



**QUALIDADE DO ABACAXI cv. SMOOTH
CAYENNE MINIMAMENTE PROCESSADO,
EMBALADO SOB ATMOSFERA MODIFICADA**

DEBORAH SANTESSO BONNAS

2002

54245
MFN046419

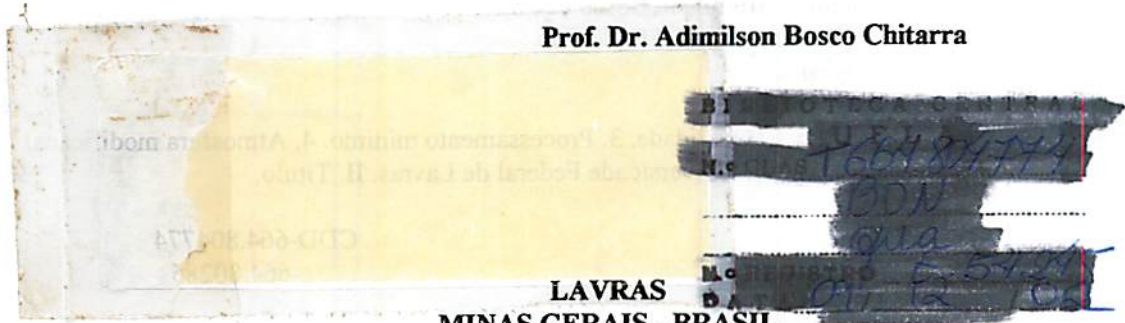
DEBORAH SANTESSO BONNAS

**QUALIDADE DO ABACAXI cv. SMOOTH CAYENNE MINIMAMENTE
PROCESSADO, EMBALADO SOB ATMOSFERA MODIFICADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação Strito Sensu em Ciências dos
Alimentos, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Prof. Dr. Adimilson Bosco Chitarra



**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2002**

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

Bonnas, Deborah Santesso

Qualidade do abacaxi cv. Smooth Cayenne minimamente processado,
embalado sob atmosfera modificada / Deborah Santesso Bonnas. – Lavras :
UFLA, 2002.

100 p. : il.

Orientador: Adimilson Bosco Chitarra.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

I. Abacaxi. 2. Qualidade. 3. Processamento mínimo. 4. Atmosfera modificada.
5. Embalagem. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-664.804774

-664.80285

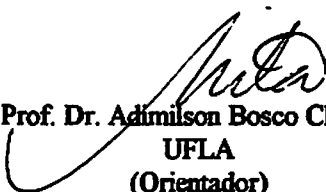
DEBORAH SANTESSO BONNAS

**QUALIDADE DO ABACAXI cv. SMOOTH CAYENNE MINIMAMENTE
PROCESSADO, EMBALADO SOB ATMOSFERA MODIFICADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Strito Sensu em Ciências dos Alimentos, para obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em: 16/09/2002

Prof. Dra. Maria Isabel Fernandes Chitarra	UFLA
Dra. Monica E. Torres Prado	UFLA
Prof. Dr. Eduardo V. de Barros Vilas Boas	UFLA
Prof. Dra. Roberta H. Piccoli-Valle	UFLA


Prof. Dr. Adimilson Bosco Chitarra
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,

Waldyr e Maria Inez;

ao meu esposo,

André;

aos meus irmãos e amigos,

pelo amor, compreensão e estímulos recebidos,

dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida...

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao professor Adimilson Bosco Chitarra, pela orientação e amizade durante a realização deste trabalho.

Aos professores Dra. Maria Isabel Fernandes Chitarra, Dra. Mônica Elizabeth Torres Prado, Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas e Dra. Roberta Hilsdorf Picolli-Valle pelas valiosas sugestões e apoio.

À colega Leonora pela imensa colaboração e amizade.

Aos alunos de graduação Cleube e Ana Carla pela colaboração nas análises.

À Flávia, pela ajuda na formatação.

À Direção da Escola Agrotécnica Federal de Uberlândia pelo apoio e à todos os colegas pelo incentivo.

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

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Contextualização	4
2.2 Composição físico-química, química e bioquímica do abacaxi	6
2.3 Conseqüências fisiológicas do processamento mínimo	8
2.3.1 Indução à síntese de etileno e elevação da respiração	8
2.3.2 Biossíntese de compostos fenólicos e escurecimento enzimático	10
2.3.3 Perda d' água.....	12
2.3.4 Modificações na parede celular e amaciamento	13
2.4 Variáveis que afetam a resposta do vegetal ao processamento mínimo.....	17
2.4.1 Espécie e variedade.....	17
2.4.2 Grau de maturação à colheita.....	18
2.4.3 Efeito da temperatura.....	20
2.4.4 Atmosfera modificada.....	21
2.5 Proliferação microbiana.....	24
2.5.1 Prevenção e controle	27
2.5.1.1 Ação da temperatura e da atmosfera modificada.....	28
2.5.1.2 Efeito da sanificação.....	30
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 Procedência e seleção da amostra	33
3.2 Metodologia.....	33
3.2.1 Processamento do fruto.....	33

3.2.2 Avaliações físico-químicas, químicas e bioquímicas.....	34
3.2.3 Análises microbiológicas.....	41
3.2.4 Delineamento experimental e análise estatística.....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 pH e acidez total titulável (ATT)	43
4.2 Sólidos solúveis totais (SST)	45
4.3 Textura	47
4.4 Pectina total (PT) e pectina solúvel (PS).....	49
4.5 Líquido drenado.....	51
4.6 Polifenoloxidase.....	53
4.7 Compostos de parede celular.....	56
4.7.1 Celulose.....	56
4.7.2 Hemicelulose total.....	57
4.7.3 Poliuronídeos.....	59
4.8 Açúcares neutros.....	60
4.9 Fracionamento da parede celular.....	64
4.9.1 Fração solúvel em EDTA – poliuronídeos.....	64
4.9.2 Fração solúvel em KOH – hemicelulose.....	64
4.10 Dióxido de carbono (CO ₂).....	71
4.11 Acetaldeído e etanol.....	73
4.12 Análises microbiológicas.....	76
5 CONCLUSÕES GERAIS.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS	96

RESUMO

BONNAS, Deborah Santesso. **Qualidade do Abacaxi cv. Smooth Cayenne Minimamente Processado, Embalado sob Atmosfera Modificada-**, 2002. 100p. Tese – (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*.

Produtos minimamente processados podem ser definidos como frutas e hortaliças que tenham sido fisicamente alteradas mas que permaneçam no estado fresco. Apesar de sua praticidade e conveniência, este processo provoca nos vegetais, comportamento similar a tecidos submetidos a ferimentos e condições de estresse. O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações físico-químicas, químicas, bioquímicas e microbiológicas em abacaxi, cv. Smooth Cayenne, minimamente processado, embalado sob atmosfera modificada (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias. As atmosferas modificadas ativas apresentaram ação injuriosa sobre os tecidos do abacaxi minimamente processado, estimulando a atividade da PFO. O uso de atmosferas modificadas ativas, permite que o abacaxi minimamente processado apresente uma menor degradação da parede celular com menor solubilização das hemiceluloses, conforme constatado através da cromatografia gélida. As avaliações microbiológicas mostraram que as amostras avaliadas procedentes dos três tipos de embalagem, encontravam-se livres de contaminações por coliformes totais e fecais. O abacaxi, cv. Smooth Cayenne, minimamente processado, apresentou uma vida útil de 6 dias, pois embora suas principais características físicas, físico-químicas e microbiológicas não tenham sido comprometidas, as alterações químicas e bioquímicas não permitiram que o produto atingisse os 8 dias de armazenamento previstos.

* Comitê Orientador: Adimilson Bosco Chitarra - UFLA (Orientador), Maria Isabel F. Chitarra - UFLA, Mônica E. Torres Prado - UFLA, e Eliana Pinheiro de Carvalho - UFLA.

ABSTRACT

BONNAS, Deborah Santesso. Quality of Pineapple c.v. Smooth Cayenne Minimally Processed Packaged under Modified Atmosphere., 2002. 100 p. - Thesis- (Doctor's degree in Food Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*.

Fresh-cut products can be defined as fruits and vegetables that have been physically modified but they still conserve their freshness. Despite their practicality and convenience, this process causes a behavior similar to the tissues that have been wounded or exposed to stress conditions. The aim of this work was to evaluate some physical-chemical, chemical, biochemical and microbiological alterations in pineapple, c.v. Smooth Cayenne, minimally processed, packaged through modified atmosphere (control-AMP; 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), stored at 5° C ± 1° C e 85% ± 5% R.H; per 8 days. The modified active atmospheres presented injurious actions at the pineapple tissues, stimulating PPO activity. The use of these atmospheres, allows the product less degradation of the cell wall with small solubilization of hemicellulose, as observed in gel chromatography. The microbiological evaluation which was taken from all treatments, showed that the product was free of coliforms and fecal coliforms. The pineapple 'Smooth Cayenne' minimally processed had a shelf life of six days, since, although its physical, physical-chemical and microbiological features weren't affected, the biochemical and chemical changes didn't allowed that the product had reached the eighth storage day as expected.

* Guidance Committee: Adimilson Bosco Chitarra- UFLA (Major Professor), Maria Isabel F. Chitarra - UFLA, Mônica E. Torres Prado - UFLA and Eliana Pinheiro de Carvalho - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Uma grande mudança nos padrões de consumo de alimentos vem ocorrendo nas últimas décadas. Tem-se observado que os consumidores estão mais preocupados com a saúde quanto à escolha de seus alimentos. Frutas e hortaliças frescas têm aumentado em popularidade em detrimento dos produtos industrializados. Ao mesmo tempo, desejam-se produtos de alta qualidade, de fácil preparo e consumo. Como resultado, a demanda por frutas e hortaliças “minimamente processadas” tem crescido rapidamente.

Como operações de processamento mínimo têm sido considerados os procedimentos de lavagem, seleção, limpeza, descascamento, corte, fatiamento, tratamentos químicos ou empacotamento individual, que não interfiram nos atributos nutricionais e de frescor das frutas e hortaliças, porém essas etapas afetam o metabolismo normal dos vegetais e conseqüentemente a sua qualidade.

Frutas e hortaliças minimamente processadas podem ser utilizadas como ingredientes para pratos cozidos, embora em muitos casos elas sejam consumidas cruas.

Uma vida de prateleira de alguns dias após refrigeração é necessária para possibilitar o transporte e a comercialização do produto final no varejo (Nguyen-the & Carlin, 1994).

Mudanças fisiológicas indesejáveis são um dos principais problemas do processamento mínimo.

Diversos procedimentos têm sido utilizados no controle das alterações fisiológicas e microbiológicas indesejáveis que afetam adversamente a qualidade dos produtos minimamente processados. A seleção da cultivar adequada, refrigeração, controle da umidade, além do uso de sanificantes, têm

sido utilizados com sucesso para preservar a qualidade dos produtos e prolongar sua vida de prateleira. A escolha da embalagem adequada, pode criar uma atmosfera modificada ao redor do produto, aumentando seu período de conservação.

Nos Estados Unidos e na Europa, uma grande variedade de hortaliças está disponível na forma de produtos minimamente processados (cenouras, vários tipos de saladas, alho-porró, aipo, etc.), mas as saladas de alface e chicória contribuem para o maior consumo.

No Brasil, o processamento mínimo de frutas e hortaliças foi introduzido há aproximadamente 10 anos e, atualmente, encontra-se em franca expansão, tendo como público alvo serviços de fornecimento de alimentos prontos para consumo e de preparo rápido como hotéis, restaurantes, lanchonetes, hospitais, companhias de aviação e redes de supermercados (Freire-Junior, 1999).

A produção de frutas minimamente processadas não tem se desenvolvido na mesma intensidade que a de hortaliças, uma vez que os frutos têm um comportamento fisiológico mais complexo .

Dentre as frutas comercializadas minimamente processadas, o abacaxi tem demonstrado ser um dos mais populares, provavelmente em virtude das suas características organolépticas e aceitação no mercado consumidor.

Diante da situação relatada, reforça-se a necessidade de buscar meios para se produzir frutas com elevada qualidade, por meio do emprego de técnicas pós-colheita adequadas, a fim de se competir com os países exportadores. Do mesmo modo, é importante o emprego de novas técnicas e formas de comercialização do produto, agregando-se valor aos mesmos, tendo como objetivo também o mercado nacional.

Implementar a tecnologia de processamento mínimo para abacaxis surge como uma alternativa viável, de custo relativamente reduzido, acessível ao produtor, possibilitando o aumento de seu consumo e abertura de novos mercados. Teve-se como objetivo geral deste trabalho verificar o efeito da atmosfera modificada ativa, na qualidade e conservação de abacaxis minimamente processados, sob armazenamento refrigerado ($5^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ e 85% U.R.), pela avaliação das características físicas, físico-químicas, químicas, bioquímicas e microbiológicas do produto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Contextualização

As rápidas mudanças tecnológicas que têm ocorrido em todos os aspectos da indústria de alimentos, incluindo processamento e embalagem, são uma resposta à demanda do mercado consumidor (Ronk et al., 1989).

A necessidade dos consumidores, preferências e estilos de vida estão mudando e existe um elevado interesse dos consumidores em comidas étnicas, diferentes variedades de frutas e hortaliças, alimentos de rápido preparo, principalmente pratos individuais e alimentos semi-prontos. Técnicas que possam levar ao aumento de qualidade, extensão da vida de prateleira e manutenção dos atributos de frescor dos produtos quando comparados aos métodos convencionais de processamento têm sido freqüentemente desenvolvidas.

A demanda por produtos minimamente processados para ambos, varejo e serviços de alimentação tem aumentado significativamente nos últimos anos. Esses produtos possibilitam ao consumidor conveniência e frescor, atraindo o interesse de muitos ramos da indústria alimentícia que inclui fabricantes de alimentos, varejistas e restaurantes. Processamento mínimo usualmente refere-se a um produto fresco, adequadamente descascado, fatiado ou cortado, 100% comestível, em contraste com as técnicas de processamento convencionais, as quais incluem congelamento, enlatamento, secagem, etc. (Bolin & Huxsoll, 1989). São aqueles que contêm tecidos vivos e que apresentam qualidade semelhante à do produto fresco, porém que sofreram modificações em sua condição natural pela aplicação de tecnologias como descascamento, corte, centrifugação e embalagem (Chitarra, 2000).

Muitos sinônimos são usados para o termo minimamente processado, incluindo levemente processado, parcialmente processado ou ligeiramente processado. Produtos minimamente processados também são referidos como pré-cortados, pré-preparados, semi-elaborados, convenientes e produtos com valor agregado (Chitarra, 2000).

Segundo Bolin & Huxsoll (1989) e Ahvenainen (1996), frutas e hortaliças minimamente processadas têm dois propósitos. Primeiramente, é importante a manutenção do aspecto de frescor dos produtos, mas sem perder a qualidade nutricional. Em segundo lugar, o produto necessita apresentar uma vida de prateleira suficiente para garantir um período de comercialização e consumo. O processamento mínimo deve ser uma tecnologia “invisível”. É necessário que os produtos minimamente processados tenham uma vida de prateleira, de pelo menos 4 a 7 dias, mantendo suas características sensoriais e nutricionais. Entretanto, é desejável uma vida de prateleira maior, acima de 21 dias, dependendo do mercado. A perda de ácido ascórbico e carotenos são fatores limitantes principais da qualidade nutricional dos produtos minimamente processados.

Os requerimentos básicos para se produzirem produtos minimamente processados segundo Cantwell (2000b) são: alta qualidade da matéria-prima; estrita higiene e boas práticas de industrialização; baixas temperaturas durante o processamento; cuidados na limpeza e/ou lavagem do material antes e depois do descascamento; boa qualidade da água (sensorial, microbiológica e pH) para a lavagem; uso de sanificantes na água para a desinfecção ou prevenção do escurecimento da matéria-prima; remoção do excesso de umidade; cuidados nas operações de descascamento, corte, fatiamento, etc.; uso correto do material para embalagem e métodos de embalagem e a temperatura e umidade relativa adequadas durante o armazenamento e comercialização.

Contrariamente a maioria das técnicas de processamento de alimentos que estabilizam a vida de prateleira dos produtos, o processamento mínimo aumenta sua perecibilidade. Produtos minimamente processados deterioram-se mais rapidamente, tendo em vista que os processos metabólicos são acelerados. Observam-se mudanças bioquímicas e danos microbiológicos, que podem resultar em degradação da cor, textura, sabor e aroma dos produtos. Com o processamento mínimo, o aumento em superfície pelo corte, dano e disponibilidade de nutrientes provê condições que aumentam o número e tipos de microrganismos que aí se desenvolvem. Além disso, o aumento da manipulação desses produtos possibilita a contaminação por patógenos (Rosa & Carvalho, 2000).

Para um mercado que cresce rapidamente e poderá atingir cifras ao redor de 20 bilhões de dólares por volta de 2003, nos EUA, o desenvolvimento de tecnologias de processamento, sanificação, armazenamento, embalagem e comercialização é ainda um dos principais desafios vividos pela indústria de produtos minimamente processados. Investimentos de agências governamentais de fomento e apoio à pesquisa têm sido feitos de maneira tímida. É imperativo que a indústria nacional, a exemplo do que é feito em outros países, forme parcerias com universidades e centros de pesquisa, para que os principais entraves ao desenvolvimento do setor sejam transpostos (Moretti, 2000).

2.2 Composição físico-química, química e bioquímica do abacaxi

O abacaxi recém-colhido apresenta, em média, 80% de água, 12 a 15% de açúcares, 0,6% de ácidos, 0,4% de proteínas, 0,5% de cinzas, 0,1% de gordura, algumas fibras e vitaminas, principalmente A e C. A sacarose representa, em média, 66% dos açúcares, correspondentes a teores de 5,9 a 12%, sendo, no abacaxi, muito mais importante que os açúcares redutores (glicose 1-

3,2% e frutose 0,6-2,3%). De modo geral, a acidez varia de 0,6 a 1,62% no abacaxi e os resultados são expressos como porcentagem de ácido cítrico (Salunkhe & Desai, 1984).

Os frutos apresentam grande variação na sua composição química, de acordo com a época em que são produzidos. Dessa forma o teor de sólidos solúveis totais pode sofrer variações entre 10,8 e 17,5 ° Brix (Cunha et al., 1999).

O sabor e aroma característicos são conferidos por diversos constituintes químicos, destacando-se os açúcares, os ácidos e os compostos voláteis.

A polpa do abacaxi é constituída de pró-vitaminas lipossolúveis (caroteno) e vitaminas hidrossolúveis, tais como: riboflavina, nicotinamida, ácido ascórbico e ácido pantotênico. As vitaminas são, portanto, representadas em bom número, porém, em quantidades pequenas. As cultivares tradicionais de abacaxi não possuem alto teor de ácido ascórbico, entretanto, seus níveis são bastantes importantes, pois eles têm sido associados à intensidade dos sintomas de escurecimento interno. O ácido ascórbico é o inibidor natural do escurecimento interno, por causa da sua capacidade anti-oxidante, e seus níveis variam com a cultivar, peso do fruto, estágio de maturação e nutrição mineral (Bleinroth, 1987). No abacaxi, o maior teor de compostos fenólicos nas formas solúveis presentes nos frutos verdes, tem sido associada à maior suscetibilidade dos mesmos ao escurecimento interno quando comparados aos frutos maduros (Teisson, 1979).

A consistência da polpa do abacaxi depende do teor de constituintes das paredes celulares de elevado peso molecular tais como: celulose, hemicelulose, pectinas e protopectinas.

2.3 Conseqüências fisiológicas do processamento mínimo

O processamento mínimo envolve operações como abrasão, descascamento, corte e fatiamento entre outras, diferindo dos procedimentos convencionais nos quais o tecido permanece viável (“fresco”) durante as etapas subseqüentes de manuseio. Conseqüentemente, o comportamento do tecido é geralmente típico ao observado em tecidos vegetais que tenham sido injuriados ou expostos a condições de estresse. A injúria mecânica pode induzir diversas alterações das rotas metabólicas e provocar mudanças no metabolismo. Essas alterações incluem aumento na produção de etileno; elevação da taxa respiratória; rompimento celular, conduzindo a descompartimentalização de enzimas e substratos e conseqüente suscetibilidade ao escurecimento oxidativo; oxidação lipídica; acúmulo de metabólitos secundários; aumento da perda d’água e, em alguns casos, a indução a processos de cura de ferimento (Brecht, 1995; Burns, 1995; Hong & Kim, 2001).

2.3.1 Indução da síntese de etileno e elevação da respiração

Tecidos vegetais injuriados induzem a elevação das taxas de produção de etileno, algumas vezes em poucos minutos, mas usualmente em cerca de 1 hora, com picos máximos entre 6 a 12 horas (Brecht, 1995). O etileno produzido no tecido injuriado acelera a sua senescência e deterioração.

