denaturation, and glycation in fortified milks. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, n. 3, p. 891-899, mar. 2005.

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

GORGATTI NETO, A. et al. **Abacaxi para exportação: procedimentos para colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 41 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 23).

GRATÃO, P. L. et al. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 32, n. 6, p. 481-494, 2005.

GUERZONI, M. E. et al. Shelf-life modelling for fresh-cut vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, n. 2, p. 195-207, nov. 1996.

HAN, J. H. Antimicrobial food packaging. In: AHVENAINEN, R. (Ed.). **Novel food packaging techniques**. Boca Raton: CRC, 2003. p. 50-70.

HARDENBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C. Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florists and nursery stocks**. Washington: USDA, 1986. 136 p. (Agriculture Handbook, 66).

HONG, S.; KIM, D. Influence of oxygen concentration and temperature on respiratory characteristics of fresh-cut green onion. **International Journal of Food Science & Technology**, Malden, v. 36, n. 3, p. 283-289, mar. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados de safra de abacaxi no Brasil**. Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp>>. Acesso em: 28 ago. 2012.

ISMAIL, A.; MARJAN, Z. M.; FOONG, C. W. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 87, n. 4, p. 581-586, out. 2004.

JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Temperature dependence of shelflife as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere package fresh produce. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 26, n. 1, p. 59-73, ago. 2002.

JACXSENS, L. et al. Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on microbial growth and sensorial qualities of fresh-cut produce. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 71, n. 2/3, p. 197-210, dez. 2001.

JIMÉNEZ, A. et al. Evidence for the presence of the ascorbate-glutathione cycle in mitochondria and peroxisomes of pea leaves. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 114, n. 1, p. 275-284, mai. 1997.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: _____. **Postharvest technology or horticultural crops**. 3rd ed. Davis: University of California, 2002. p. 435-461.

_____. Potential applications of ionizing radiation in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 6, p. 117-121, jun. 1986.

KADER, A. A.; BEN-YEHOSHUA, S. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 1-13, ago. 2000.

KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E. L. Modified atmospheres packaging of fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, London, v. 28, n. 1, p. 1-30, jan. 1989.

KAHKONEN, M. P. et al. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 47, n. 10, p. 3954-3962, out. 1999.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. **International Journal of Food Science & Technology**, Malden, v. 37, n. 2, p. 153-161, fev. 2002.

KING, A. D.; BOLIN, H. R. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. In: OVERVIEW OUTSTANDING SYMPOSIA IN FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY, 1., 1988, New Orleans. **Anais...** Chicago: Institute of Food Technologists, 1989. p. 132-135.

KLEIN, B. P.; KURILICH, A. C. Processing effects on dietary antioxidants from plant foods: the role of oxidative stress and antioxidants in plant and human health. **HortScience**, Alexandria, v. 35, n. 4, p. 580-584, jul. 2000.

LACOSTE, A. et al. Advancing controlled release packaging through smart blending. **Packaging Technology and Science**, West Sussex, v. 18, n. 2, p. 77-87, mar./Abr. 2005.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, abr. 1997.

LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. **Postharvest News and Information**, Wallingford, v. 9, n. 4, p. 53-66, abr. 1998.

LIAO, M.; SEIB, P. A. Selected reactions of L-ascorbic acid related to foods. **Food Technology**, Chicago, v. 41, n. 11, p. 104-107, nov. 1987.

LIMA, L. C. et al. Effect of ascorbic acid on "orange flesh" fresh cut melon. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 2, p. 291-299, 2011.

LU, X. H. et al. Effects of post-harvest salicylic acid treatment on fruit quality and anti-oxidant metabolism in pineapple during cold storage. **The Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Corbeekhoeve, v. 85, n. 5, p. 454-458, set. 2010.

MAGUIRE, K. M.; BANKS, N. H.; OPARA, L. U. Factors affecting weight loss of apples. In: JANICK, J. (Ed.). **Horticultural reviews**. Malden: Wiley, 2001. p. 197-234.