A via biossintética do “etileno de ferimento” é a mesma que ocorre na síntese normal durante a maturação. Sua ativação ocorre poucos minutos após a injúria dos tecidos pelo descascamento ou corte, particularmente no estágio pré-climatérico de frutos, sendo inversamente proporcional ao tamanho ou espessura da fatia do tecido vegetal (Chitarra, 2000). Portela & Cantwell (2001), observaram um aumento consistente na taxa de produção do etileno em pedaços de melões cortados com lâminas sem corte quando comparadas a pedaços

obtidos com lâminas afiadas. Essa diferença, da ordem de 10% no início do experimento, atingiu valores acima de 30% no 6º dia de armazenamento a 5°C. Allong et al. (2001), não observaram efeito do fatiamento sobre a taxa de produção do etileno em mangas em nenhuma etapa do amadurecimento quando comparadas com frutas intactas. Eles atribuíram os resultados ao fato de esse fruto normalmente já produzi-lo em baixas concentrações.

Segundo Wiley (1994), o etileno contribui para a biossíntese de enzimas envolvidas na maturação das frutas, e é parcialmente responsável pela indução de mudanças fisiológicas em frutas fatiadas, tal como o amaciamento.

O etileno produzido pela ação física do processamento mínimo foi suficiente para acelerar o amaciamento em bananas e kiwis isoladamente (Abe & Watada, 1991), ou quando fatiados e acondicionados em uma mesma embalagem (Watada et al., 1990).

O aumento da respiração em tecidos injuriados é uma consequência da elevação do etileno, a qual estimula a respiração. A hidrólise do amido aumenta e, tanto o ciclo dos ácidos tricarbóxicos como a cadeia transportadora de elétrons são ativados. Com o aumento da área de exposição dos tecidos injuriados, o ritmo respiratório aumenta várias vezes, em comparação com o produto inteiro (Chitarra, 2000). Esses aumentos nas taxas de respiração em produtos minimamente processados abrangem uma faixa de baixos percentuais em feijões verdes, uvas e abobrinhas, alcançando até 100% em kiwis e alface (Watada et al., 1996).

A respiração em kiwis maduros descascados e fatiados dobrou quando comparada a frutos intactos, mas em bananas, a respiração não foi afetada pelo descascamento e fatiamento (Watada et al., 1990).

Os efeitos do fatiamento nas taxas de respiração e produção do etileno diferem entre frutos climatéricos e não-climatéricos e com o estágio fisiológico

do fruto (Rosen & Kader, 1989). O fatiamento aumentou a respiração em morangos em 50% a 2,5°C, mas não teve efeitos sob a produção de etileno a baixas temperaturas, o que é típico de frutas não-climatéricas. Em pêras parcialmente maduras (fruto climatérico), o fatiamento aumentou a respiração em 30% e reduziu a produção de etileno a 2,5°C.

Em mangas das variedades Julie e Grahan, observaram-se taxas mais elevadas de respiração para frutos fatiados quando comparados com frutos íntegros em diferentes graus de maturação. Esses dados não eram esperados, pois, geralmente, a resposta ao ferimento é usualmente maior nos frutos climatéricos e pré-climatéricos que no estágio pós-climatérico (Allong et al., 2001).

De acordo com Ahvenainen (1996), a atividade respiratória de produtos minimamente processados aumenta 1,2 a 7,0 vezes ou até mais, dependendo do produto, grau de corte e temperatura. Se as condições de embalagem forem anaeróbicas, poderá ocorrer fermentação e, portanto, a formação de etanol, aldeídos e cetonas.

Normalmente a taxa respiratória pode ser usada como um indicador aproximado da vida de prateleira de um produto fresco; entretanto, nos produtos minimamente processados, a fisiologia é alterada muito drasticamente para permitir uma previsão (Watada et al., 1996).

2.3.2 Biossíntese de compostos fenólicos e escurecimento enzimático

Uma das principais respostas de defesa dos tecidos vegetais é a ativação do metabolismo fenilpropanóide com síntese de compostos fenólicos, os quais atuam na reestruturação dos tecidos visando à manutenção da integridade celular; atuam como antibióticos (fitoalexinas), ou ainda como compostos que são tóxicos ao próprio tecido e formam uma barreira química para isolar a área

danificada, propiciando resistência ao ataque de microrganismos (Chitarra, 2000). As classes de componentes produzidos em frutas e hortaliças injuriadas incluem fenólicos fenilpropanóides, flavonóides, terpenóides, alcalóides e taninos (Brecht, 1995). Esses compostos são facilmente oxidados em substâncias marrons (quinonas), reduzindo a qualidade visual, e conseqüentemente, a vida útil do produto (Mateos et al., 1993).

A descoloração das superfícies cortadas de frutas e hortaliças é resultado do rompimento da compartimentação que ocorre quando as células são lisadas, levando ao contato entre substratos fenólicos e oxidases (Brecht, 1995).

Várias enzimas catalisam a biossíntese ou oxidação de compostos fenólicos, entre elas a fenilalanina amônia-liase (FAL), a polifenoloxidase (PFO) e a catecoloxidase (CO) (Rocha & Morais, 2001).

A atmosfera controlada inibiu a atividade da polifenoloxidase em cubos de maçãs minimamente processadas (Rocha & Morais, 2001). Os autores verificaram que quanto mais elevada a concentração de CO₂, maior a capacidade de inibição da PFO. Segundo Nicoli et al. (1994), o escurecimento enzimático em maçãs 'Golden Delicious', pode ser inibido, com sucesso, pela aplicação de embalagens com atmosfera modificada.

Gil et al. (1998), relataram que em maçãs da variedade Fuji minimamente processadas, o uso de atmosfera livre de oxigênio associado ao uso de tratamento com imersão em ácido ascórbico foi efetivo no controle do escurecimento enzimático. Os mesmos autores não recomendam o uso isolado da atmosfera livre de oxigênio em função de seu efeito sobre as características organolépticas e segurança microbiológica das maçãs, sugerindo novos estudos nesse sentido.

Segundo Ahvenainen (1996) a PFO é a mais importante enzima envolvida nos processos de escurecimento nos alimentos. O escurecimento

enzimático requer a presença de quatro diferentes componentes: oxigênio, enzima oxidativa, metais e substrato conveniente.

Em maçãs minimamente processadas (Gil et al., 1998), o escurecimento enzimático é a principal causa de deterioração .

Em abacaxis, as condições climáticas, estágio de maturação dos frutos e diferenças varietais exercem influência acentuada na sua composição química e, conseqüentemente, no grau de escurecimento interno do fruto (Cunha et al., 1999; Thé, 2001).

A inibição do escurecimento enzimático pode ser obtida pela remoção de um ou dois substratos (oxigênio ou fenol) do meio de reação. A completa remoção do oxigênio é o mais satisfatório procedimento no controle da oxidação fenólica catalisada pela PFO. Na prática, isso não é aplicável a tecidos vivos em virtude de risco da respiração anaeróbica. Entretanto, pela variação dos níveis de O_2 e CO_2 na atmosfera ao redor do tecido, a ação da enzima pode ser inibida a um grau considerável. Em razão da baixa afinidade das fenolases pelo O_2 , a oxidação de substratos fenólicos pode ser impedida ou reduzida em níveis iguais a 5% de O_2 ou menores (Rocha & Morais, 2001).

Relativo à cultivar Smooth et al. (1988), concluiu que o estágio de maturação no qual os frutos apresentavam maior resistência ao escurecimento era o estágio maduro ou o grau dois de maturação, descrito por Giacomelli & Py (1981), seguido pelo maduro (grau três).

Ainda segundo Vukomanovic (1988), conferem maior resistência ao escurecimento: altos teores de ácido ascórbico e acidez titulável, baixa atividade da PFO e decréscimo no teor de fenólicos da polpa.

2.3.3 Perda d'água

Tecidos vegetais estão em equilíbrio com uma atmosfera sob a mesma temperatura e umidade relativa entre 99% e 99,5%. Qualquer redução da pressão do vapor d'água abaixo da atmosfera no tecido resulta em perda d'água. Nos órgãos íntegros, a água nos espaços intercelulares não está diretamente exposta a atmosfera exterior. Entretanto o corte e o descascamento expõem os tecidos internos e aumenta drasticamente a taxa de evaporação d'água.

A perda de líquido é um dos principais fatores determinantes da vida de prateleira de muitos produtos hortícolas, ocorrendo em função do tempo de armazenamento e da transpiração, tem efeitos marcantes sobre a fisiologia dos tecidos vegetais e em alguns casos, antecipa a senescência dos frutos tropicais (Yang & Hoffmann, 1984; Carvalho, 2000). A perda de líquido resulta em perdas quantitativas e também visuais, causando murchamento e enrugamento; nas qualidades texturais como o amaciamento, perda de frescor e suculência, e na qualidade nutricional, pela lixiviação de vitaminas e minerais (Kader, 1996; Carvalho, 2000). Para minimizar essas perdas o uso de filmes semi-permeáveis nas embalagens é rotineiramente empregado (Brecht, 1995).

Por outro lado, o acúmulo de umidade durante o armazenamento, decorrente da transpiração ou drenagem do líquido celular, poderão estimular o crescimento de microrganismos no produto. Portanto, o adequado pré-resfriamento e o gerenciamento da temperatura são essenciais para controlar as suas possíveis flutuações, responsáveis pela condensação de água nas embalagens durante o transporte, no armazenamento e na comercialização.

Impedir a dessecação da superfície cortada de alguns vegetais minimamente processados é crítico na manutenção da aceitabilidade do aspecto visual do produto.

2.3.4 Modificações na parede celular e amaciamento

A aceleração da senescência, induzida pela produção do etileno de ferimento, provoca mudanças associadas à qualidade. Uma dessas mudanças ocorre com a textura, na qual a firmeza é desejável para o armazenamento e transporte, por outro lado o amaciamento é essencial para a aceitação sensorial do produto.

O amaciamento é uma das mais importantes modificações normalmente observadas durante o amadurecimento de frutos. Acredita-se que essas mudanças texturais resultem, primariamente, de mudanças na estrutura da parede celular (PC) (Huber, 1983).

As propriedades mecânicas e a resistência dos tecidos dos frutos dependem das características estruturais do conglomerado celular. De acordo com Pantástico (1975), a textura depende da coesividade, tamanho, forma e turgidez das células que compõem o tecido. O componente mais resistente do tecido é a parede celular que consiste de microfibrilas de celulose embebidas em uma matriz polissacarídea flexível. As células são mantidas unidas pela lamela média, constituída principalmente por substâncias pécticas, que fornecem a coesão necessária para manter a unidade estrutural do conglomerado. Como as pectinas contribuem para a resistência mecânica da parede celular e para adesão entre células, qualquer modificação nas suas características resulta em alterações na textura dos frutos.

A PC constitui-se de uma amálgama entre celulose, hemicelulose, substâncias pécticas, proteínas, lignina, água, substâncias incrustantes como cutina e suberina e certos compostos inorgânicos que variam entre espécies vegetais, tipos de células e mesmo entre células vizinhas.

O amaciamento está associado com mudanças no grau de polimerização e composição de açúcares dos polissacarídeos, resultando em alterações na

estrutura da parede celular e levando à diminuição na coesão dos tecidos (Fischer & Bennett, 1991).

A celulose, importante componente da PC, é uma β (D) - (1 \rightarrow 4) - glucana linear, que proporciona a força mecânica das PC vegetais. Ela se auto-associa, por pontes de hidrogênio intermoleculares, formando microfibrilas de no mínimo 36 cadeias de glucana, e torna-se fortemente associada com a hemicelulose na PC (Fischer & Bennett, 1991).

Embora se possa antecipar mudanças na estrutura da celulose associadas com o amaciamento do fruto durante o amadurecimento, parece que essa suposição não é verdadeira. Pelos estudos realizados em tomates verificou-se que os níveis de celulose permaneciam constantes ou mesmo incrementavam levemente durante o amadurecimento (Vilas-Boas, 1998). É possível que as mudanças ultra-estruturais observadas tenham resultado da atividade celolítica que não solubilizou completamente a celulose da PC. Alternativamente, as mudanças ultra-estruturais podem ser resultado da degradação de um componente da matriz não-celulósica que culminou na perda da organização microfibrilar.

A hemicelulose é um polissacarídeo heterogêneo constituído por açúcares neutros que interagem tanto com a celulose quanto com as substâncias pécticas.

Modificações da estrutura hemicelulósica associadas ao amadurecimento têm sido documentadas em diferentes frutos. Em abacates, as hemiceluloses apresentaram decréscimo na massa molecular aparente durante o amadurecimento (O'Donoghue & Huber, 1992). Observa-se uma marcada alteração na massa molecular das hemiceluloses da PC de tomates (Huber, 1983), morango (Huber, 1984) e melancias (Ranwala et al., 1992). Mudanças na estrutura da hemicelulose associadas ao amadurecimento são, provavelmente,

importantes determinantes das mudanças texturais em frutos mas as bases bioquímicas do “turnover” de hemiceluloses são muito pouco caracterizadas (Vilas Boas, 1998).

Particular atenção tem sido dada à modificação de polissacarídeos pécticos durante o amaciamento. As substâncias pécticas são compostas por uma variedade de polímeros como as arabinanas, galactanas ou arabinogalactanas, as chamadas pectinas neutras, todas elas estruturalmente diferentes. As pectinas acídicas são ramnogalacturonanas e homogalacturonanas; consistem basicamente de cadeias de resíduos de ácido galacturônico em ligações $\alpha(1 \rightarrow 4)$ com ramificações de ramnose (Fisher & Bennet, 1991).

Em pêssegos, o amaciamento durante o amadurecimento tem sido atribuído à degradação enzimática de polímeros pécticos (Hegde & Maness, 1998). Embora mudanças em outros polissacarídeos possam estar envolvidas, a solubilização das pectinas tem recebido maior atenção em função da predominância desse polissacarídeo na lamela média. O amadurecimento de nectarinas resulta na solubilização de polímeros pécticos de alto peso molecular e a concomitante remoção de cadeia lateral de galactanas desses polímeros. Polímeros pécticos são despolimerizados a classes de polímeros de menores massas moleculares à medida que o amadurecimento progride.

A perda da firmeza é uma das alterações mais óbvias que ocorrem, resultando largamente da atividade de enzimas que desempenham fisiologicamente reações de degradação. Enzimas como β -galactosidase, pectinametilesterase e poligalacturonase afetam a estabilidade de armazenamento dos produtos minimamente processados (Bolin & Huxsoll, 1989). A perda de firmeza em melancias parcialmente processadas demonstrou estar relacionada ao aumento das atividades das pectinases, celulasas, esterases,

polifenoloxidasas e peroxidases, induzidas pela ação do etileno (Watada et al., 1990). Segundo Bartley & Knee (1982), em trabalho realizado com mangas, a perda da firmeza da polpa também foi marcada por um aumento na solubilidade das substâncias pécticas, e Faria et al. (1994), citado por Lima (1999), sugerem que a elevação no teor de pectina solúvel deve-se à ação de enzimas como a PG e a PME.

Embora a atmosfera modificada prolongue a vida de prateleira de frutas e hortaliças, muito pouco é conhecido sobre seu efeito em componentes específicos da parede celular, que determinam a textura dos tecidos vegetais. De acordo com diversos relatos pode-se verificar que a atmosfera modificada reduz a taxa de amaciamento, mas diferentes considerações relativas às alterações em polímeros pécticos têm sido reportadas (Femenia et al., 1998).

Condições de atmosfera modificada e controlada podem retardar o amaciamento dos frutos. As taxas de amaciamento de polpa de maçã e formação de poliuronídeos solúveis foram reduzidas em 50% em atmosferas de concentrações de O₂ entre 2,5 e 4,0 % (Kader, 1986).

2.4 Variáveis que afetam a resposta do vegetal ao processamento mínimo

2.4.1 Espécie e variedade

Um fator importante na obtenção de frutas e hortaliças minimamente processadas está relacionado à cultivar ou variedade. A seleção de variedades que apresentem um maior tempo de vida útil pode ser importante. Tal seleção pode incluir mutantes ou vegetais geneticamente modificados com amadurecimento mais lento, melhor retenção da firmeza ou melhores características de sabor e odor (Romig, 1995).

Frutas e hortaliças apresentam diferenças em suas respostas fisiológicas por possuírem numerosas diferenças em suas estruturas anatômicas e

morfológicas. As culturas hortícolas têm sido classificadas de acordo com sua taxa respiratória, padrão respiratório, produção de etileno, sensibilidade ao frio e perecibilidade relativa (Brecht, 1995).

Os produtos minimamente processados são muito mais perecíveis que os intactos, e portanto, selecionar variedades que apresentem como característica vida de prateleira mais longa pode ser importante (Watada et al., 1996). Outro fator a ser considerado é a sensibilidade ao frio. Desde que ela limita o uso de temperaturas reduzidas, a seleção de variedades mais resistentes também pode contribuir para melhor qualidade e maior vida de prateleira.

Em abacaxis, a sensibilidade ao frio depende do seu estágio de maturação. Os frutos verdes são mais sensíveis que os semi-maduros ou maduros.

Um dos principais problemas que surge no abacaxi relativo à exposição a baixas temperaturas, durante e após o seu armazenamento ou transporte, é o distúrbio fisiológico caracterizado pelo escurecimento interno. Nesses casos, a temperatura considerada crítica para o abacaxi situa-se abaixo de 12° C.

O escurecimento interno dos frutos é de origem oxidativa, causado pela ação das enzimas polifenoloxidasas e peroxidases sobre os compostos fenólicos. Sabe-se que o ácido ascórbico exerce ação inibidora sobre esse tipo de escurecimento (Teisson, 1979). Assim a obtenção, por meio de melhoramento genético, de variedades com alto teor de ácido ascórbico poderá contribuir para a eliminação do problema.

2.4.2 Grau de maturação à colheita

A maturidade na colheita das frutas e hortaliças é um fator que afeta o processamento e a qualidade do produto (Shewfelt, 1993).

No período da colheita, as frutas e hortaliças encontram-se em um estágio de desenvolvimento no qual se tornam mais suscetíveis às consequências fisiológicas e microbiológicas indesejáveis, resultantes de injúrias e ferimentos, quando comparados aos estádios anteriores (Watada et al., 1990).

Na colheita, o tecido vegetal está começando a senescer e no balanço dinâmico dos processos metabólicos ligados a estruturas celulares e organelas, o total de reações de degradação torna-se maior que o total de reações biossintéticas.

Frutas para utilização no processamento mínimo são consideradas mais desafiadoras para manutenção de suas características de qualidade, quando comparadas a hortaliças, pois as mesmas devem ser amadurecidas antes de sofrerem o processamento (Allong et al., 2001).

O abacaxi que se destina à industrialização deve ser colhido maduro, ou seja, quando atinge níveis ótimos de constituintes físico-químicos que conferem a qualidade ideal ao fruto.

Py et al. (1985), denominaram de maturação aparente, a mudança de coloração da casca e propuseram as seguintes classes de maturação, atribuindo notas de 0 a 3, conforme o esquema a seguir :

0 – região basal do fruto começando a passar da cor verde-escura para a cor verde-claro;

1 – região basal do fruto amarela sem atingir, porém, mais que duas fileiras de olhos;

2 – cor amarela, envolvendo mais que duas fileiras de olhos, sem ultrapassar a metade da superfície total da casca;

3 – cor amarela, envolvendo mais da metade da superfície total da casca.

A eficácia do estabelecimento do ponto de colheita dos frutos, baseado na maturação aparente, deixa muito a desejar, uma vez que vários fatores, tais como, o tamanho do fruto, a variedade e a época de maturação, interferem na evolução da coloração da casca e na análise física da polpa

2.4.3 Efeito da temperatura

Schlimme (1995), afirma que todas as frutas e hortaliças minimamente processadas são mais perecíveis e demonstram uma rápida degradação da qualidade pós-colheita em armazenamento, sob condições ambientais. Conseqüentemente devem ser mantidas em temperaturas mais baixas do que as recomendadas para os produtos íntegros (Watada et al., 1996).

O controle da temperatura é a técnica disponível mais usual e importante na redução dos efeitos do ferimento em frutas minimamente processadas (Freire-Júnior, 1999), constitui um dos métodos mais efetivos e práticos utilizados no prolongamento da vida útil de vários produtos vegetais. A temperatura de armazenamento é, portanto, o fator ambiental mais importante, uma vez que regula as taxas de todos os processos fisiológicos e bioquímicos dos vegetais, otimizando o tempo para a comercialização até mesmo nos produtos minimamente processados.

Os padrões respiratórios de frutas e hortaliças, em resposta às baixas temperaturas, são variáveis. Aquelas que são tolerantes às baixas temperaturas, mostram uma redução na taxa respiratória com o abaixamento da temperatura. As frutas e hortaliças sensíveis ao frio, por outro lado, apresentam elevação na respiração.

As alterações nas membranas dos tecidos submetidas à injúria pelo frio, levam a modificações de sua permeabilidade, das enzimas ligadas às membranas e conseqüentemente do seu metabolismo. A ruptura da atividade mitocondrial

inibe enzimas ligadas às membranas tais como as enzimas do ciclo TCA, ao passo que não afetam as enzimas glicolíticas, criando um desbalanceamento das rotas metabólicas envolvidas. O efeito é o acúmulo de produtos da via glicolítica como o acetaldeído, o piruvato e o oxaloacetato, que são potencialmente tóxicos à célula e causadores de sabores e odores desagradáveis no produto (Rolle & Chism III, 1987).

2.4.4 Atmosfera modificada

A embalagem adequada pode contribuir para manutenção da vida de prateleira e estabilidade das frutas e hortaliças minimamente processadas. Uma “embalagem adequada” pode ser definida como um sistema que protege um produto perecível de danos físicos causados pelo manuseio ou pragas, extremas condições de temperatura e umidade, ou atmosferas que por elas mesmas contenham elementos que possam degradar o produto durante o transporte e o armazenamento (Myers, 1989).

Embora a embalagem à vácuo seja utilizada em várias situações, a maioria dos produtos minimamente processados apresenta altas taxas respiratórias, o que requer a busca de outras técnicas de embalagem. Um sistema amplo que considere a interação de todos os elementos é usualmente necessário para evitar a anaerobiose. Nesse sentido, têm-se desenvolvido as técnicas de embalagens sob atmosfera modificada para produtos minimamente processados (Myers, 1989)

A atmosfera modificada pode ser desenvolvida por meio da insuflação de gás no momento do empacotamento ou conduzindo-se o produto a gerar a modificação da atmosfera pela respiração. A atmosfera é mantida pela utilização de um material de embalagem que possua uma taxa específica de

transmissão de oxigênio e CO₂ que permita atingir-se um balanço desses gases para um dado produto, a uma determinada temperatura (Barmore, 1987).

O mesmo autor afirma que as embalagens de filmes poliméricos criam uma atmosfera contendo altas concentrações de CO₂ e concentrações mais baixas de O₂, quando comparadas ao ar. King Junior & Bolin (1989), citam que embalagens com atmosfera modificada retardam a senescência das frutas e hortaliças.

Pirovani et al. (1998), observaram que, em alfaces embaladas em polipropileno monorientado com baixas taxas de transmissão de O₂ e CO₂, ocorreu um decréscimo de oxigênio para aproximadamente 1,5% e o nível de dióxido de carbono aumentou para 12% após 8 dias. O uso do PVC e PE alterou levemente os níveis de O₂ e CO₂ quando comparados à atmosfera normal. A atmosfera modificada passivamente desenvolvida nas embalagens à temperatura de armazenamento não afetou a população de microrganismos psicrotróficos e mesófilos. Entretanto afetou a qualidade sensorial visual de alface minimamente processada.

O uso de embalagem sob atmosfera modificada tem sido descrito como um método que reduz a perda da textura durante o armazenamento. Smith et al. (1987), estudando maçãs inteiras sob armazenamento refrigerado, observaram que os frutos permaneceram firmes quando selados em uma bolsa fabricada por um filme com baixa permeabilidade a gases. Uma hipótese generalizada sobre o modo de atuação sobre o retardo da perda de textura em atmosfera modificada está aparentemente relacionada à diminuição do estresse hídrico do fruto embalado (Bolin & Huxoll, 1989).

Sementes de romã armazenadas em sacos de polipropileno monorientado tiveram uma redução de perda de água em média de 2%, enquanto as sementes não embaladas atingiram perdas entre 33 e 35% (Gil et al., 1996).

O aumento da umidade relativa na embalagem também pode influenciar na composição atmosférica, pois este fator aumenta a permeabilidade dos filmes plásticos ao O₂ e CO₂ (Mujica Paz et al., 1997).

O'Connor-Shaw et al. (1994), obtiveram uma vida de prateleira de 11 dias para abacaxis minimamente processados embalados em caixas de polipropileno à temperatura de 4°C. As causas de perdas observadas foram a descoloração e o amaciamento dos pedaços do fruto. O crescimento microbiano não contribuiu para a deterioração da aparência do produto nesse período.

Bai et al. (2001), observaram que a atmosfera modificada passiva teve efeito positivo em melões minimamente processados, mantendo sua qualidade por 9 dias a 5°C. A atmosfera modificada ativa (4 kPa O₂ e 10 kPa CO₂) teve um efeito superior, com maior retenção da cor, redução da translucência, taxa de respiração e população microbiana. Entretanto os autores questionaram o custo da utilização da técnica da atmosfera ativa relativo aos benefícios obtidos.

Hong & Gross (2001), estudando a utilização de atmosferas modificadas em tomates fatiados concluíram que essa técnica aumentava a vida de prateleira do produto desde que se empregasse o filme plástico apropriado, estabelecesse o número de fatias por embalagem, e a composição inicial da atmosfera. Eles obtiveram resultados positivos utilizando uma atmosfera com 12% de CO₂ e 1% O₂ e 8 fatias por embalagem. Nessas condições, o sistema atingiu uma atmosfera de equilíbrio de 6% de CO₂ e 5% O₂, similar à atmosfera usada na conservação de tomates inteiros (3 a 5% de CO₂ e 3 a 6% O₂). Os autores também observaram que a criação de atmosferas com baixas concentrações de etileno favorecia o desenvolvimento de sintomas de injúria pelo frio.

Blanchard et al. (1996), utilizando atmosfera controlada contendo 10% de CO₂ e 2% O₂ observaram efeitos positivos na conservação de cebolas fatiadas, mediante a preservação de suas qualidades sensoriais suprimindo a

proliferação bacteriana, particularmente da microbiota psicrotrófica. Entretanto atmosferas contendo concentrações mais elevadas de CO₂, estimularam a multiplicação de certos microrganismos.

2.5 Proliferação microbiana

A extensão da vida de prateleira de frutas e hortaliças minimamente processadas confronta-se com dois problemas básicos. Primeiro, o tecido vegetativo é um tecido vivo, respirando e no qual diversas reações químicas estão interagindo. Algumas dessas reações, quando não controladas, podem levar à rápida senescência e mudanças de qualidade. O segundo obstáculo é a proliferação microbiológica, que deve ser retardada (King Junior & Bolin, 1989). Frutas e hortaliças minimamente processadas são um bom substrato para o crescimento microbiano. Esse substrato pode permitir a proliferação de organismos patogênicos ao homem como a *Escherichia coli* enterotoxigênica. A sanificação e a natureza da microbiota são de primeira importância na conservação, qualidade, estabilidade e segurança de armazenamento de produtos frescos (Ukuku et al., 2001)

O principal ponto de interesse microbiológico relativo aos produtos minimamente processados gira em torno de dois tipos de microrganismos – psicrotróficos e mesofílicos patogênicos – que podem crescer durante a extensão do armazenamento sob refrigeração ou elevações nas temperaturas (Marth, 1998). Psicrotróficos são bactérias, fungos e leveduras e que crescem, embora lentamente, sob temperaturas de refrigeração.

Fungos psicrotróficos incluem *Botrytis cinerea*, *Geotrichium candidum*, *Pullaria pullulans* e algumas espécies do gênero *Alternaria*, *Monilia*, *Mucor*, *Sporotrichium* e *Rhizopus*. Não apenas a presença visível dos fungos indica a deterioração; eles também podem, comumente, produzir enzimas que

degradam carboidratos, gorduras e proteínas, causando amolecimento dos alimentos e deterioração do aroma e sabor. Algumas espécies de fungos, especialmente os do gênero *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium* podem produzir micotoxinas. *Aspergillus* spp. não produzem micotoxinas sob temperaturas de refrigeração. Entretanto, isso ocorre em certas espécies de *Fusarium* e *Penicillium* (Marth, 1998).

Uma ampla variedade de microrganismos pode crescer em frutas e hortaliças parcialmente processadas. Muitas das bactérias isoladas dos vegetais são pectinolíticas e podem causar a degradação dos tecidos (King Junior & Bolin, 1989; Nguyen-the & Carlin, 1994). Produtos minimamente processados, sendo derivados de produtos *in natura*, colhidos do solo ou próximo a ele, possuem características microbiológicas diferente de frutas enlatadas ou submetidas a outras tecnologias. É suposto que eles contenham bactérias e fungos endêmicos ao solo. Compreender a relação entre a microbiota de produtos minimamente processados e a qualidade do produto é importante no desenvolvimento de técnicas de monitoramento microbiológico e interpretação dos resultados. Equívocos na interpretação podem levar a um julgamento falho sobre a qualidade e segurança do produto.

A deterioração dos tecidos vegetais por microrganismos depende de vários fatores, os quais estão relacionados com a habilidade invasiva do microrganismo para se estabelecer e crescer. O uso de baixas temperaturas é o método de controle primário para impedir a deterioração microbiológica. A composição do tecido vegetal, se é um tecido de frutos com baixo pH e com açúcares ou um tecido de hortaliça com elevado pH e rico em amido, irá influenciar no tipo de organismo que irá se desenvolver (King Junior & Bolin, 1989).

O conhecimento da composição inicial da microbiota predominante é essencial antes do estudo das mudanças microbiológicas que ocorrem em frutas e hortaliças minimamente processadas. Os levantamentos realizados em hortaliças indicam as bactérias que são a flora predominante embora fungos e leveduras também estejam presentes.

A microbiota de frutas e de hortaliças é diferente até certo grau. O baixo pH das frutas restringe a microbiota a microrganismos tolerantes à acidez como fungos e bactérias lácticas. É também possível para as frutas, tornarem-se veículos de outros tipos de microrganismos, embora, nestas condições eles não possam se desenvolver (Brackett, 1987).

Poucas informações estão disponíveis sobre a microbiota de frutas minimamente processados. Há relatos sobre porções de frutos cítricos e sucos não pasteurizados analisadas antes dos tratamentos industriais. Logo após o pré-processamento, a contaminação atingia entre 10^3 a 10^5 bactérias por mL e entre 10^3 a 10^4 leveduras e fungos por mL (Parish & Higgins, 1989; Parish & Higgins, 1990). O'Connor-shaw et al. (1994), estudando a vida de prateleira de melões, kiwi, mamões e abacaxis minimamente processados, observaram que a duração do armazenamento do produto e o tipo de contaminação estavam relacionados a cada tipo de fruto. Eles obtiveram uma vida de prateleira de 11 dias para abacaxis minimamente processados, armazenados a 4°C . Além disso, observaram que a contaminação microbiológica não foi a responsável pela deterioração dos frutos neste período de armazenamento.

O papel das leveduras na deterioração de frutos e hortaliças minimamente processadas tem recebido pouca atenção. Em muitos alimentos, leveduras causam deteriorações através das produções fermentativas de dióxido de carbono, etanol e odores e sabores desagradáveis (Nguyen-the & Carlin, 1994).

Hong & Gross (2001), verificaram a presença da podridão azul causada por espécies de *Penicillium*, em tomate fatiado, ao final do armazenamento (3ª semana) a 5°C. Os autores relacionaram o percentual de fungos visíveis ao pH das fatias. Citam também que ocorre uma pré-disposição à invasão dos frutos, se estes estiverem enfraquecidos pela injúria pelo frio, extensivo armazenamento sob atmosfera modificada ou apresentarem danos mecânicos.

Bai et al. (2001), observaram que a população de fungos e leveduras em melões minimamente processados sob atmosfera modificada era menor que a população bacteriana. Os autores atribuíram esse fato ao efeito bacteriostáticos de altas concentrações de dióxido de carbono. As baixas concentrações de oxigênio também inibiam o crescimento de vários organismos aeróbicos.

Ahvenainen (1996), observou que, durante o descascamento, corte e fatiamento, a superfície do produto é exposta ao ar e, com isso é possível a contaminação com bactérias, leveduras e fungos.

No caso de hortaliças minimamente processadas, a maior parte dos microorganismos que se desenvolvem são de categorias de baixa acidez (pH = 5,8-6,0), sendo favorecidos pela alta umidade e um número muito grande de superfícies cortadas (Willox et al., 1994).

2.5.1 Prevenção e controle

Pesquisas têm demonstrado que um aumento na população microbiana de vegetais minimamente processados terá direto impacto sobre a vida de prateleira do produto (Hurst, 1995).

Frutas e hortaliças minimamente processadas têm seu desenvolvimento e comercialização pouco difundidos pela indústria, estando presentes na principais cidades do país e alcançam uma boa aceitação no mercado. Embora ainda não tenham sido detectados problemas de toxinfecções relacionados a

estes produtos, problemas imprevistos provavelmente surgirão, o que vem gerando pesquisas antecipadas na tentativa de resolver ou minimizar efeitos negativos da indústria (Rosa & Carvalho, 2000).

Há várias medidas que podem ser tomadas para evitar problemas microbiológicos em produtos minimamente processados, sendo uma das mais valiosas, o uso de sistemas de garantia de qualidade desde a produção até a distribuição.

A deterioração microbiana de frutas e hortaliças parcialmente processadas pode ser controlada por diversas técnicas. Barreiras ao crescimento de microrganismos associadas a baixas temperaturas devem ser utilizadas na produção e comercialização de vegetais minimamente processados (King Junior & Bolin, 1989).

2.5.1.1 Ação da temperatura e da atmosfera modificada

Em vegetais minimamente processados, dois fatores devem ser considerados para explicar o efeito da temperatura, relativo à sua ação direta sobre a taxa de crescimento dos microrganismos: a temperatura de armazenamento influencia a taxa respiratória, causando dessa forma, alterações na composição atmosférica da embalagem. Essas alterações podem influenciar o comportamento dos microrganismos. A temperatura também pode influenciar a taxa de senescência das frutas e hortaliças minimamente processadas, modificando, dessa forma, o ambiente para microrganismos (Nguyen-the & Carlin, 1994).

Hurst (1995), reporta que a prevenção dos maiores riscos microbiológicos para frutas e hortaliças processadas envolve alguns aspectos como emprego da refrigeração, todavia essa técnica isolada não confere uma

proteção adequada contra microrganismos patogênicos, já que diversas bactérias patogênicas podem sobreviver e até se reproduzir nessas condições.

Quando a atmosfera modificada é associada à refrigeração, há substancial redução do crescimento microbiano e mudanças químicas e fisiológicas podem ser retardadas. O alcance do equilíbrio da atmosfera modificada irá não só depender da taxa respiratória intrínseca do produto, mas também será grandemente influenciado por várias características externas como temperatura, contaminação inicial, filme e equipamento da embalagem, umidade relativa, peso de enchimento, volume da embalagem, área de superfície do filme e grau de iluminação (Pirovani et al., 1998). Essas características necessitam ser otimizadas para cada cultura a fim de que os benefícios da atmosfera modificada sejam alcançados.

Rattanapanone et al. (2001), determinando a qualidade microbiológica de mangas minimamente processadas sob atmosfera controlada, observaram aumentos na contagem de fungos e leveduras e aeróbios totais, paralelamente à deterioração do tecido em todos os tratamentos. Embora a análise de correlação não tenha sido efetuada, a população era geralmente maior em tratamentos que também apresentavam uma baixa avaliação dos requisitos de qualidade.

Berrang, et al. (1989), reportam que o armazenamento sob atmosfera modificada inibe a taxa de crescimento de muitos organismos deteriorantes, certos patógenos, porém, podem se desenvolver sob condições de baixas concentrações de O_2 .

As concentrações de O_2 e CO_2 requeridas para inibir o crescimento e/ou germinação de esporos, varia entre diferentes espécies de fungos, mas, geralmente níveis abaixo de 1% de O_2 e acima de 10% de CO_2 são necessários para suprimir o crescimento significativamente (Kader, 1986). Esses níveis de gases porém podem levar ao acúmulo de etanol e acetaldeído nos tecidos. Por

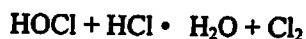
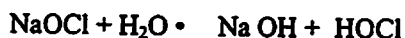
outro lado, o aumento de células viáveis de espécies deterioradoras como bactérias ácido lácticas e leveduras, as quais atingem rapidamente níveis acima de 10^7 UFC.g⁻¹, é acompanhado do acúmulo de metabólitos como o etanol, ácido láctico, etil acetato, etc. (Guerzoni et al., 1996).

2.5.1.2 Efeito da sanificação

A lavagem com água, que tem como finalidade a remoção das sujidades tais como resíduos de solo e restos vegetais é uma etapa normalmente utilizada nas operações de processamento mínimo, entretanto seu efeito na redução da carga microbiana é limitado. Conseqüentemente, outros tratamentos para desinfecção devem ser utilizados.

A sanificação com cloro (100 ppm por 5 minutos) é amplamente recomendada (Church & Pearsons, 1995).

O cloro em solução aquosa, exibe rápida ação microbiocida. Quando o hipoclorito de sódio é adicionado a água ele sofre a seguinte reação :



Os termos “cloro livre”, “cloro ativo”, e mais corretamente “cloro disponível”, são usados para descrever a quantidade de cloro em qualquer forma disponível para desinfecção e reação oxidativa (Cantwell, 1999).

Beuchat (1992), cita que uma solução aquosa de cloro, exibe rápida ação microbiana. O efeito letal de como esses radicais de cloro agem, ainda não estão totalmente claros, mas há várias teorias sobre o assunto. Uma delas diz que o radical HOCl, combina com as proteínas das membranas e forma o N-cloro, componente que interfere no metabolismo das células. A inibição de

enzimas sensíveis à oxidação pelo cloro também parece estar envolvida na inativação dos microrganismos.

Gil et al. (1996), utilizando a lavagem com cloro adicionado de antioxidantes em sementes de romã com objetivo de estabilizar a cor, não observaram melhoria de resultados quando comparadas com sementes lavadas apenas com o cloro .

Brecht (1995), demonstrou que a imersão em cloro resultou em efeitos similares ao uso do dióxido de enxofre na redução do escurecimento em alface rasgada.

A imersão das frutas e hortaliças em soluções de hipoclorito de sódio, pode reduzir a população de microrganismos. O uso de 60-80 ppm de hipoclorito de sódio na água é recomendado para a inativação de patógenos entéricos que podem estar presentes nas frutas e hortaliças. Beuchat & Brackett (1990), citam que a imersão de frutas e hortaliças na água contendo hipoclorito de sódio, por, no mínimo 30 segundos, é suficiente para a inativação dos microrganismos.

Segundo Bennik et al. (1996), a redução da microbiota inicial pela desinfecção poderá minimizar a contaminação microbiana e aumentar a segurança do produto, entretanto a bactéria patogênica *Listeria monocytogenes* cresce melhor no produto desinfectado, do que sobre o produto não-infectado ou lavado com água por causa da redução da microbiota residente competitiva, e indica a importância da prática da prevenção da recontaminação após a desinfecção.

Ukuku et al. (2001), observaram que o retardo na etapa de desinfecção em melões diminuía sua capacidade de redução da população microbiana, tanto para o tratamento com cloro como para o peróxido de hidrogênio, chegando a não-efetividade à 120 horas. Segundo esses autores, esse fato se deve à provável

formação de biofilmes e outras alterações físicas como a desidratação. Apesar dos tratamentos de lavagem, o número de microrganismos sobreviventes permanecia consistente sugerindo forte aderência à superfície dos melões ou possivelmente formação de biofilmes.

Segundo Cantwell (2000a), estrita higiene e a aplicação das Boas Práticas de Fabricação (BPF) são requerimentos básicos para o preparo de produtos minimamente processados.

A aplicação das Boas Práticas de Fabricação é essencial para a qualidade microbiológica dos produtos minimamente processados, sendo responsável pela máxima redução da carga de contaminação inicial e, conseqüentemente, seus níveis reduzidos durante o armazenamento e comercialização. Dentre as BPF, podemos destacar: boa qualidade da matéria-prima, higiene dos manipuladores, utensílios e ambiente de trabalho, instalações adequadas, equipamentos de fácil higienização, boa qualidade da água, sanificação com cloro, tempo mínimo entre o preparo e o armazenamento, temperatura e umidade relativa adequadas durante o armazenamento.

Estabelecer práticas sanitárias consistentes por meio da lavagem e cloração da água, assim como o gerenciamento da refrigeração em todas as etapas do processamento mínimo é um desafio. Para que isso se torne possível é fundamental o desenvolvimento de pesquisas em sanificação, condições da embalagem e atmosfera de armazenamento e a sobrevivência de patógenos, para a produção de um produto seguro e saudável para o consumidor.