- MANICA, I. **Fruticultura tropical 5: abacaxi**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1999. 501 p.
- MARTINEZ, M. V.; WHITAKER, J. R. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 6, n. 6, p. 195-200, jun. 1995.
- MATSUURA, F. C. A. U.; ROLIM, R. R. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 138-141, abr. 2002.
- MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 12, p. 1254-1555, dez. 1992.
- MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 193-201, abr./jun. 2008.
- MELONI, D. A. et al. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 49, n. 1, p. 69-76, fev. 2003.
- MITTLER, R. Oxidative Stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends Plant Science**, Maryland Heights, v. 7, n. 9, p. 405-410, set. 2002.
- MOREIRA, A. V. B.; MANCINI-FILHO, J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 411-24, out./dez. 2004.
- MORETTI, C. L. (Org.). **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças; SEBRAE, 2007. 525 p.
- _____. Processamento mínimo. **Cultivar**, Pelotas, v. 1, n. 5, p. 32-33, 2001.
- NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1054, n. 1-2, p. 95-111, out. 2004.
- NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**, Oxford, v. 22, n. 5, p. 867-880, ago. 1981.

NAMIKI, M. Antioxidants/antimutagens in foods. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, London, v. 29, n. 4, p. 273-291, abr. 1990.

NUNES, M. C. N.; EMOND, J. P.; BRECHT, J. K. Temperature abuse during ground and in-flight handling operations affects quality of snap beans. **HortScience**, Alexandria, v. 36, n. 3, p. 510, jun. 2001.

OLIVEIRA, A. M. C. **Estudo das características físico-químicas e microbiológicas de abacaxi (*Ananas comosus*), goiaba (*Psidium guajava* L.) e maracujá (*P. edulis* L.) minimamente processados**. 2005. 88 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

OMS-OLIU, G. et al. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 57, n. 3, p. 139-148, set. 2010.

OMS-OLIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTIN-BELLOSO, O. Using polysaccharidebased edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. **Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 41, n. 10, p. 1862-1870, dez. 2008.

PICO, D.; PÓLIT, P. Efecto del uso de recubrimientos y fundas plásticas sobre a calidad de piña durante um armazenamento que simula um proceso de exportação. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 2, n. 2, p. 130-138, 2000.

PIROVANI, M. E. et al. Quality of minimally processed lettuce as in influenced by packaging and chemical treatment. **Journal of Food Quality**, Malden, v. 21, n. 6, p. 475-484, dez. 1998.

PRADO, M. E. T. et al. Armazenamento de abacaxi 'Smooth cayenne' minimamente processado sob refrigeração e atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 67-70, abr. 2003.

RAMARATHNAM, N. et al. The contribution of plant food antioxidants to human health. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 6, n. 3, p. 75-82, mar. 1995.

REINHARDT, D. H. A planta e o seu ciclo. In: REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S. (Org.). **Abacaxi: produção: aspectos técnicos**. Cruz das almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura; EMBRAPA

Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 13-14. (Frutas do Brasil, 7).

REINHARDT, D. H. et al. Gradientes de qualidade em abacaxi 'Pérola' em função do tamanho e do estágio de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 544-546, dez. 2004.

RIBEIRO, W. S. et al. Controle do fungo penducular do abacaxi 'Pérola'. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 1-6, 2011.

RINALDI, M. M. et al. **Processamento mínimo**: uma alternativa para os produtores de mandioca de mesa do Cerrado. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2010. 48 p. (Documentos, 277).

ROBERTSON, G. L. **Food packaging**: principles and practice. Boca Raton: CRC, 2006. 550 p.

ROSA, O. O.; CARVALHO, E. P. Características microbiológicas de frutos e hortaliças minimamente processados. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 34, n. 2, p. 84-92, 2000.

ROSEN, J.; KADER, A. A. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. **Journal of Food Science**, Malden, v. 54, n. 3, p. 656-659, mai. 1989.

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: EMBRAPA, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 127).

SALTVEIT, M. E. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ROBINS, R. J. (Ed.). **Phytochemistry of fruit and vegetables**. New York: Oxford University, 1997. p. 205-220.

_____. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 21, n. 1, p. 61-69, dez. 2000.

SANTOS, J. C. B. et al. Avaliação da qualidade do abacaxi "Pérola" minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 353-361, mar./abr. 2005.

SAPERS, G. M. Browning of foods: control by sulfites, antioxidants and other means. **Food Technology**, Chicago, v. 47, n. 10, p. 75-84, out. 1993.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. Embalagens para vegetais minimamente processados: fresh cut. **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens**, Campinas, v. 9, n. 5, p. 1-4, set./out. 1997.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; MORAES, B. B. Embalagens ativas e inteligentes para frutas e hortaliças. **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 1-7, jan./mar. 2009.