Abacaxis minimamente processados estão se tornando populares. Estabelecer técnicas de segurança e embalagem para as diferentes variedades, verificando suas alterações durante o armazenamento permitirá o estabelecimento de sua vida de prateleira, possibilitando posteriormente uma maior aceitação e confiabilidade dos produtos pelo consumidor.



3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Procedência e seleção da amostra

Os abacaxis (*Ananas comosus* L. Merr.) cv. Smooth Cayenne, foram procedentes do município de Monte Alegre de Minas – MG, situado a 18° 52' de latitude Sul, 48° 52' de longitude e 730 m de altitude. A região apresenta precipitação média anual de 1300 mm e temperatura média de 22,7 °C. Foram colhidos 50 frutos no mês de julho, com 15 meses após o plantio, no grau 3 de maturação (amarelecimento atingindo mais da metade da superfície da casca) (Py et al., 1985).

Doze horas após a colheita os frutos foram transportados em caixas de papelão fechadas, para o Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Lavras e armazenados a 5°C ± 1°C até o início dos trabalhos, totalizando um intervalo de 36 horas entre a colheita e o processamento.

3.2 Metodologia

3.2.1 Processamento do fruto

Os frutos tiveram a superfície lavada e sanificada por imersão em solução de hipoclorito de sódio, com diluição para obtenção de solução com 200 ppm cloro ativo, na temperatura de ± 5°C, durante 15 minutos, após o que foram descascados manualmente na Unidade de Processamento Mínimo do LBF, tendo-se o cuidado de utilizar práticas adequadas de higiene dos manipuladores, desinfecção das facas e utensílios utilizados e do ambiente, fazendo-se uso de luvas, máscaras e toucas descartáveis. Em seguida, os abacaxis foram cortados em palitos com 10 mm de lado e 40 mm de

comprimento, utilizando-se um multiprocessador MASTER AT. Esses palitos foram submetidos à sanificação em imersão por 3 minutos, em solução de hipoclorito de sódio diluída para obtenção de concentração de 100 ppm de cloro ativo e temperatura de $\pm 5^{\circ}\text{C}$, conforme literatura consultada (Rocha et al., 1996).

Realizou-se drenagem utilizando-se peneiras especiais de plástico, para retirada do excesso de líquido acumulado nas etapas anteriores.

Após o processamento, as amostras foram acondicionadas em embalagem de polipropileno média barreira (13,5 cm de comprimento x 10,0 cm de largura x 4,0 cm de altura) e seladas com filme flexível de poliéster + polipropileno alta barreira, em seladora à vácuo, fazendo-se uso de injeção de gases para obtenção de atmosfera modificada ativa : com 5% de O_2 e 5% de CO_2 (AMA-1) e com 2% O_2 e 10% de CO_2 (AMA-2). Como controle, utilizou-se a embalagem das amostras sob atmosfera modificada passiva (AMP)

Cada embalagem continha cerca de 150 g de frutos. As embalagens foram armazenadas sob refrigeração ($5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) em câmara fria com UR de $85\% \pm 5\%$. As amostras foram analisadas em intervalos de 2 dias, num total de 8 dias de armazenamento, para caracterização da qualidade física, físico-química, química, bioquímica e microbiológica .

3.2.2 Avaliações físico-químicas, químicas e bioquímicas

a) Acidez Total Titulável (ATT)

Medida por titulação do homogenato filtrado com gaze com NaOH 0,1N, de acordo com técnica preconizada pela Association of Official Agricultural Chemists (1990), e os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico.

b) pH

Os valores do pH foram obtidos por potenciometria em eletrodo de vidro, utilizando um pHmetro B474 da Micronal, segundo técnica preconizada pela Association of Official Agricultural Chemists (1990).

c) Sólidos Solúveis Totais (SST)

O teor de sólidos solúveis da polpa do abacaxi sem diluição foi determinado por refratometria, conforme as normas da Association of Official Agricultural Chemists (1990), utilizando-se refratômetro digital ATAGO PR-1000, após filtragem do homogenato em gaze. Os resultados foram expressos em graus Brix.

d) Textura

A firmeza dos palitos de abacaxi foi determinada com o auxílio de um analisador de textura modelo TA.XT2i, utilizando-se uma sonda de aço inoxidável de 2 mm de diâmetro (P/2N), que mediu a força de penetração desta na fatia (palito), numa velocidade de 5 mm/s e numa distância máxima de penetração de 7 mm, valores esses previamente fixados. Foi utilizada uma plataforma HDP/90 como base para o Texturômetro. A sonda foi devidamente calibrada com a célula de carga. A firmeza dos palitos foi expressa em Newtons (N).

e) Pectina Total (PT) e Pectina Solúvel (PS)

A polpa foi homogeneizada em homogeneizador de tecidos (Tissumizer-Tekman Company., modelo TR-10). As frações pectina total e solúvel foram extraídas de acordo com a técnica preconizada por Mc Cready & Mc Comb (1952), a partir de 5 g de polpa homogeneizada para cada fração. A leitura foi

determinada espectrofotometricamente a 530 nm, segundo método de Blumenkrantz & Asboe-Hansen (1973). A extração da pectina total foi realizada em solução Versene (sal EDTA) e a pectina solúvel, extraída em água destilada. Os resultados foram expressos mg de ácido galacturônico . 100g⁻¹.

f) Líquido Drenado

Determinado por gravimetria, sendo retirado do interior das embalagens nos intervalos de tempo determinados, ou seja de 2 em 2 dias, pesado e expresso em porcentagem.

g) Atividade da polifenoloxidase (PFO)

A extração foi feita de acordo com o método proposto por Matsuno & Uritane (1972) e a atividade expressa em unidade por minuto por grama de tecido fresco, segundo método proposto por Teisson (1979), utilizando-se os seguintes procedimentos:

Para a extração, 100 gramas do tecido vegetal fresco foram homogeneizados por 3 minutos em 100 mL de tampão fosfato 0,05 M, pH 7,0, em um homogeneizador do tipo Politron. O produto resultante foi filtrado em papel Whatman nº 1 à vácuo e centrifugado, logo em seguida, a 10.000 rpm por 10 minutos (100 g). O sobrenadante constituiu a fonte enzimática. Todo este procedimento foi realizado à 4 ° C. Para a determinação da atividade enzimática, adicionou-se 0,5 mL do extrato enzimático a 1,8 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 7,0) e a 0,05 mL de catecol 10 mM (recém preparado). Incubou-se o extrato por 30 minutos a 30°C. A reação foi interrompida pela adição de 0,8 mL de ácido perclórico 2 N. Foram utilizados dois tubos branco, substituindo-se o extrato enzimático por água destilada. A leitura foi realizada em

espectrofotômetro à 395 nm. Considerou-se uma unidade (U) como a quantidade de enzima que produziu uma mudança de 0,001 na absorbância.

h) Extração e doseamento da Parede Celular

A parede celular foi extraída do tecido mesocárpico como descrito por Mitcham & McDonald (1992), com algumas modificações. O mesocarpo (100g) foi triturado em homogeneizador de tecidos (Polytron- Tekmar Company) com etanol 80% (100 mL). O resíduo foi lavado com tampão fosfato 50 mM, pH 6,8 (200 mL) e filtrado sob vácuo. Adicionaram-se 70 mL de fenol: ácido acético: água (2:1:1 v/v) e manteve-se em repouso por 20 minutos. Lavou-se novamente o resíduo com tampão fosfato 50 mM, pH 6,8 (200 mL). A parede celular foi sucessivamente lavada com clorofórmio: metanol (1:1 v/v) 70 mL e acetona (3 porções de 70 mL), seguida de secagem sob vácuo a temperatura ambiente.

Celulose

A concentração de celulose foi determinada pelo método da Antrona, segundo Dische (1962), após a digestão de 2 mg de parede celular em 3 mL de H₂SO₄ 72% por 12 h.. Os resultados foram expressos em porcentagem de celulose na parede celular.

Hemicelulose

Realizou-se a solubilização de 2 mg de parede celular em 1 mL de ácido trifluoracético (TFA 2N) a 120 ° C por 1 h, diluídos em 50 mL de água destilada e filtrados em papel de filtro. Os açúcares neutros presentes no filtrado foram determinados por intermédio do método da Antrona (Dische, 1962) e os resultados expressos em porcentagem de hemicelulose na parede celular.

Poliuronídeos Totais

Foram digeridos 2 mg de parede celular em 3 mL de H₂ SO₄ 67% por 12 h, e o teor de ácidos urônicos foi doseado pelo método do carbazol (Bitter & Muir, 1963). Os resultados foram expressos em percentagem de pectina na parede celular.

i) Fracionamento da parede celular

Realizado de acordo com Ranwala, 1992. O material da parede celular foi incubado em EDTA 0,5% em tampão fosfato 50 mM, pH 6,8 (200mL) por 4 horas a 100 ° C. O extrato, após filtragem, foi designado fração solúvel em EDTA 0,5% (fração péctica). O resíduo foi lavado extensivamente com água destilada (2 litros) e incubado com KOH 4M por 24 horas à 30 ° C. O extrato foi filtrado e subseqüentemente neutralizado com ácido acético. O filtrado neutralizado foi submetido à diálise com agitação ininterrupta por 72 horas com 12 trocas de água destilada, seguida de liofilização por 72 horas, obtendo-se assim, a fração da parede celular solúvel em KOH 4M (fração hemicelulósica).

j) Açúcares Neutros

A derivatização dos açúcares foi realizada de acordo com a técnica de Albersheim et al. (1967), mediante a hidrólise, redução e a acetilação dos açúcares neutros.

As amostras derivatizadas foram diluídas com 200 µL de acetona e injetados (2 µL) em cromatógrafo à gás modelo VARIAN 3800 com coluna capilar OV-DB 225, 0,25 mm de diâmetro interno e 25 m de comprimento, acoplado a um integrador.

Os gases utilizados foram o hidrogênio como gás de queima, o ar sintético, como mantedor da chama e o 'make up', uma mistura de hidrogênio e nitrogênio (30 mL/ min). Utilizou-se sensibilidade 10^{-11} e atenuação 10. A pressão da coluna era de 21 psi, o fluxo da coluna 1,0 mL/ min e gás de arraste 3,0 mL/min. Foram utilizadas as seguintes temperaturas: coluna 210 ° C, injetor 250 ° C e detetor 300 °C. Utilizou-se como padrão uma mistura dos açúcares: ramnose, fucose, arabinose, xilose, manose, galactose, glicose e inositol (padrão interno), todos na concentração de 400 µL/ mL (De Vetten & Huber, 1990).

l) Cromatografia Gélida da fração da parede celular solúvel em EDTA 0,5% (fração poliuronídica) e KOH 4M (hemicelulose)

Quantidades equivalentes da fração péctica (cerca de 1,5 mg de uronídeos) foram solubilizadas em água destilada e aplicadas na coluna, após filtragem em papel de filtro. A corrida gélida dos poliuronídeos foi realizada em coluna pré-empacotada Sephacryl S-200, 16/60, " High resolution" (Pharmacia Biotech), eluída com tampão fosfato 50 mM, pH 6,8. A calibração da coluna para a hemicelulose foi feita com "blue dextran" (2000 kDa), dextranas de 40 e 70 kDa e glicose. Para os poliuronídeos, utilizou-se pectina de alto peso molecular e ácido galacturônico. O fluxo do sistema foi ajustado em 20 mL por hora. Após cada etapa de fracionamento, fez-se a lavagem do sistema, permitindo-se a passagem de tampão correspondente a 2 vezes o seu volume total. Frações de 2 mL foram coletadas e analisadas para ácidos urônicos (Bitter & Muir, 1962) e hemicelulose utilizando-se 1,0 mL do efluente.

m) Dióxido de carbono (CO₂)

O CO₂ presente no interior das embalagens plásticas, foi retirado por meio de seringas de vidro (gás tight), com agulhas de aço inoxidável e capacidade de 5 mL, específicas para cromatografia gasosa, e determinado durante o armazenamento, mediante cromatógrafo a gás, modelo Varian 3800, equipado com detector de condutividade térmica e coluna Chromopak, utilizando-se como gás de arraste o nitrogênio, com um fluxo de 2,5 mL/min. A temperatura do forno foi de 220°C. O volume injetado foi de 50 µL e o resultado, expresso em porcentagem, por integrador computadorizado acoplado ao cromatógrafo.

n) Acetaldeído e Etanol

As amostras foram preparadas utilizando-se um tubo de ensaio com tampa rosqueada, com uma perfuração no centro e um septo, no qual acrescentaram-se: 2,5 g de polpa de abacaxi, 2,5 mL de água destilada e deionizada, 2,5 g de cloreto de sódio e 1 mL do padrão interno (butanol)

Levou-se à temperatura de congelamento de - 80 °C . Depois de congelados, os tubos contendo as amostras foram colocados em um bloco aquecedor, aumentando-se a temperatura gradativamente até atingir 80 °C.

As amostras permaneceram nessa temperatura durante 1 hora, e foram homogeneizadas de 15 em 15 minutos com homogeneizador de tubos tipo Vortex.

Após a homogeneização das amostras, coletaram-se 500 µ L do "headspace" por meio do septo, utilizando-se uma seringa tipo Gastight da marca Hamilton, com posterior injeção no cromatógrafo.

As análises do etanol e acetaldeído foram realizadas pelo método de cromatografia a gás adaptado de Oto et al. (1997) e Abreu (1995b), utilizando-se um cromatógrafo à gás da marca Varian, modelo 3800, conectado a uma

“workstation”, versão Varian Star 4.5. Coluna cromatográfica Varian-Wax (30m x 0,320 mm; 0,25 μ m) e detector DIC (detector de ionização de chama).

3.2.3 Análises Microbiológicas

Foram coletadas assepticamente, amostras de 25g do produto, de cada embalagem, durante o período de armazenamento.

As amostras foram eluídas em água peptonada a 0,1% estéril e posteriormente feitas as diluições seriadas para a inoculação dos diferentes meios de cultura utilizados no experimento.

Contagem total de fungos e leveduras: utilizou-se o meio Batata Dextrose Agar (BDA) acidificado com ácido tartárico a 3,5%, que após inoculação foi incubado a 25 ° C por 3 a 5 dias.

Contagem de coliformes totais e fecais: utilizou-se o meio de cultura Lauryl Sulfato Triptose (LST) para inoculação de coliformes em série de 3 tubos, contendo tubo de Durhan invertido, que foram incubados a 35 – 37 °C, por 48 horas. Após as leituras, foram feitos os cálculos do número de coliformes fecais e totais utilizando-se a Tabela do NMP (número mais provável) por grama de amostra.

3.2.4 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em fatorial 3x5 (3 níveis de atmosferas- AM Passiva, AM Ativa 2% O₂ e 10% CO₂, AM Ativa 5% O₂ e 5% CO₂ e 5 tempos de amostragem- 0, 2, 4, 6, 8 dias), com 3 repetições. A parcela experimental foi constituída de uma bandeja contendo 150 g de fruto.

Os resultados das várias características avaliadas foram submetidos à análise de variância. Quando houve efeito significativo dos fatores, as suas respectivas médias foram comparadas, mediante o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. As análises de variância foram efetuadas como emprego de “software” SANEST (Zonta & Machado, 1991). Os resultados também foram submetidos à análise de regressão (linear, quadrática e cúbica), verificando-se a que melhor se ajustava aos dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 pH e acidez total titulável (ATT)

O abacaxi é considerado um fruto ácido com a maioria das cultivares apresentando valores de pH na faixa de 3,10 a 3,85 (Rocha, 1982). No presente estudo encontraram-se valores de pH variando de 3,26 a 3,43, dentro da faixa relacionada na literatura (Tabela 1); pela análise estatística não foi detectada influência das atmosferas modificadas sobre o pH do produto.

TABELA 1 Valores médios de pH do abacaxi Smooth Cayenne minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas			Médias
	AMP	AMA-1	AMA-2	
0	3,37	3,28	3,28	3,31
2	3,35	3,35	3,34	3,35
4	3,43	3,35	3,40	3,39
6	3,35	3,32	3,29	3,32
8	3,39	3,30	3,26	3,32
Médias	3,38 a	3,32 a	3,32 a	3,34

Letras iguais, nas linhas, indicam médias iguais pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Com relação ao pH do abacaxi minimamente processado, não houve diferença significativa entre os tratamentos estudados, apesar da ligeira elevação que era esperada em função da redução da acidez titulável.

Em mangas minimamente processadas (Rattanapanone et al., 2001), o pH dos pedaços alterou-se levemente durante 8 dias de armazenamento sob

atmosfera controlada. Esses autores citam que o pH de espinafre minimamente processado (Babic & Watada, 1996), aumentou durante o armazenamento, ao passo que o pH de melões minimamente processados (Q, et al., 1999) decresceu, portanto, concluem que o significado dessas alterações de pH nesses curtos períodos é desconhecido.

As alterações no pH nos tecidos estão entre os efeitos indesejáveis das elevadas concentrações de CO₂, as quais inibem a atividade da enzima succinato desidrogenase, resultando no acúmulo do ácido succínico, que é intoxicante para as células, podendo atingir tal ponto que as funções fisiológicas normais não são mais sustentáveis (Rolle & Chism III, 1987).

A ATT calculada em % de ácido cítrico no decorrer do armazenamento é apresentada na Tabela 2. Os valores variaram de 0,451 a 0,572% de ácido cítrico, concordando com resultados apresentados na literatura (Gonçalves, 1998). Observou-se uma ligeira redução nos valores de ATT com o tempo, assim como ligeira elevação nos valores de pH. Pode-se associar essa redução na acidez à possível perda de ácidos orgânicos em virtude da drenagem do líquido celular, quando o fruto sofre o processamento mínimo, ou seja o seu corte.

Esse comportamento diferenciou-se do encontrado para frutos inteiros, nos quais se observou um pequeno aumento da acidez titulável durante o armazenamento de abacaxis da variedade Pérola (Vilas Boas & Lima, 1999) e com Abreu (1995a), no estudo do armazenamento de abacaxis cv. Smooth Cayenne.

Apesar dessa ligeira redução, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos estudados nos tempos 0, 2, 4 e 8. O efeito do tempo sobre a acidez foi significativo para a atmosfera com 2% de O₂ e 10% de CO₂, no tempo 6 dias de armazenamento, com menores valores de ATT.

TABELA 2 Valores médios de acidez total titulável –ATT (% de ácido cítrico), do abacaxi ‘Smooth Cayenne’, minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas			Médias
	AMP	AMA-1	AMA-2	
0	0,57 A	0,55 A	0,55 A	0,53
2	0,48 A	0,50 A	0,51 A	0,49
4	0,53 A	0,55 A	0,57 A	0,55
6	0,53 A	0,53 A	0,45 B	0,50
8	0,51 A	0,51 A	0,47 A	0,50
Médias	0,52	0,53	0,51	0,52

Mesma letra maiúscula nas linhas, indica médias iguais pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Freire-Junior (1999) observou redução nos teores de acidez em alface minimamente processadas sob atmosfera modificada, detectando valores bem abaixo dos resultados encontrados na literatura. O autor atribuiu os resultados ao sistema de cultivo (hidroponia), e as condições pré-colheita.

4.2 Sólidos Solúveis Totais (SST)

Houve uma ligeira diminuição, nos teores de SST com o tempo de armazenamento (Tabela 3). Os tratamentos com atmosfera diferenciaram significativamente entre si, e o tratamento com atmosfera passiva (controle), apresentou valores mais altos de SST quando comparados com o tratamento AMA-1. Os sólidos solúveis totais expressam os teores de açúcares solúveis, ácidos orgânicos e outros constituintes menores (Hobson & Grierson, 1993). Um dos fatores aos quais pode se atribuir a diminuição dos SST seria ao maior

consumo de constituintes orgânicos no processo respiratório do próprio fruto e também dos fungos e leveduras que se desenvolveram no decorrer do armazenamento do produto minimamente processado .

TABELA 3 Valores médios de sólidos solúveis totais- SST (°Brix) do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado (controle - AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ - AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ - AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas			Médias
	AMP	AMA-1	AMA-2	
0	11,7	10,1	10,9	10,9
2	10,4	9,7	9,4	9,9
4	10,8	8,8	10,30	10,0
6	9,5	9,5	10,8	9,9
8	10,4	8,9	8,9	9,4
Médias	10,6 a	9,4 b	10,1 ab	10,0

Letras iguais, nas linhas, indicam médias iguais pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

O líquido drenado dos pedaços de frutos minimamente processados são ricos em açúcares. Portela & Cantwell (2001), estudando o efeito dos tipos de cortes em melões minimamente processados, observaram decréscimo no teor de açúcares totais, principalmente nos pedaços obtidos por meio de lâminas não afiadas. Bai et al. (2001), não observaram alterações nos teores de sólidos solúveis totais em melões minimamente processados submetidos a atmosferas modificadas, durante o armazenamento, entretanto os valores encontrados estiveram abaixo do esperado, provavelmente por causa do influxo de sanificante, levando ao ganho de peso dos cubos após a sanificação por imersão.

Mattiuz et al. (2000) detectaram uma tendência à redução nos teores de sólidos solúveis totais em goiabas minimamente processadas.

A diminuição da temperatura reduz os processos fisiológicos pós-colheita; no entanto, essa redução deve ser suficiente para manter as células vivas, preservando sua qualidade durante o período de armazenamento. Os principais substratos de respiração são os açúcares e os ácidos orgânicos. Entre as reações químicas que ocorrem durante a maturação, uma das mais proeminentes é a modificação dos carboidratos. Esses abrangem um dos maiores grupos de compostos orgânicos que desempenham características na estrutura, sabor e valor nutricional dos frutos. Os carboidratos sofrem mudanças qualitativas e quantitativas durante o seu desenvolvimento, em decorrência da atividade enzimática, as quais podem também ser afetadas pelas condições de armazenamento (Huddar et al., 1988). Blanchard et al. (1996), observaram redução nos teores de açúcares totais em alho minimamente processado. Os autores observaram menores teores de açúcares nos produtos armazenados em atmosfera controlada quando comparados aos produtos armazenados em atmosfera modificada passiva. Os resultados foram relacionados ao aumento da respiração.

4.3 Textura

Notou-se que os valores de textura do abacaxi minimamente processado diminuíram no decorrer do armazenamento no controle AMP e na atmosfera ativa AMA-2, elevando-se ligeiramente no tratamento AMA-1, não havendo porém, nenhuma diferença significativa ($p < 0,05$) entre eles (Tabela 4).

O tempo de armazenamento também não influenciou significativamente a textura do produto.

Frutas e hortaliças perdem sua aparência de frescor típica e textura característica quando são expostas a armazenamento sob refrigeração até mesmo por curtos períodos. Essas alterações são aceleradas quando as células são injuriadas, como no descascamento e fatiamento (Bolin & Huxoll, 1989).

As condições de atmosfera modificada retardam o amadurecimento e amaciamento de frutos. Elevadas concentrações de CO₂ têm um efeito mais significativo na retenção da firmeza do que a redução do O₂ (Kader, 1986). No presente estudo, embora tenha-se notado um efeito positivo da atmosfera AMA-1 (5% CO₂ e 5% O₂) sobre a firmeza do produto, estatisticamente não foi comprovado. O mesmo efeito foi observado em mangas minimamente processadas, nas quais a força de cisalhamento foi afetada pelo tempo de armazenamento e diferiu entre as amostras de lotes individuais (Rattanapanone et al., 2001), entretanto, essas diferenças não foram estatisticamente significativas.

TABELA 4 Valores médios de Textura (N) do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas			Médias
	AMP	AMA-1	AMA-2	
0	0,53a	0,30a	0,47a	0,44
2	0,42a	0,41a	0,43a	0,42
4	0,46a	0,40a	0,38a	0,41
6	0,42a	0,50a	0,56a	0,49
8	0,50a	0,39a	0,39a	0,43
Médias	0,47	0,40	0,45	0,44

Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente, à nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

O uso de atmosferas modificadas tem sido reportado como método que reduz a perda da firmeza durante o armazenamento. Uma hipótese geral para o modo de ação da atmosfera modificada na manutenção da textura está aparentemente relacionado à redução da perda d'água pelo efeito da embalagem (Huxoll & Bolin, 1989).

Bai et al. (2001) não observaram diferenças significativas na firmeza dos cubos de melões minimamente processados, comparando diferentes tipos de embalagens e temperaturas. Entretanto, detectaram diferenças significativas na firmeza dos frutos em função de sua origem: derivados do campo, perda da firmeza em 10%, e frutos procedentes do mercado, perda da firmeza em 34% no armazenamento.

4.4 Pectina Total (PT) e Pectina Solúvel (PS)

Nos abacaxis minimamente processados, em relação à pectina total, observou-se um aumento nos seus teores no decorrer do período de armazenamento, mostrando interação significativa entre tratamentos e tempo de armazenamento ($p < 0,05$) (Tabela 5). A aplicação da AMA-2 (2% O₂ e 10% CO₂), proporcionou maiores valores de pectina total no abacaxi minimamente processado, diferindo dos demais tratamentos no oitavo dia de armazenamento. Com o amadurecimento dos frutos e o início do amaciamento, há tendência de degradação de vários componentes da parede celular, caracterizado em parte pelo aumento da solubilização e despolimerização das pectinas. Essa modificação está relacionada à atuação de enzimas diversas, notadamente poligalacturonases e β -galactosidases. Durante o amaciamento ocorre um decréscimo dos ácidos urônicos ligados à parede celular, acompanhado de um aumento em uronídeos solúveis (King Junior & Bolin, 1989).

TABELA 5 Valores médios de pectina total (mg de ácido galacturônico/100g polpa fresca), do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas			Médias
	AMP	AMA-1	AMA-2	
0	72,32a	72,91a	78,29a	74,51
2	73,28a	74,02a	81,15a	76,15
4	74,75a	75,77a	85,37a	78,63
6	84,04a	84,65a	86,19a	84,96
8	87,50a	85,12a	92,03b	88,22
Médias	78,38	78,49	84,61	80,49

Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente, à nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

A pectina solúvel apresentou da mesma maneira que a pectina total, uma interação significativa entre o tempo de armazenamento e os tratamentos ($p < 0,05$). Verifica-se que a solubilização teve início a partir do segundo dia de armazenamento para todos os tratamentos analisados (Tabela 6). Atmosferas modificadas ativas (2% de O₂ e 10% de CO₂ e 5% de O₂ e 5% de CO₂) proporcionaram menor solubilização das substâncias pécticas até o sexto dia de armazenamento, indicando esses tratamentos como mais efetivos nesse caso. Esse aumento na solubilização das substâncias pécticas foi detectado em tomates por outros autores (Resende, 1995; Filgueiras, 1996; Vilas Boas, 1998). Nos tempos em que não foram observadas alterações significativas nas substâncias pécticas, pode-se atribuir ao efeito da atmosfera modificada ativa.

Mattiuz et al. (2000), observaram que em goiabas minimamente processadas, submetidas à atmosfera modificada passiva, os teores de pectinas total e solúvel não variaram durante o armazenamento por 10 dias a 3°C. Condições de atmosfera modificada podem reduzir as taxas de formação de poliuronídeos solúveis (Kader, 1986).

TABELA 6 Valores médios de pectina solúvel (mg de ac. galacturônico/100 g de polpa fresca) do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado (controle - AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ - AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ - AMA-2), armazenado à 5°C ± 1°C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas			Médias
	AMP	AMA-1	AMA-2	
0	12,24a	13,28a	11,99a	12,50
2	17,79a	15,06b	16,92a	16,59
4	17,81a	16,8a	17,36a	17,32
6	19,41a	17,04b	17,63b	18,03
8	18,36a	18,36a	18,35a	18,36
Médias	17,12	16,11	16,45	16,56

Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente, à nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

4.5 Líquido Drenado

A superfície desprotegida de vegetais minimamente processados acarreta a perda de umidade em uma taxa extremamente rápida, dependendo da atmosfera de armazenamento.

Notou-se um aumento na quantidade de líquido drenado com o decorrer do tempo em todos os tratamentos analisados, porém esse aumento não foi significativo em relação à interação das variáveis tempo e atmosferas analisadas. (Tabela 7 e Figura 1).

TABELA 7 Valores médios de líquido drenado (%) do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas			Médias
	AMP	AMA-1	AMA-2	
0	0.00a	0.00a	0.00a	0.00
2	1.31a	1,24a	1,34a	1.30
4	1,73a	1,52a	1,66a	1,64
6	1,45a	1,90a	2,09a	1,81
8	1,83a	2,15a	1,75a	1,91
Médias	1.26a	1,36a	1,39a	1,34

Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente, à nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey

A perda da textura em alfaces (Prakash et al., 2000) está usualmente associada a perdas de umidade (acima de 5%), que diminuem a turgidez das células.

No presente estudo, as condições de armazenamento: temperatura, embalagem e umidade relativa utilizadas, foram eficientes no controle da perda de líquido drenado do produto, mantendo baixos percentuais de perdas até o 8º dia de armazenamento. O maior percentual obtido foi para o tratamento AMA-1, no 8º dia, 2,15%.

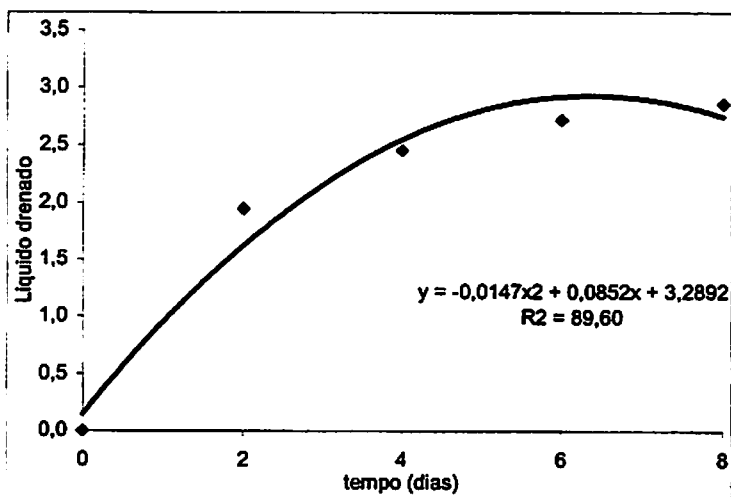


FIGURA 1 Regressão para valores médios de líquido drenado (g) do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

A oscilação da temperatura, é um fator crítico na liberação de líquido pelo produto. Durante o período experimental, tais variações não ocorreram, contribuindo para a manutenção das características de qualidade do produto.

4.6 Polifenoloxidase (PFO)

No presente estudo, houve diferença altamente significativa ($p < 0,01$) para todas as atmosferas analisadas verificando-se valores mais baixos de atividade da polifenoloxidase, para amostras de abacaxi acondicionadas em atmosfera passiva (AMP), seguida de amostras acondicionadas em AMA-2, indicando uma menor eficiência na manutenção da qualidade utilizando-se os tratamentos com atmosfera modificada ativa (Tabela 8). Nos tempos 2, 6 e 8, os

tratamentos com atmosfera modificada ativa não apresentaram diferença significativa entre si. Esse fenômeno pode ter ocorrido em virtude de atmosferas injuriosas, ou seja atmosferas com concentrações muito baixas de O₂ (2%), e muito altas de CO₂ (10%) (Kader,1986).

TABELA 8. Valores médios da polifenoloxidase (U.min⁻¹.g⁻¹) do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas			Médias
	AMP	AMA-1	AMA-2	
0	10,67Aa	24,24Cc	16,33Bab	17,08
2	12,59Aab	17,42Ba	16,86Ba	15,62
4	12,47Aa	21,89Cb	17,58Bab	17,31
6	15,22Ab	20,06Bab	20,46Bb	18,58
8	18,23Ac	23,57Bc	24,09Bc	21,96
Médias	13,84	21,44	19,06	18,11

Mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula na coluna, indicam médias iguais pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Embora a completa remoção do O₂ seja a mais satisfatória forma de controlar a oxidação de fenólicos catalisada pela polifenoloxidase, isso não é aplicável a tecidos vivos por conduzir à respiração anaeróbica.

Segundo Ke & Saltveit (1989), o aumento do teor de CO₂ induz à atividade da fenilalanina amônia-liase que, por sua vez, aumenta a produção de ácido cinâmico e seus derivados, que serão metabolizados a compostos fenólicos solúveis e utilizados como substrato pela PFO, causando escurecimento.

Pela análise estatística, verificou-se efeito altamente significativo ($p < 0,01$) do tempo de armazenamento sobre a atividade da PFO, e os valores mais altos detectados no tempo 8 em todos os tratamentos.

Observou-se um aumento linear da atividade enzimática sob a atmosfera passiva AMP, e na atmosfera modificada ativa AMA-2 (Figura 2).

O tratamento AMA-1 apresentou os valores mais constantes de atividade enzimática (Tabela 8), mas que por sua vez, também apresentou a maior atividade média durante o armazenamento.

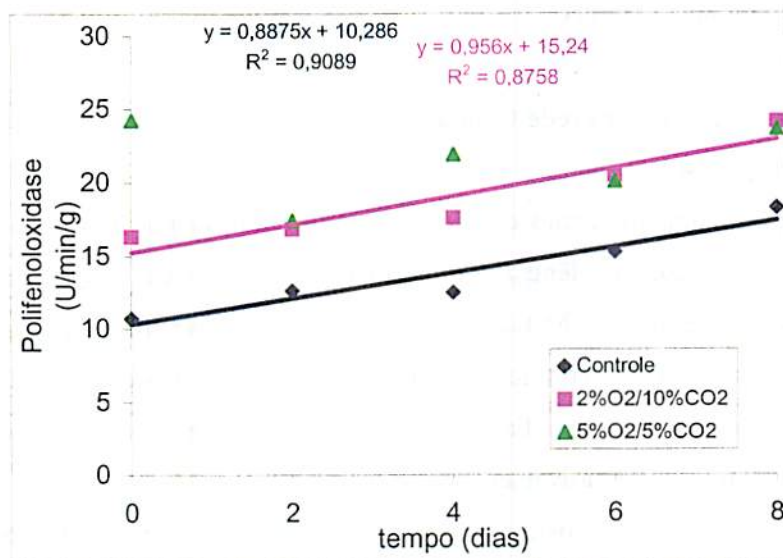


FIGURA 2 Regressão para valores médios de polifenoloxidase ($U \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à $5 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $85\% \pm 5\%$ UR, durante 8 dias.

Yahia et al. (1985), verificou que elevadas concentrações de CO₂ (5 a 15%) aumentaram o escurecimento em uvas. Como a polifenoloxidase é considerada a mais importante enzima que catalisa a oxidação de fenólicos, resultando na polimerização de pigmentos escuros, pode-se sugerir que os frutos que foram armazenados em atmosfera modificada passiva mantiveram a cor original por mais tempo à temperatura a 5 ° C.

O abacaxi apresenta sensibilidade ao frio, e são temperaturas críticas consideradas abaixo de 12°C (Cunha, et al., 1999). A temperatura de 5° C, utilizada nesse estudo, provavelmente favoreceu a elevação da atividade da PFO, ao longo do tempo.

4.7 Compostos de Parede Celular

4.7.1 Celulose

O comportamento do teor de celulose variou nos frutos dos diversos tratamentos, com tendência à redução com o tempo de armazenamento nos tratamentos AMP e AMA-2 (Tabela 9). Observou-se diferença significativa entre os tratamentos com atmosfera modificada ativa e o controle. O controle AMP apresentou os mais baixos valores médios de celulose na parede celular, não diferindo significativamente entre si.

Embora se possa antecipar que mudanças na celulose estejam associadas ao amaciamento dos tecidos durante o amadurecimento, parece que essa suposição não é verdadeira. Em pêras e tomates, os níveis de celulose permaneceram constantes ou mesmo incrementaram levemente durante o amadurecimento (Gross & Wallner, 1979; Ahmed & Labavitch, 1980). As mudanças ultra-estruturais detectadas podem ser resultado da degradação de um componente da matriz não celulósica que culminou na perda da organização microfibrilar.

As atmosferas modificadas ativas diferenciaram-se do controle em todos os tempos estudados, exceto da AMA-1 no tempo 0 e da AMA-2 no tempo 6.

Os percentuais de celulose variaram acentuadamente nos tratamentos que utilizaram a atmosfera modificada ativa até o sexto dia de armazenamento.

TABELA 9 Valores médios de Celulose (%) do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas			Médias
	AMP	AMA-1	AMA-2	
0	41.70 a	38.67 a	54.86 b	45.08
2	31.46 a	53.42 c	39.69 b	41.52
4	39.62 a	46.65 b	40.71 a	42.33
6	40.25 a	48.81 b	56.02 c	48.36
8	37.23 a	50.88 b	52.47 b	46.86
Médias	38.05	47.68	48.75	

Mesma letra minúscula indica médias iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.7.2 Hemicelulose total

A hemicelulose é um polissacarídeo heterogêneo constituído por açúcares neutros que interagem com a celulose e as substâncias pécicas. Pela Tabela 10 observa-se, de um modo geral, uma redução no teor de hemicelulose com o tempo de armazenamento nos tratamentos AMP e AMA-2 concordando com resultados obtidos em tomates por Filgueiras (1996) e Vilas Boas (1998).

O tratamento AMA-2 diferiu estatisticamente do controle AMP e do tratamento AMA-1. Embora se possa observar uma ligeira elevação até o 6º dia, e posterior redução nos conteúdos de hemicelulose no 8º dia de armazenamento,

estatisticamente, essas variações não foram consideradas significativas e nos tempos estudados, essa redução apresentou diferença significativa entre si ($p < 0,05$).

O tratamento controle AMP, determinou uma redução nos valores de hemicelulose. Resultados similares foram observados por Sakurai & Nevin (1993), que detectaram a redução de 50% na massa molecular de hemiceluloses, ao compararem-se tomates verdes e vermelhos. Tal redução associou-se primariamente, com a degradação das xiloglucanas, contribuindo para o amaciamento dos tomates.

TABELA 10 Valores médios de hemicelulose total (%) do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas			Médias
	AMP	AMA-1	AMA-2	
0	22.35 b	18.25 ab	15.33 a	18.64
2	20.28 b	16.30 a	13.58 a	16.72
4	19.96 b	17.23 ab	16.22 a	17.80
6	13.81 a	21.30 ab	16.66 a	17.25
8	17.93 ab	22.30 b	14.23 a	18.15
Médias	18.86	19.08	15.20	17.71

Mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha indica médias iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Modificações na massa molecular de hemiceluloses associadas ao amadurecimento têm sido identificadas em diversos frutos (Hegde & Maness, 1998).

O tratamento AMA-1 apresentou uma elevação nos valores de hemicelulose total nos tempos 6 e 8 dias de armazenamento (Tabela 10), embora estatisticamente não tenha se diferenciado do controle, podendo ser interpretada como alguma síntese de material de PC. Greve & Labavitch (1991), estudando a capacidade biossintética da parede celular, em discos do pericarpo de tomates, observaram a incorporação incrementada de resíduos xilosil e manosil na fração hemicelulósica, com o amadurecimento

Embora o aparecimento de pequenos polímeros hemicelulósicos possa ser interpretado como indicativo de que alguns componentes da hemicelulose tenham sofrido limitada degradação, alguns estudos sugerem que a redução do peso molecular em hemiceluloses possa envolver a síntese de pequenos polímeros enriquecidos com resíduos manosil e glucosil, talvez glucomanas (Tong & Gross, 1988).

4.7.3 Poliuronídeos

Os tratamentos analisados não diferiram entre si ($p < 0,05$), para os valores de poliuronídeos, conforme se observa na Tabela 11. Os teores de poliuronídeos aumentaram com o tempo em todos os tratamentos analisados, não apresentando diferença estatística também para a variável tempo de armazenamento.

Os poliuronídeos constituem-se na classe de polissacarídeos de PC, que sofre mais marcante modificação durante o amadurecimento de pêssegos (Hedge & Manness, 1998) e tomates (Huber, 1983). Em pêssegos, o amaciamento tem sido atribuído à degradação enzimática de polímeros pécticos (Hedge & Maness, 1998).

Neste estudo podemos constatar relativa estabilidade dos valores de poliuronídeos. Esses resultados podem ser atribuídos ao efeito positivo das

atmosferas modificadas e da refrigeração no controle da degradação de polímeros pécnicos. Resultados similares foram observados em damasco (Femenia et al., 1998).

As modificações que ocorrem com os polissacarídeos da parede celular durante o armazenamento de frutos são os principais determinantes de suas alterações texturais. Pelos presentes dados verifica-se concordância com os resultados obtidos na avaliação da textura do abacaxi minimamente processado (Tabela 4), que também não variaram estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

TABELA 11 Valores médios de poliuronídeos (%) do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado (controle - AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ - AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ - AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas			Médias
	AMP	AMA-1	AMA-2	
0	16,56	16,02	14,91	15.83
2	16,50	17,34	15,35	17.34
4	16,55	21,35	15,06	17.55
6	16,14	19,42	15,53	15.90
8	19,70	18,96	16,81	18.71
Médias	16.72a	18.33a	16.16a	17.07

Mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha indica médias iguais pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.8 Açúcares Neutros

Os dados relacionam-se aos valores médios dos períodos de armazenamento e podem ser observados na Tabela 3A. Os açúcares neutros predominantes no início do armazenamento do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado foram a arabinose, xilose, galactose e glicose. Esses

resultados coincidem com os observados em mangas, por Mitchan & McDonald (1992) e Brinson et al. (1988) e Lima (1997).