SARZI, B. **Conservação de abacaxi e mamão minimamente processados:** associação entre preparo, a embalagem e a temperatura de armazenamento. 2002. 100 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JUNIOR, O. D. Temperatura e tipo de preparo na conservação de produto minimamente processado de abacaxi 'Pérola'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 376-380, ago. 2002.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 130, n. 8, p. 2073-2085, ago. 2000.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 38, n. 7, p. 995-1014, jul. 2005.

SHARMA, P.; DUBEY, R. S. Ascorbato peroxidase from rice seedlings: properties of enzyme isoforms, effects of stresses and protective roles of osmolytes. **Plant Science**, Amsterdam, v. 167, n. 3, p. 541-550, set. 2004.

SHEWFELT, R. L. Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 70-78, mai 1987.

SIGRIST, J. M. M. **Estudos fisiológicos e tecnológicos de couve flor e rúcula minimamente processadas.** 2002. 112 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2002.

_____. **Tecnologia de pós-colheita de frutos tropicais**. Campinas: ITAL, 1988. 27 p.

SILVA, G. C. et al. Efeito de diferentes concentrações de cloreto de cálcio na qualidade do abacaxi 'Pérola' minimamente processado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 216-219, ago. 2003.

SILVA, J. M. et al. Uso do antioxidante 4-hexylresorcinol em abacaxi minimamente processado. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 8, n. 2, p. 101-107, 2007.

SILVA, M. V.; ROSA, C. I. L. F.; VILAS BOAS, E. V. B. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, n. 27, p. 83-96, 2009.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4. ed. São Paulo: Varela, 2010. 624 p.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p.

SMITH, M. A. Minimitizing microbial hazards for fresh produce. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 2, p. 140-144, fev. 1998.

SOLIVA-FORTUNY, R. C.; MARTIN-BELLOSO, O. New advances in extending the shelflife of fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 14, n. 9, p. 341-353, set. 2003.

SOUTO, R. F. et al. Conservação pós-colheita de abacaxi 'Pérola' colhido no estágio de maturação "pintado" associando-se refrigeração e atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 24-28, abr. 2004.

SOUZA, B. S.; DURIGAN, J. F. Processamento mínimo de abacaxi. In: MORETTI, C. L. (Ed.). **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças; SEBRAE, 2007. p. 195-202.

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

TATSUMI, Y.; WATADA, A. E.; WERGIN, W. P. Scanning electron microscopy of carrot stick surface to determine cause of white translucent

appearance. **Journal of Food Science**, Malden, v. 56, n. 5, p. 1357-1362, set. 1991.

TEIXEIRA, F. K. et al. Analysis of the molecular evolutionary history of the ascorbate peroxidase gene family: inferences from the rice genome. **Journal of Molecular Evolution**, New York, v. 59, n. 6, p. 761-770, dez. 2004.

_____. Rice ascorbate peroxidase gene family encodes functionally diverse isoforms localized in different subcellular compartments. **Planta**, New York, v. 224, n. 2, p. 300-314, jul. 2006.

THÉ, P. M. P. et al. Efeito da temperatura de armazenamento e do estágio de maturação sobre a composição química do abacaxi cv. "Smooth Cayenne". **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 356-363, mar./abr. 2001.

USBERI FILHO, J. A. et al. **Abacaxi gomo-de-mel**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 5 p. Disponível em: <<http://200.136.175.13/homeiac/produtos/abacaxi.htm>>. Acesso em: 19 nov. 1999.

VAILLANT, F. et al. Strategy for economical optimization of the clarification of pulpy fruit juices using crossflow microfiltration. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 48, n. 1, p. 83-90, abr. 2001.

VANETTI, M. C. D. Microbiologia. In: MORETTI, C. L. (Ed.). **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças; SEBRAE, 2007. p. 141-150.

WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially process fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 44, n. 5, p. 116-122, mai 1990.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: J. Wiley, 2002. p. II.1.1-II.1.8.

WELLER, A. et al. Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. **Journal of Food Science**, Malden, v. 62, n. 2, p. 256-260, mar. 1997.

WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. 368 p.

XIAO, C. et al. Combined action of pure oxygen pretreatment and chitosan coating incorporated with rosemary extracts on the quality of fresh-cut pears. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 121, n. 4, p. 1003-1009, ago. 2010.

ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 313-321, mar. 1999.

ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, Chicago, v. 42, n. 9, p. 70-77, set. 1988.

ZHOU, Y. et al. Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 80, n. 4, p. 565-572, abr. 2003.