Todos os açúcares neutros diminuíram entre o quarto e o sexto dia de armazenamento para todos os tratamentos analisados, ocorrendo um aumento acentuado nos seus teores do 6^o ao 8^o dias. Evangelista (1999) também observou uma diminuição nos teores de ramnose, fucose, arabinose galactose e glicose, durante o armazenamento de mangas. No pericarpo de tomates, o amaciamento envolve a solubilização de poliuronídeos, levando à perda de galactose e arabinose (Carrington et al., 1993).

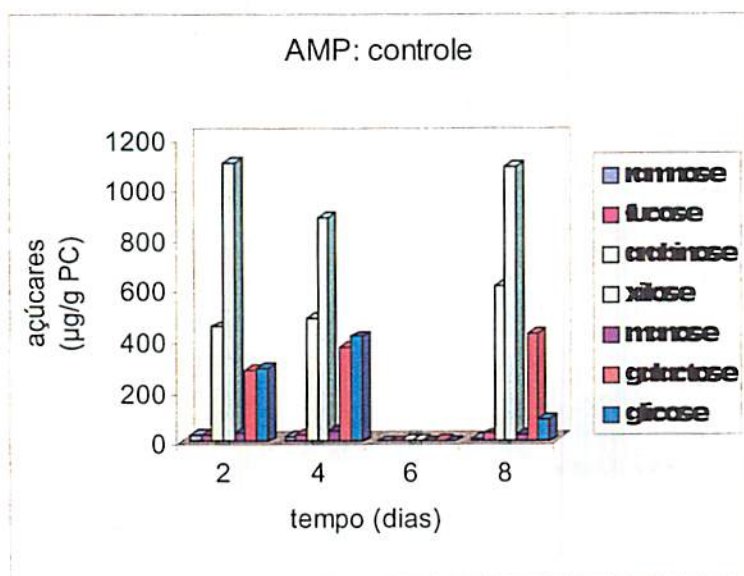


FIGURA 3 Perfil cromatográfico de açúcares neutros da parede celular do tratamento AMP (Controle), do abacaxi, cv. Smooth Cayenne, minimamente processado, armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

As menores concentrações de arabinose, galactose e ramnose (no 6º dia de armazenamento) (Figuras 3-4-5) na parede celular são indicativos de um elevado grau de despolimerização. A redução nos teores de ramnose da parede celular, juntamente com os de arabinose e galactose, possivelmente indicam que as cadeias principais dos polímeros tornaram-se mais lineares, pois os resíduos de ramnose introduzem pontos de hidrólise na sua conformação. A perda de resíduos de galactose pode ser um indicativo da perda seletiva de ácido galacturônico, relacionando-se à contribuição as galacturonanas no amaciamento dos tecidos.

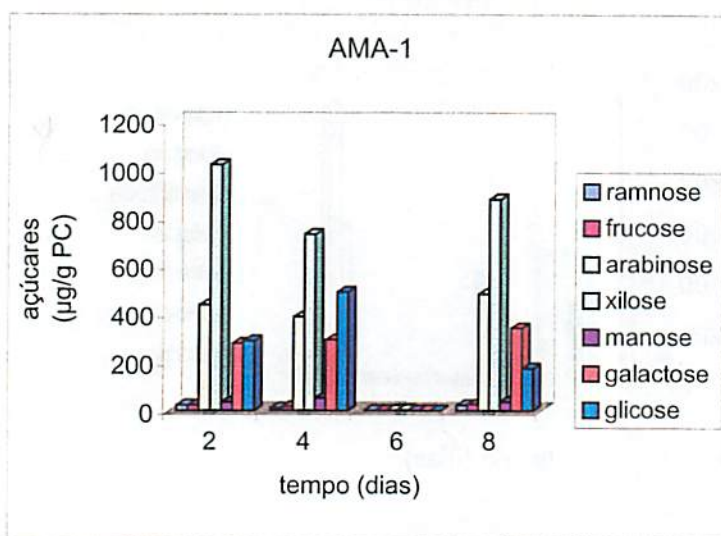


FIGURA 4 Perfil cromatográfico de açúcares neutros da parede celular do tratamento AMA-1(5% O₂ e 5% CO₂), do abacaxi, cv. Smooth Cayenne, minimamente processado, armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Knee (1973) verificou que uma das alterações que ocorrem na PC, é a diminuição de galactose e da arabinose na fração insolúvel em água da PC. Dawson et al. (1992) observaram que, durante o amaciamento de nectarinas, a despolimerização de polímeros péclicos era acompanhada por perdas nas cadeias laterais de galactanas, o que também foi observado por Knee (1973), que concluiu que a perda de resíduos da galactose era proveniente da hidrólise de galactanas da PC primária pela ação da β -galactosidase.

Estudos recentes, relativos a maçãs sugerem que a perda líquida de resíduos de açúcares neutros da PC durante o armazenamento, ou a maturação, pode ser atribuída à perda de cadeias laterais de pectinas (Fischer et al., 1994).

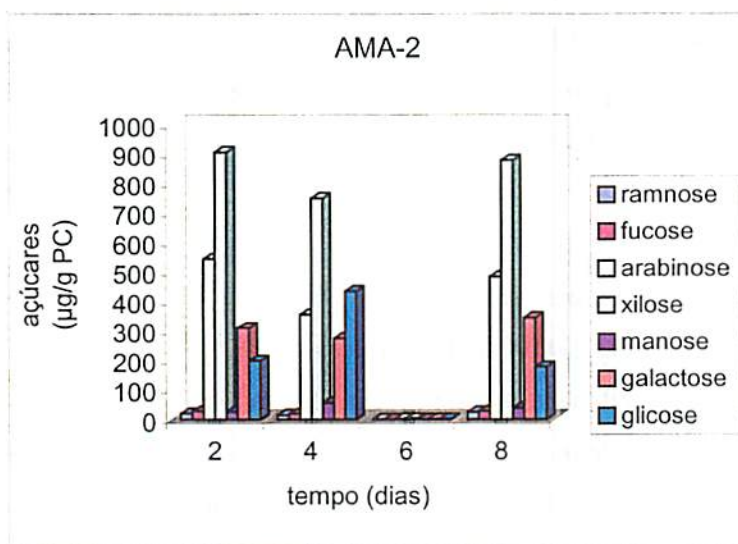


FIGURA 5 Perfil cromatográfico de açúcares neutros da parede celular do tratamento AMA-2 (2% O₂ e 10% CO₂) do abacaxi, cv. Smooth Cayenne, minimamente processado, armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Gross & Sams (1984) também encontraram altos níveis de arabinose, xilose e galactose na PC de maçãs, resultado condizente aos encontrados para o abacaxi 'Smooth Cayenne', minimamente processado do presente estudo.

Normalmente pelas altas concentrações de xilose, juntamente com a glicose, infere-se que o polímero xiloglucana pode ser um dos componentes estruturais responsáveis pela integridade da PC do produto durante o armazenamento. Neste trabalho, observou-se a redução nos valores desses dois açúcares neutros em todos os tratamentos analisados (Figuras 3-4-5).

Embora a atmosfera modificada aumente a vida de prateleira de frutas e hortaliças, muito pouco é conhecido sobre seu efeito sobre os componentes específicos da PC (Femenia et al., 1998).

O comportamento dos açúcares neutros, nos tempos de armazenamento observados, dificulta o estabelecimento de sua associação com o amaciamento do produto, indicando, porém, que as não-alterações nessas frações podem estar relacionadas com a manutenção da firmeza do abacaxi minimamente processado.

4.9 Fracionamento da parede celular

4.9.1 Fração solúvel em EDTA- poliuronídeos

Em todos os tratamentos não se identificaram picos de poliuronídeos na coluna S-200. Dois aspectos podem ser considerados: a ineficiência de extração pelo EDTA, o que poderá ser comprovado pela substituição por outro agente quelante, a exemplo do CDTA, ou mesmo na utilização de colunas S-300 ou S-400, com malhas moleculares que disponham de resinas mais eficientes.

4.9.2 Fração solúvel em KOH- hemicelulose

As hemiceluloses representam complexa rede de polissacarídeos da parede celular, usualmente agrupada sobre a base da sua solubilidade em alcali. A composição e outras propriedades desses polímeros dependem do método pelo qual eles são extraídos.

A extensão do peso molecular das frações solúveis em KOH foi estimada calibrando-se a coluna pré-empacotada Sephacryl S-200, 16/60, "high resolution" com Azul Dextrana 2000 (volume vazio), dextranas de peso molecular 70 Kda, 40 Kda e glicose (Figura 6).

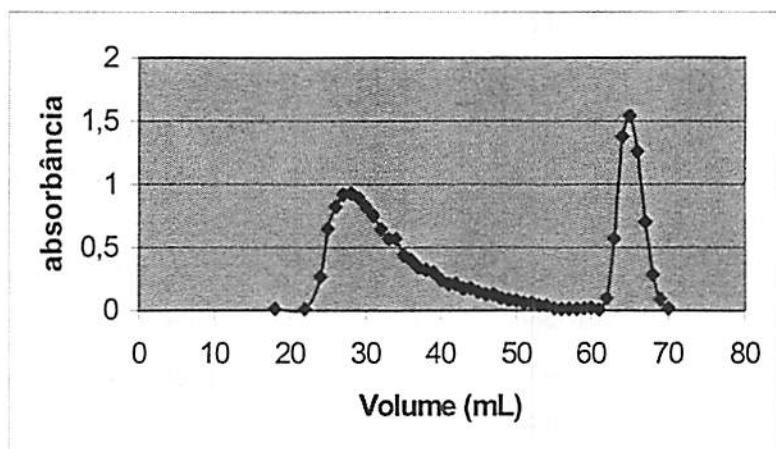



FIGURA 6 Perfil cromatográfico obtido à partir de Coluna Sephacryl S-200 utilizando-se dextrana 70 KDa, 40 KDa e glicose.

O Controle (AMP) foi dentre os três tratamentos, o que determinou uma maior solubilização da hemicelulose e aumento da glicose (baixo peso molecular) com o decorrer do tempo. Comparando-se a Figura 7 - A (AMP-tempo 0) e B (AMP-tempo 8), nota-se o pico evidenciado da glicose no 8º dia de armazenamento do produto. Hegde & Maness (1998), associaram o



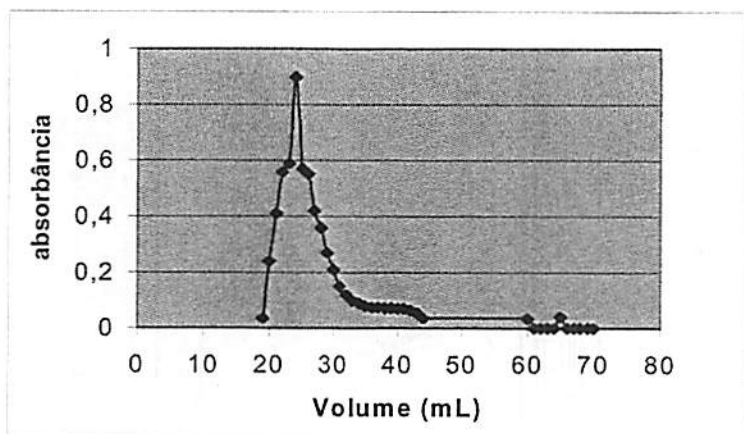
amaciamento de frutos a uma redução nas massas moleculares de pectinas e hemiceluloses. Esses autores observaram que as mudanças na fração hemicelulósica e a redução de sua massa molecular era precedida por alterações nas xiloglucanas. Neste trabalho houve tendência à redução dos resíduos de xilose em todos os tratamentos (Figuras 3 a 5), e esses resíduos são, provavelmente, provenientes de xilanas ou xiloglucanas.

O tratamento AMA-1 (Figura 8 B), apresentou um pequeno pico de glicose no oitavo dia, refletindo uma menor solubilização da hemicelulose. O tratamento AMA-2 não apresentou pico de glicose no oitavo dia de armazenamento (Figura 9B).

É possível que as mudanças observadas, particularmente a diminuição dos polímeros de alto peso molecular reflitam uma diminuição nos resíduos de xilose, galactose e arabinose na parede celular, conforme constatado pelas análises de açúcares neutros.

Nos abacaxis embalados à 5%O₂ e 5%CO₂ (AMA-1), verificou-se que com o aumento do tempo de armazenamento houve um maior alargamento do pico referente ao volume de vazios, indicando, uma maior degradação da hemicelulose, conforme se pode observar nas Figuras 8A (0 dias de armazenamento) e B (8 dias de armazenamento). O aparecimento do pico da glicose se deu somente no oitavo dia de armazenamento, evidenciando a diminuição nos polímeros de alto peso molecular e um aumento nos polímeros de baixo peso molecular.

A



B

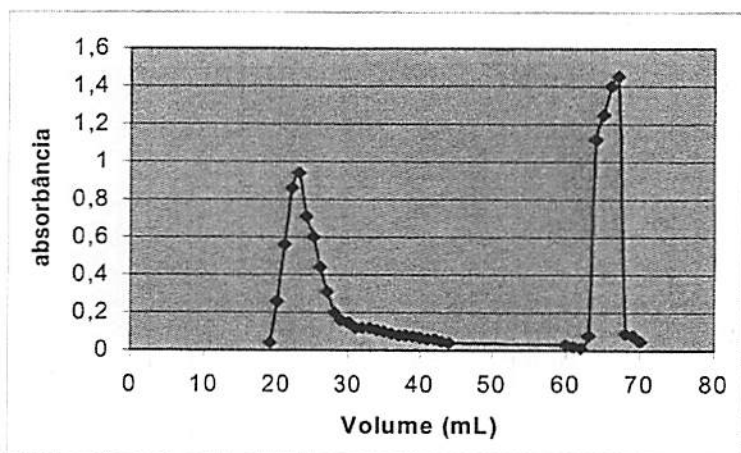
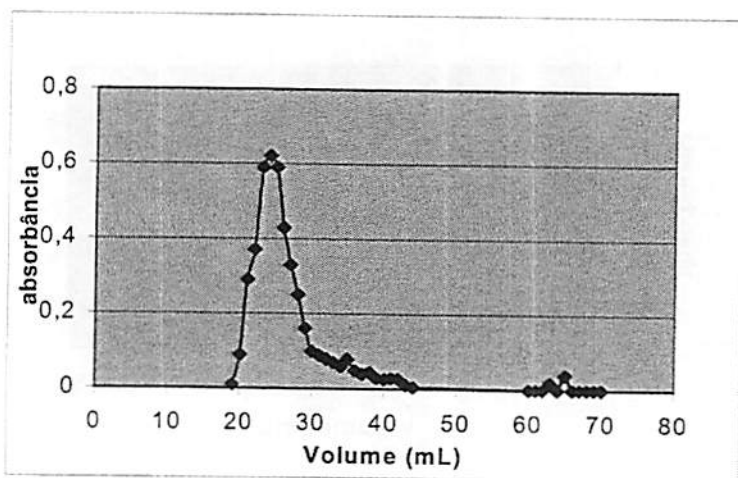


FIGURA 7 Representação gráfica do perfil gel-cromatográfico em coluna Sephacryl S-200, de abacaxi, cv. Smooth Cayenne, minimamente processado, embalado sob atmosfera modificada passiva (controle - AMP), no tempo zero (A) e no oitavo dia (B) de armazenamento, à $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\% \pm 5\%$ UR.

A



B

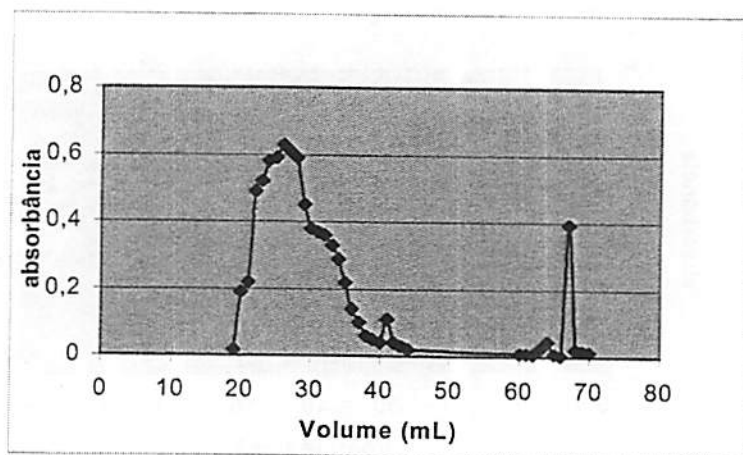
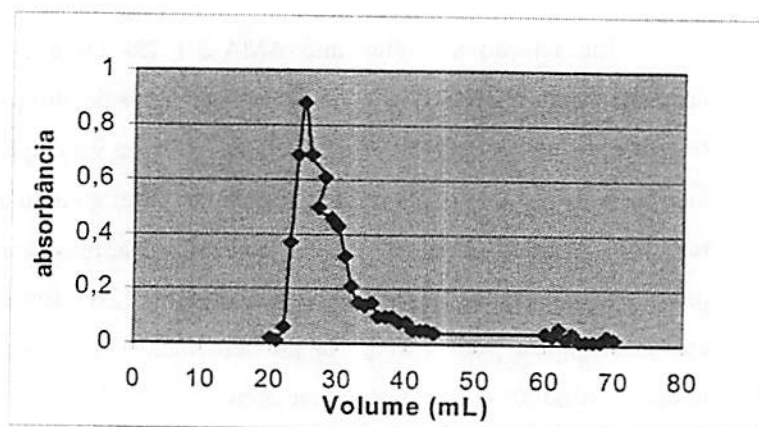


FIGURA 8 Representação gráfica do perfil gel-cromatográfico em coluna Sephacryl S-200 de abacaxi, cv. Smooth Cayenne, minimamente processado, embalado sob atmosfera modificada ativa (5%O₂ e 5%CO₂ - AMA-1), no tempo zero (A) e no oitavo dia (B) de armazenamento, à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR.

Em relação ao tratamento AMA-2 (2% O₂ e 10% CO₂), o perfil cromatográfico evidencia uma perda dos polímeros de alto peso molecular com o tempo. Abacaxis armazenados no tempo 0 (Figura 9A) apresentaram maiores valores de absorbância (maior teor de hemicelulose) quando comparados com o tempo 8 que, além de apresentar menor absorbância, mostram o alargamento do pico conforme pode se visualizar na Figura 12B. Entretanto não houve aparecimento de polímeros de baixo peso molecular (glicose) em ambos os tempos analisados dentro deste tratamento.

As diferenças na composição de açúcares da parede celular pode ser influenciada por fatores externos como a temperatura, condições de estresse e as condições atmosféricas (Hedge & Maness, 1998). Huber (1983), trabalhando com tomates, verificou que hemiceluloses de baixo peso molecular aumentavam durante o amadurecimento. Segundo ele, o aumento nos polímeros de baixo peso molecular deve, possivelmente, resultar da modificação de polímeros existentes ou talvez da diminuição do metabolismo, acompanhado pela adição de polímeros já modificados à parede celular, recentemente sintetizada. Pelos resultados observa-se maior despolimerização do controle AMP, em relação à AMA-1 e AMA-2, quando comparados nos tempos inicial e final, sendo evidente a influências, da atmosfera sobre as modificações dos compostos da parede.

A



B

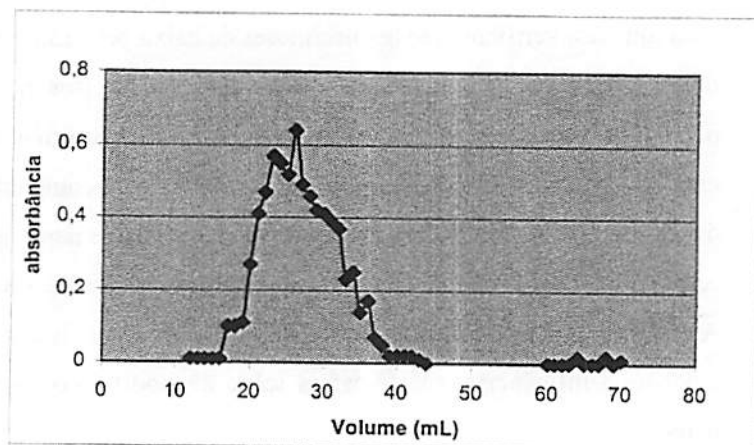


FIGURA 9

Representação gráfica do perfil gel-cromatográfico, em coluna Sephacryl S-200, de abacaxi, cv. Smooth Cayenne, minimamente processado, embalado sob atmosfera modificada ativa (2%O₂ e 10%CO₂ - AMA-2), no tempo zero (A) e no oitavo dia (B) de armazenamento, à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR.

A caracterização das alterações nas massas moleculares de pectinas e hemiceluloses é fundamental na compreensão do processo de amaciamento dos produtos minimamente processados. Pelo presente estudo verificou-se uma influência positiva das atmosferas modificadas ativas, principalmente a AMA-2, na manutenção da integridade da rede de hemiceluloses, e, conseqüentemente, da parede celular. Deve-se ressaltar que a complexidade das alterações das massas moleculares das hemiceluloses é indicativa da ação de enzimas capazes de degradar esses polímeros.

4.10 Dióxido de Carbono (CO₂)

Observou-se tendência normal a um acúmulo na concentração desse gás em virtude da respiração do fruto (Figura 10). Os tratamentos AMP e AMA-1 apresentaram comportamento similar na elevação da concentração de CO₂ até o oitavo dia de armazenamento. Esses resultados estão de acordo com Senesi, et al. (1999), que observaram o aumento nos níveis de CO₂ em pêras minimamente processadas, indicando a manutenção da taxa respiratória mesmo durante o armazenamento sob atmosfera modificada. Eles concluíram que a variação nas taxas respiratórias relacionou-se com a variedade.

Os resultados encontrados estão de acordo com o previsto, pois quanto menor a quantidade de O₂ fornecida, menor a taxa de respiração de um produto vegetal. O mesmo comportamento para essa variável foi encontrado por Freire Junior (1999) durante o estudo da influência da atmosfera modificada em alface minimamente processada. Sabe-se que baixos níveis de O₂ e elevadas concentrações de CO₂ apresentam efeito positivo na manutenção da qualidade de frutas e hortaliças, reduzindo sua taxa respiratória. Entretanto, um mínimo de O₂, entre 1 e 3% dependendo do produto, é requerido para impedir a respiração anaeróbica.

A elevada concentração de CO_2 também parece ter exercido efeito positivo no controle da respiração, permanecendo o tratamento AMA-2 (10% de CO_2), com as concentrações mais constantes desse gás. Blanchard et al. (1996), observaram que o enriquecimento da atmosfera de armazenamento de cebolas minimamente processadas com níveis de CO_2 acima de 10%, apresentava um marcado efeito sobre a taxa respiratória quando comparadas com atmosferas com 2% de O_2 ou ar.

Embora o tratamento AMA-2 (2% de O_2 e 10% de CO_2), tenha apresentado taxas mais constantes de concentração de CO_2 até o oitavo dia (Figura 10), esse fato pode ser relacionado à proximidade dessa concentração à "atmosfera de equilíbrio". Nesse ponto, após um determinado espaço de tempo, ocorre a estabilização dos gases dentro da embalagem. Esse fato não pôde ser comprovado pelo presente estudo, mas observa-se uma tendência à estabilização na concentração do CO_2 , após o sexto dia em todos os tratamentos.

O princípio empregado na modificação da atmosfera é a redução da taxa respiratória e/ou a inibição do amadurecimento (Shewfeldt, 1987). Isso é obtido mediante a redução nas concentrações de O_2 ou a adição de um gás inibidor como CO_2 ou CO . Estabelecer o balanço entre esses dois gases para cada produto é fundamental para o sucesso da atmosfera modificada. Neste estudo o espaço livre da embalagem pode ter influenciado a taxa respiratória do produto, permitindo sua elevação no controle e AMA-1.

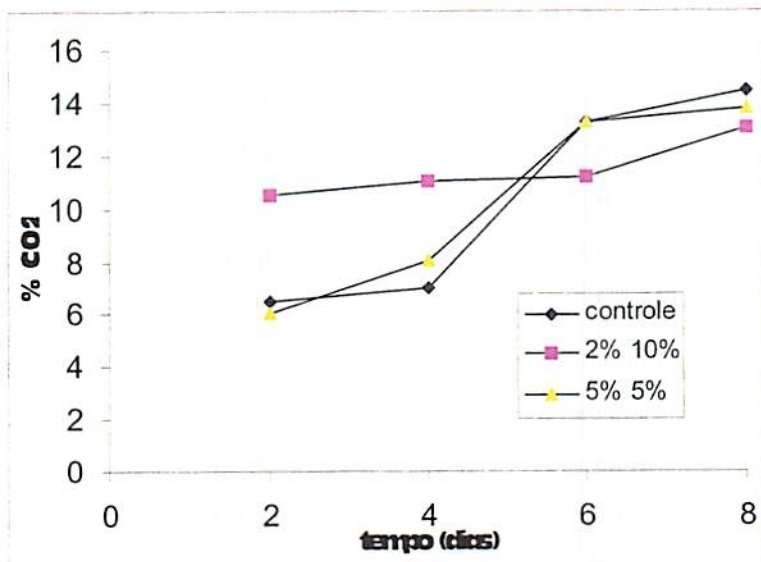


FIGURA 10 Valores médios de CO₂ (%) de abacaxi, cv. Smooth Cayenne, minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

4.11 Acetaldeído e Etanol

No presente trabalho, os teores de acetaldeído diminuíram no decorrer do armazenamento conforme pode ser observado na Figura 11 em todos os tratamentos.

Sob as condições de atmosfera modificada, a via glicolítica substitui o ciclo de Krebs, como principal fonte de energia necessária para o tecido vegetal (Kader, 1986). O ácido pirúvico não é mais oxidado e sim descarboxilado para formar acetaldeído, CO₂ e finalmente, o etanol. Dessa forma pode-se atribuir a redução nos níveis de acetaldeído no abacaxi minimamente processado, por ser este um composto intermediário na síntese do etanol. Observa-se que a redução nos valores de acetaldeído foram concomitantes à elevação no conteúdo de etanol (Figura 12).

Na Figura 12 encontram-se os valores de etanol ($\mu\text{L}/\text{kg}$ de polpa) em abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado. Os teores de etanol aumentaram com o tempo para todos os tratamentos, no entanto podemos observar que o controle (AMP) apresentou valores relativamente mais elevados que os tratamentos que utilizaram atmosfera modificada ativa, e entre os dias 0 e 2, os valores de etanol praticamente duplicaram no controle e no sexto dia dobraram em relação aos tratamentos com atmosfera modificada ativa. Concentrações muito baixas de O_2 e muito altas de CO_2 atuam sinergeticamente aumentando significativamente a produção de metabólitos fermentativos. Esse comportamento é observado porque o etanol é um produto final, enquanto o acetaldeído é um metabólito intermediário.

Pode-se relacionar a elevação da respiração no processo de síntese desses metabólitos. A elevação da taxa respiratória em produtos minimamente processados pode aumentar em 1 a 7 vezes, ou até mais dependendo do produto, grau de corte e temperatura. Se as condições de embalagem são anaeróbicas poderá ocorrer a formação de etanol, cetonas e aldeídos, resultando em sabores e aromas desagradáveis.

Gorny et al. (1997), trabalhando com pêssegos minimamente processados, observaram um aumento acentuado nos teores de acetaldeído e etanol, quando utilizavam armazenamento em condições muito baixas de O_2 (0,25%) e altas de CO_2 (10 ou 20%). Gil et al. (1998), observaram o mesmo comportamento em maçãs minimamente processadas.

A presença de líquido celular liberado pelo produto, pode ter interferido, favorecendo a ocorrência das condições de anaerobiose nos tecidos em todos os tratamentos, inclusive no controle. Portela & Cantwell (2001), observaram uma leve redução dos teores de acetaldeído, do 6^o ao 12^o dia de armazenamento, em melões minimamente processados, enquanto que para o

etanol, não foram detectadas alterações significativas. Os autores sugerem que o acúmulo de líquidos nos espaços intercelulares, como consequência da ruptura da membrana, pode reduzir a difusão de gases e induzir a respiração anaeróbica.

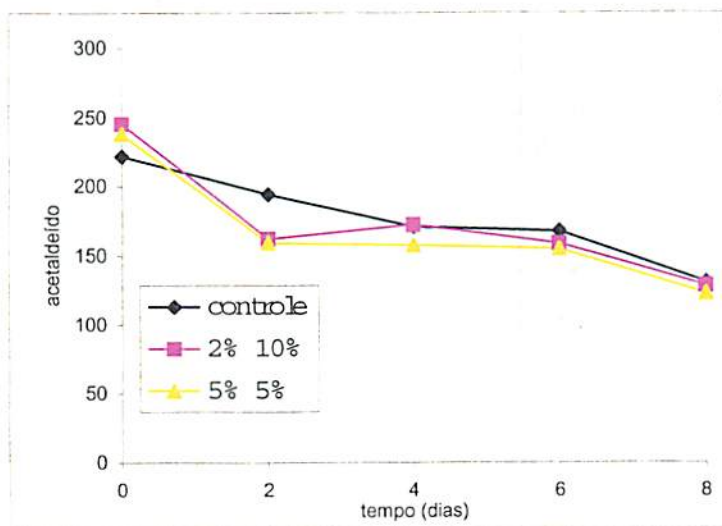


FIGURA 11 Valores médios de acetaldeído ($\mu\text{L.Kg}^{-1}$) em abacaxi, cv. Smooth cayenne minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Em melões minimamente processados, o desenvolvimento de sabores e aromas desagradáveis foi relacionado a presença de fungos na superfície dos cubos e não à respiração anaeróbica nos tecidos (Bai et al., 2001). No presente trabalho, a presença de fungos e leveduras deve ter contribuído muito pouco para a formação desses metabólitos por meio de processos fermentativos, pois a temperatura utilizada para o armazenamento é considerada desfavorável ao

desenvolvimento desses microrganismos, além do fato de que elevadas concentrações de CO₂ apresentam efeito fungistático.

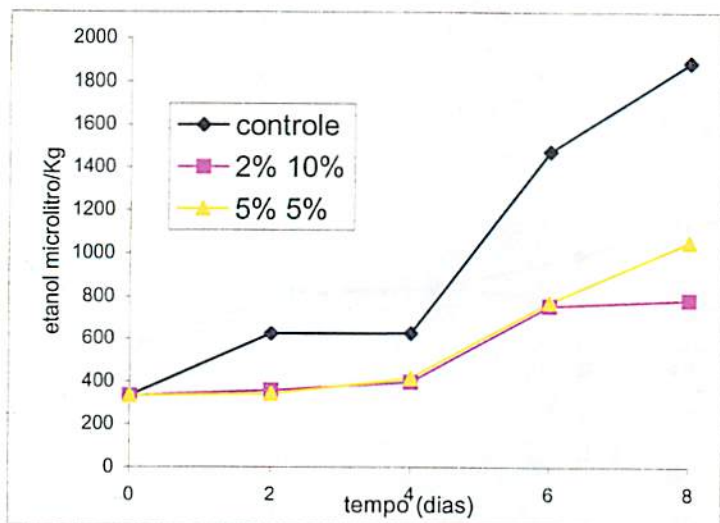


FIGURA 12 Valores médios de etanol ($\mu\text{L.Kg}^{-1}$) de abacaxi, cv. Smooth Cayenne, minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C \pm 1 °C e 85% \pm 5% UR, durante 8 dias.

4.12 Análises Microbiológicas

Foi detectada a presença de coliformes totais apenas no tempo 0 de armazenamento, em baixos níveis, entre 3,7 e 34 NMP/g. A partir do tempo 2, não foram detectados coliformes totais (Tabela 12). Os coliformes fecais não foram detectados em nenhuma das amostras nos tempos analisados (Tabela 13).

Esses resultados vêm demonstrar a importância da condução do processamento mínimo em excelentes condições higiênicas. O manuseio impróprio, o uso de equipamentos mal sanificados e algumas etapas do

processamento mínimo como o fatiamento, geralmente promovem aumento na população de microrganismos em frutas e hortaliças e podem comprometer a qualidade e segurança do produto final, ou diminuir o tempo de conservação.

Frutas e hortaliças minimamente processadas provêm um bom substrato para o crescimento microbiano. A sanificação e a natureza da microbiota são de importância fundamental na manutenção, qualidade, estabilidade de prateleira e segurança de produtos frescos (Ukuku et al., 2001).

TABELA 12 Número mais provável de coliformes totais por grama (NMP/g) em abacaxi, cv. Smooth Cayenne, minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas		
	Controle	2%O ₂ /10%CO ₂	5%O ₂ /5%CO ₂
0	3,7	< 3	< 3
2	< 3	< 3	< 3
4	< 3	< 3	< 3
6	< 3	< 3	< 3
8	< 3	< 3	< 3

A lavagem com água clorada é recomendada para remover resíduos de solo e reduzir a carga microbiana. Ukuku et al. (2001) reduziram a população de *E. coli* e outros microrganismos em melões minimamente processados por meio de tratamentos sanificantes. A concentração utilizada foi de 1000 mg/L de cloro ativo. Segundo Bennik et al. (1996), a desinfecção posterior ao manuseio é

fundamental na obtenção de um produto seguro em condições de atmosfera modificada. Eles propõem uma separação física entre a pré-desinfecção e a pós-desinfecção.

A não-deteccção de bactérias do grupo coliforme a partir do segundo dia de armazenamento está relacionada, também, ao baixo pH do produto, sendo esse um fator limitante para sua sobrevivência.

TABELA 13 Coliformes fecais: presença (+) ou ausência (-), em abacaxi, cv. Smooth Cayenne minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas		
	Controle	2%O ₂ /10%CO ₂	5%O ₂ /5%CO ₂
0	-	-	-
2	-	-	-
4	-	-	-
6	-	-	-
8	-	-	-

As contagens de fungos e/ou leveduras foram muito baixas, mantendo-se estáveis durante o armazenamento, possivelmente não podendo afetar significativamente a qualidade do produto, independente do tratamento (Tabela 14). Esses resultados diferem de Rattanapanone et al. (2001) e Prakash et al. (2000), que observaram a elevação significativa nas contagens de fungos e leveduras em mangas e alfaces minimamente processados. Eles observaram que a população de fungos e leveduras aumentava com a deterioração do tecido.

Podridões pós-colheita de frutos perecíveis também podem ser reduzidas pelo uso de atmosferas com baixos níveis de O₂ e elevação nos níveis de CO₂ (Honk & Gross, 2001). Os altos níveis de CO₂ apresentam ação fungistática, inibindo o desenvolvimento desse grupo de microrganismos. A associação da atmosfera modificada e a temperatura de refrigeração adequadas, contribuíram para a manutenção da qualidade microbiológica do abacaxi minimamente processado.

TABELA 14 Contagem de fungos e leveduras (UFC.g⁻¹) em abacaxi, cv. Smooth Cayenne minimamente processado (controle – AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ – AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ – AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempos (dias)	Atmosferas			Médias
	AMP	AMA-1	AMA-2	
0	3,32 . 10 ³	7,11 . 10 ³	8,30 . 10 ³	6,24 . 10 ³
2	2,99 . 10 ³	8,47 . 10 ³	3,60 . 10 ³	5,02 . 10 ³
4	6,67 . 10 ³	7,60 . 10 ³	4,88 . 10 ³	6,41 . 10 ³
6	7,32 . 10 ³	7,62 . 10 ³	5,83 . 10 ³	6,92 . 10 ³
8	7,18 . 10 ³	5,03 . 10 ³	8,88 . 10 ³	7,12 . 10 ³

Embora a implantação de um sistema efetivo de controle por meio do programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) seja considerada fundamental para o conhecimento e prevenção da contaminação e do crescimento microbiano em produtos minimamente processados (Vanetti, 2000; Bueno, 2001), o uso adequado das Boas Práticas de Fabricação, como a lavagem em água clorada à 5°C, práticas de higiene pessoal, operacional e

ambiental, foram eficientes para a redução da inicial e subsequente carga microbiológica do abacaxi minimamente processado.

Outro fator que contribuiu para a segurança do produto foi o baixo pH, que no caso do abacaxi minimamente processado inibiu a proliferação de coliformes totais e fecais.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Sobre as condições experimentais estudadas pode-se concluir que:

- O uso de atmosferas modificadas em abacaxi, cv. Smooth Cayenne, minimamente processado e armazenado à $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $85\% \pm 5\%$ UR, não comprometeu as principais características físicas, físico-químicas e microbiológicas, analisadas no produto, durante os 8 dias de armazenamento.
- As atmosferas modificadas ativas apresentaram ação injuriosa sobre os tecidos do abacaxi minimamente processado, estimulando a atividade da PFO.
- O uso de atmosferas modificadas ativas permite que o abacaxi minimamente processado apresente uma menor degradação da parede celular com menor solubilização das hemiceluloses, conforme constatado mediante a cromatografia gélida. O controle (AMP) se diferenciou bastante dessas atmosferas mostrando a formação de um considerável pico de composto de baixo peso molecular no oitavo dia de armazenamento, o que indica intensa degradação do produto no final do período de armazenamento estudado.
- A atmosfera enriquecida com 2% de O_2 e 10% de CO_2 (AMA-2), controlou melhor a taxa respiratória do produto.

- As atmosferas modificadas ativas demonstraram ser efetivas no controle da produção de etanol.
- O abacaxi, cv. Smooth Cayenne, minimamente processado e armazenado à $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\% \pm 5\%$ UR, apresentou uma vida útil de 6 dias, pois embora importantes características como o pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, textura, e avaliações microbiológicas (coliformes totais e fecais e fungos e leveduras) não tenham sido comprometidas, as alterações da enzima polifenoloxidase, compostos de parede celular, CO_2 , acetaldeído e etanol, não permitiram que o produto atingisse os 8 dias de armazenamento previstos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, K.; WATADA, E. A. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, p. 1493-1496, 1991.

ABREU, C. M. P. Efeito da embalagem de polietileno e da refrigeração no escurecimento interno e composição química durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne. 1995a. 94 p. Tese Doutorado em Ciência dos Alimentos - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ABREU, L. R. Factor affecting the biosynthesis of branched-chain fatty acids in milk fat. 1995b. 163p. (Doctorate Thesis in Food Science). Madison: University of Wisconsin.

AHMED, A. E.; LABAVITCH, J.M. Cell wall metabolism in ripening fruit. **Plant Physiology**, Washington, v.65, p.1009-1113, May 1980.

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

ALBERSHEIM, P.; NEVINS, D.; ENGLISH, P.; KARR, A. A method for hte analysis off sugars in plant cell wall polysaccharides by gas - liquid chromatography. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, n.5, p.340-345, 1967.

X ALLONG, R; WICKHAN, L. D.; MOHAMMED, M. Effect of slicing on the rate of respiration, ethylene production and ripening of mango fruit. **Journal of Food Quality**, Westport, v.24, p.405-419, 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official Methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 15th ed. Washington, 1990, 2v.

BABIC, J.; WATADA, A. E. Microbial populations of fresh-cut spinach leaves affected by controlled atmospheres. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v.9, p.187-193, 1996.

BAI, J. H.; SAFTNER, R. A.; WATADA, A. E.; LEE, Y.S. Modified atmosphere maintains quality of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v.66, n.8, p.1207-1211, 2001.

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

BARTLEY, I. M.; KNEE, M. The chemistry of textural changes in fruit during storage. **Food Chemistry**, Essex, v.9, p.47-58, 1982.

BENNIK, M. H. J.; PEPPELENBOS, H. W.; THE, C.N.; CARLIN, F.; SMID, E.J.; GORRIS, L.G.M. Microbiology of minimally processed, modified-atmosphere packaged chicory endive. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v.9, p.209-221, 1996.

BERRANG, M. E.; BRACKETT, R. E.; BEUCHAT, L. R. Growth of *Listeria monocytogenes* on fresh vegetables stored under controlled-atmosphere. **Journal of Food Protection**, Ames, v.54, p.702-705, 1989.

BEUCHAT, L. R. Surface Desinfection of Raw Produce. **Dairy, Food and Environmental Sanitation**, Ames, Iowa, v.12, n. 1, p. 6-9. 1992.

BEUCHAT, L. R., BRACKETT, R. E. Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on lettuce as influenced by shredding, chlorine treatment, modified atmosphere packaging and temperature. **Journal of Food Science**, Chicago, n. 55, p.755-758, 1990.

BITTER, V.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v.34, p.330-334, 1962.

BLANCHARD, M.; CASTAIGNE, F.; WILLEMOT, C.; MAKHLOUF, J. Modified atmosphere preservation of freshly prepared diced yellow onion. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v.9, p.173-185, 1996.

BLEINROTH, E. W. Matéria prima. In: CAMPINAS: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Abacaxi - Cultura, Matéria-prima, Processamento e Aspectos Econômicos**. 2ed.. Campinas, 1987. p. 133-164 (Série Frutas Tropicais, 2).

BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE - HANSEN, G. New Method for quantitative determination of uronic acids. *Analytical Biochemistry*, Washington, v.54, n.4, p.484-489, 1973.

→ BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C. Storage stability of minimally processed fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, London. v.13, p. 281-292, 1989.

X BRACKETT, R. E. Microbiological consequences of minimal processing of fruits and vegetables. *Journal of Food Quality*, Westport, v.10, n.3, p.195-206, 1987.

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

BRINSON, K.; DEY, P. M.; JONH, M. A. Post-harvest changes in *Mangifera indica* mesocarp cell wall and cytoplasmic polysaccharides. *Phytochemistry*, Oxford, v.27, n.3, p. 719-723, 1988.

BUENO, R. M. **Avaliação da qualidade do mamão (*Carica papaya* L.) minimamente processado**. 2001, 71p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BURNS, J. K. Lightly processed fruits and vegetables. *Hortscience*, Alexandria, v.30, n.1, p.14, 1995.

CANTWELL, M. Microbiological safety evaluation and recommendations on fresh produce. *Food Control*, Oxford, v.10, p.117-143, 1999.

CANTWELL, M. The dynamic fresh-cut sector of the horticultural industry. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, 2000, Viçosa. **Paletstras...** Viçosa: UFV, 2000a. p.147-155.

CANTWELL, M. Preparation and quality of fresh-cut produce. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, 2000, Viçosa. **Paletstras...** Viçosa: UFV, 2000b. p.156-182.

CARRINGTON, C. M. S.; GREVE, L. C.; LABAVITCH, J. M. Cell wall metabolism in ripening fruit VI. Effect of the antisense polygalacturonase gene on cell wall changes accompanying ripening in transgenic tomatoes. *Plant Physiology*, Washington, v.103, n.2, p.429-434, Oct. 1993.

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

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

CHURCH, I. J.; PEARSONS, A. L. Modified atmosphere packaging technology: A Review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v.67, p.143-152, 1995.

{ CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F. S. **O abacaxizeiro. Cultivo, agroindústria e economia.** Brasília: EMBRAPA, 1999. 480p.

DAWSON, D. M.; MECTON, L. D.; WATKINS, C. B. Cell wall changes in nectarines (*Prunus persica*). *Plant Physiology*, Washington, v.100, p.1203-1210, n.4, Aug. 1992.

DE VETTEN, N. C.; HUBER, D. J. Cell wall changes during the expansion and senescence of carnation (*Dianthus caryophyllus*) petals. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.78, p.447-454, 1990.

DISCHE, Z. General color reactions. In: Whistler, R. L.; Wolfran, M. L. (ed.) *Carbohydrates Chemistry*. New York: Academic Press, 1962. v.1, p.477-512.

EVANGELISTA, R.M. **Qualidade de mangas “Tommy Atkins” armazenadas sob refrigeração e tratadas com cloreto de cálcio pré colheita.** 1999. 129 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FEMENIA, A.; SÁNCHEZ, E. S.; SIMAL, S.; ROSSELLÓ, C. Effects of drying pretreatments on the cell wall composition of grape tissues. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, Washington, v.46, p.271-276, 1998.

FILGUEIRAS, H. A. C. Bioquímica do amadurecimento de tomates híbridos heterozigotos no loco "alcobaça". 1996. 118 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

FISHER, M.; ARRIGONI, E.; AMADO, R. Changes in the pectic substances of apples during development and postharvest ripening. Cap.2: Analysis of the pectic fractions. Carbohydrates Polymers, Alexandria. v.25, p.167-175, 1994.

FREIRE JUNIOR., M. Efeito da temperatura de armazenamento e da atmosfera modificada na qualidade do alface hidropônico cv. Regina minimamente processado. 1999. 120 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GIACOMELLI, E. J.; P. Y, C. O. O abacaxi no Brasil. Campinas : Fundação Cargill, 1981. 101p.

GIL, M. I.; ARTES, F. M.; GARZARELL, A, L.; PILIZOTTA, V. Minimal processing and modified atmosphere packaging effects on pigmentation of pomegranate seeds. Journal of Food Science, Chicago, v. 61 , n.1, p.161-164, 1996.

GIL, M. I.; GORNY, J. R.; KADER, A. A. Responses of 'Fuji' apple slices to ascorbic acid treatments and low oxygen atmospheres. Hortscience, Alexandria, v.33, n.2, p.305-309, 1998.

GONÇALVES, N. B. Efeito da aplicação de cloreto de cálcio associado ao tratamento hidrotérmico sobre a composição química e suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi cv. Smooth Cayenne. Lavras: UFLA, 1998. 101p. (Tese -Doutorado).

GORNY, J. R.; HEISS-PIERCE, B; KADER, A. A. Postharvest physiology and quality maintenance of fresh-cut nectarines and peaches. Presented at The International Symposium on Effects of Preharvest and Postharvest Factors on Storage of Fruit. Warsaw, Poland, 3-7 August, 1997. Acta Horticulturae (In press).

GREVE, L. C.; LABAVITCH, J. M. Cell wall metabolism in ripening fruit. V. Analysis of cell wall synthesis in ripening tomato pericarp tissue using a D-[U-¹³C] glucose tracer and gas chromatography-mass spectrometry. **Plant Physiology**, Washington, v.97, n.4, p.1456-1461, Dec. 1991.

GROSS, K. C.; WALLNER, S. J. Degradation of cell wall polysaccharides during tomato fruit ripening. **Plant Physiology**, Washington, v.63, n.1, p.117-120, 1979.

GROSS, K. C.; SAMS, C. E. Changes in cell wall neutral sugar composition during fruit ripening: a species survey. **Phytochemistry**, Oxford, v.23, n.11, p.2457-2461, Nov. 1984.

GUERZONI, M. E.; GIANOTTI, A.; CORBO, M. R.; SMIGAGLIA, M. Shelf life modelling for fresh cut vegetables. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v.9, p.195-207, 1996.

HEGDE, S.; MANESS, N. O. Changes in apparent molecular mass of pectin and hemicellulose extracts during peach softening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.123, n.3, p.445-456, 1998.

HOBSON, G. E.; GRIERSON, D. Tomato. In: Seymour, G.B.; Taylor, J.E.; Tucker, G.A. (ed.) **Biochemistry of fruit ripening**. Londres: Chapman & Hall, 1993. Cap. 14, p.405-442.

HONG, J. H.; GROSS, K. C. Maintaining quality of fresh-cut tomato slices through modified atmosphere packaging and low temperature storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v.66, n.7, p.960-965, 2001.

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

HUBER, D. J. Polyuronide degradation and hemicellulose modifications in ripening tomato fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.108, n.3, p.405-409, May. 1983.

HUBER, D. J. Strawberry fruit softening: the potential role of polyuronides and hemicelluloses. **Journal of Food Science**, Chicago, v.49, p.1310-1315, 1984.

HUDDAR, A. G.; BHARALI, B. C.; THIMARAJU, K. R. Note on extension of storage of mango fruits by Tal-prolong. **Acta Horticulture**, Wageningen, v.231, n.2, p.668-669, 1988.

HURST, W. C. Sanitation of lightly processed fruits and vegetables, **Hostscience**, Alexandria, v.30, n.1, p.22-24, 1995.

HUXSOLL, C. C.; BOLIN, H. R. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.49, p.124-128, Feb. 1989.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.30, n.1, p.99-104, 1986.

v. 40 n.º 5

KE, D.; SALTVEIT, M. E. Regulation of russet spotting, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. **Plant Physiology**, Rockville, v.76, p.421-418, 1989.

KING JUNIOR, A. D.; BOLIN, H. R. Physiological and Microbiological Storage Stability of Minimally Processed Fruits and Vegetables. In: OVERVIEW OUTSTANDING SYMPOSIA IN FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY, 1988, New Orleans. **Anais...** Chicago: Institute of Food Technologists, 1989. p. 132-135.

KNEE, M. Polissaccharide changes in cell wall of ripening apples. **Phytochemistry**, Oxford, v.12, p.1543-1549, July. 1973.

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

LIMA, L. C. Armazenamento de maçãs cv. Royal gala sob refrigeração e atmosfera controlada. 1999, 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LYONS, J. M. Chilling injury in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.24, p.445-466, 1973.

MARTH, E. H. Extended shelf life refrigerated foods: microbiological quality and safety. *Food Technology*, Chicago, v.52, n.2, p. 57-62, 1998.

MATEOS, M.; DIKE, M.; CANTWELL, M.; KADER, A. A. Phenolic metabolism and ethanolic fermentation of intact and cut lettuce exposed to CO₂ – enriched atmosphere. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.3, p.225-233, 1993.

MATSUMO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase enzymes in sweet potato root tissue injured by cutting or black root. *Plant and Cell Physiology*, Toquio, v.13, n.6, p.1091-1101, Sept. 1972.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F.; TEIXEIRA, G. H.; SARZI, B.; PINTO, S. A. A. Processamento mínimo de goiabas 'Pedro Sato'. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, 2000, Viçosa. Resumos... Viçosa: UFV, 2000a. p.8.

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

MITCHAM, E. J.; MCDONALD, R. E. Cell wall modification during ripening of 'Keitt' and 'Tommy Atkins' mango fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.17, n.6, p.497-501, 1992.

MORETTI, C. L. Processamento mínimo de mandioquinha salsa e pimentão. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, 2000, Viçosa. Palestras... Viçosa: UFV, 2000. p.132-139.

MUJICA-PAZ, H.; DUCAMP-COLLIN, M. N.; LEBRUN, M.; REINES, M. Étude comparative de la perméabilité aux gaz déballages de fruits frais en film synthétique. *Fruits*, Paris, v.52, n.5, p.331-337, 1997.

MYERS, R. A. Packaging considerations for minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, v.43, p. 129-131, 1989.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v.34, n.4, p. 371-401, 1994.

NICOLI, M. C.; ANESE, M.; SEVERINI, C. Combined effects in preventing enzymatic browning reactions in minimally processed fruit. **Journal of Food Quality**, Westport, v.17, p.221-229, 1994.

O'CONNOR-SHAW, R. E.; ROBERTS, R.; FORD, A. L.; NOTTINGHAN, S. M. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. **Journal of Food Science**, Chicago, v.59, n.6, p.1202-1215, 1994.

O'DONOGHUE, E. M.; HUBER, D. J. Modification of matrix polysaccharides during avocado (*Persea americana*) fruit ripening: An assessment of the role of Cx-cellulose. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.86, p.33-42, 1992.

OTO, A.; FAY, L. B.; CHAINTREAU, A. Determination and origin of the aroma impact compounds of yogurt flavor. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.45, n.3, p.850-857, 1997.

PANTASTICO, E. B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1975. Cap.16, p.339-62.

PARISH, M. E.; HIGGINS, D. P. Yeasts and molds isolated from spoiling citrus products and by products. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 52 , p. 261, 1989

PARISH, M. E.; HIGGINS, D. P. Investigation of the microbial ecology of commercial grapefruit sections. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 53, p. 685, 1990.

PIROVANI, M. E.; PIAGENTINI, A. M.; GUEMES, D. R.; DIPENTIMA, J. H. Quality of minimally processed lettuce as influenced by packaging and chemical treatment . **Journal of Food Quality**, Westport, v.22, p.475-484, 1998.

PORTELA, S. I.; CANTWELL, M. I. Cutting blade sharpness affects appearance and other quality attributes of fresh-cut cantaloupe melon. **Journal of Food Science**, Chicago, v.66, n.9, p.1265-1270, 2001.

PRAKASH, A.; GUNER, A. R.; CAPORASO, F.; FOLEY, D .M. Effects of low-dose gamma irradiation on the shelf life and quality characteristics of cut romaine lettuce packaged under modified atmosphere. **Journal of Food Science**, Chicago, v.65, n.3, p.549-553, 2000.

PY, C.; LACOUÉUILLE, J. J.; TISSEAU, C. **L'ananas: a culture, ses produits.** Paris, G.P.: Maisonneuve et Larose et ACCT, 1985. 562p.

QI, L.; WU, T.; WATADA, A. E. Quality changes of fresh-cut honeydew melons during controlled atmosphere storage. **Journal of Food Quality**, Westport, v.22, p.513-521, 1999.

RANWALA, A . P.; SUEMATSU, C.; MASUDA, H. The role of β -galactosidases in the modification of cell wall components during muskmelon ripening. **Plant Physiology**, Washington, v.100, n.3, p.1318-1325, Nov. 1992.

RATTANAPANONE, N.; LEE, Y.; WU, T.; WATADA, A. E. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere. **Hortscience**, Alexandria, v.36, n.6, p.1091-1095, 2001.

RESENDE, J. M. **Qualidade pós-colheita de dez genótipos de tomate do grupo multilocular**, 1995. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROCHA, A. M. C. N.; BROCHADO, C. M.; MORAIS, A. M. M. B. Influence of chemical treatment on quality of cut apple (cv. Jonagored). **Journal of Food Quality**, Westport, v.21, p.13-28, 1996.

X ROCHA, A. M. C. N.; MORAIS, A. M. M. B. Influence of controlled atmosphere storage on polyphenoloxidase activity in relation to color changes of minimally processed 'Jonagored' apple. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.36, p.425-432, 2001.

ROCHA, J. L. V. Colheita e fisiologia pós-colheita de abacaxi. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXICULTURA, 1, Jaboticabal, 1982. **Anais...** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal UNESP, 1982. p. 279-300.

X ROLLE, R. S.; CHISM III, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 10, n.3, p.157-178, 1987.

ROMIG, W. R. Selection of cultivars for lightly processed fruits and vegetables. **Hortscience**, Alexandria, v.30, n.1, p.38-40, 1995.

RONK, R. J.; CARSON, K.L.; THOMPSON, P. Processing, packaging and regulation of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.49, p.136-139. Feb. 1989.

ROSA, O. O.; CARVALHO, E. P. Características microbiológicas de frutos e hortaliças minimamente processadas. **Boletim SBCTA**, Campinas, v.34, n.2, p.84-92, 2000.

ROSEN, J. C.; KADER, A. A. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pears and strawberry fruits. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, p.656, 1989.

SAKURAI, N.; NEVINS, D. Changes in physical properties and cell wall polysaccharides of tomato (*Lycopersicon sculentum*) pericarp tissues. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.89, n.4, p.681-686, Dec. 1993.

{ SALUNKE, D. K., DESAI, B. B. **Postharvest Biotechnology of Fruits**. Boca Raton: CRC Press, 1984. v. 2, 194 p.

SCHLIMME, D. V. Marketing lightly processed fruits and vegetables. **Hortscience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p.15-17, Feb. 1995.

SENESI, E.; GALRIS, A.; FUMAGALLI, G. Quality indexes and internal atmosphere of packaged fresh-cut pears (Abate Fetel and Kaiser varieties). **Italian Journal of Food Science**, Roma, v.11, n.2, p.111-121, 1999.

SHEWFELT, R. L. Quality of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 10, n. 3, p. 143-156, Jun. 1987.

SHEWFELT, R. L. Measuring quality and maturity. In: SHEWFELT, R.L. & PRUSSIA, S.E. (Eds.). **Postharvest handling : A systems approach**. New York. Academic Press, 1993. p.100-125.

SMITH, S. M.; GEESON, J. D.; BROWNE, K. M.; EVERSON, H. P. Modified atmosphere retail packaging of 'Discovery' apples. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.40 , p.165-178, 1987.

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

THÉ, P. M. Efeitos da associação de tratamento hidrotérmico, cloreto de cálcio e atmosfera modificada sobre o escurecimento interno e qualidade do abacaxi. 2001.128 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TONG, C. B. S.; GROSS, K. C. Glycosyl-likage composition of tomato fruit cell wall hemicellulosic fractions during ripenin. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.74, n.2, p.365-370, Oct. 1988.

Ukuku, D. O.; Pilizota, V.; Sapers, G. M. Influence of washing treatment on native microflora and *Escherichia coli* population of inoculated cantaloupes. *Journal of Food Quality*, Westport, v.21, p.31-47, 2001.

VANETTI, M. C. D. Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. In: II ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS. Palestras... Viçosa: UFV, 2000. p.44-52.

VILAS BOAS, E. V. B. Modificações pós-colheita de banana prata (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* Grupo AAB) gama irradiada. 1995. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VILAS BOAS, E. V. B. Maturação pós-colheita de híbridos de tomate heterozigotos no loco alcobaça. Lavras: UFLA, 1998. 105 p. (Tese Doutorado).

VILAS BOAS, E. V. B.; LIMA, L. C. O. Armazenamento de Abacaxi Pérola. In: III SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS. Resumos... Campinas: UNICAMP, 1999. p.45.

VUKOMANOVIC, C. R. Efeito da maturação e da baixa temperatura na composição química e no escurecimento interno do abacaxi. 1988. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

WATADA, E. A.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, v.44, p.116-126, May. 1990.

↑
ver na bibl

X WATADA, E. A.; KO, N. P.; MINOTTI, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, p.115-125, 1996.

X WILEY, R. C. (Ed.) **Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. p. 226-268.

WILLOCKX, F.; HENDRICKX, M.; TOBBACK, P. The influence of temperature and gas composition on the evolution of microbial and visual quality of minimally processed endive. In: **Minimal Processing of Foods and Process Optimization: an interface**. CRC Press, 1994, p. 475-492.

YAHIA, E. H.; LIU, T. E.; LAU, O. L. Odor-active volatiles in Mac Intosh apples stored in simulated low-ethylene controlled atmosphere. In: **Controlled Atmosphere for Storage and Transport of Perishable agricultural commodities- Nat. Contr. Atm. Res. Conf., 4, Proceedings...** North Carolina: State University, 1985, v.1, p.70-81.

X YANG, S. F.; HOFFMANN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review Plant Physiology**, Palo Alto, v.35, p.155-189, 1984.

ZONTA, E. P. MACHADO, A. A. **Manual do SANEST Sistema de análise estatística para microcomputadores**. Pelotas: UFPel, 1991. 102p.

ANEXOS

ANEXO A

Página

TABELA 1A	Resumo das análises de variância de SST, pH, ATT, Polifenoloxidase, textura, líquido drenado, bolores e leveduras	97
TABELA 2A	Resumo das análises de variância dos percentuais de celulose, hemicelulose e pectina	98
TABELA 3A	Valores médios de açúcares neutros não celulósicos na parede celular (%) do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado (controle - AMP, 5% O ₂ e 5% CO ₂ - AMA-1, 2% O ₂ e 10% CO ₂ - AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.	99

TABELA A1 Resumo das análises da variância dos SST, pH, ATT, Polifenoloxidase, textura, líquido drenado, bolores e leveduras.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO						
		BRIX	PH	ATT	POLIF	TEXT	LIDRE	BOLEV
ATM	2	5,1615*	0,0373*	0,0014	226,744**	0,0171 ^{NS}	0,1107 ^{NS}	0,00001 ^{NS}
TEMPO	4	2,6945 ^{NS}	0,0390 ^{NS}	0,0078**	51,651**	0,0094 ^{NS}	12,3028**	0,00001 ^{NS}
A*T	8	1,2065 ^{NS}	0,0235 ^{NS}	0,0023**	14,323**	0,0147 ^{NS}	0,2555 ^{NS}	0,00000 ^{NS}
CV%		12,77	2,23	3,852	10,64	15,79	24,519	45,098
MÉDIA		10,01	3,34	0,5165	18,1127	0,4442	1,9963	0,005629

* e ** Significativo pelo teste F, ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente,
^{NS} – não significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade

TABELA A2 Resumo das análises da variância dos percentuais de celulose, hemicelulose e pectina.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO		
		CELULOSE	HEMICEL	PECTINA
ATMOSF	2	347,1972**	47,3767**	12,6910 ^{NS}
TEMPO	4	50,7361 ^{NS}	3,3948 ^{NS}	8,8072 ^{NS}
A*T	8	85,1903**	17,2133**	9,3296 ^{NS}
CV%		10,31	9,93	13,27
MÉDIA		44,828	17,7133	17,065

* e ** - significativo pelo teste F, ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente,

^{NS} - não significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade

TABELA A3 Valores médios de açúcares neutros na parede celular (%) do abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado (controle - AMP, 5% O₂ e 5% CO₂ - AMA-1, 2% O₂ e 10% CO₂ - AMA-2), armazenado à 5 °C ± 1 °C e 85% ± 5% UR, durante 8 dias.

Tempo (dias)	Tratamento	Ramnose	desvio	Fucose	desvio	Arabinose	desvio	Xilose	desvio
2	AMP	0,262	(0,068)	0,299	(0,066)	6,382	(0,530)	17,019	(1,287)
	AMA-1	0,260	(0,068)	0,306	(0,068)	6,189	(0,514)	15,786	(1,194)
	AMA-2	0,240	(0,028)	0,380	(0,020)	8,085	(0,372)	14,637	(0,296)
	AMP	0,224	(0,034)	0,356	(0,044)	7,699	(0,719)	14,372	(0,505)
4	AMA-1	0,164	(0,029)	0,280	(0,046)	5,849	(0,202)	12,050	(0,425)
	AMA-2	0,167	(0,004)	0,274	(0,023)	5,439	(0,252)	12,344	(0,348)
6	AMP	0,227	(0,018)	0,331	(0,020)	7,621	(0,081)	18,480	(0,197)
	AMA-1	0,167	(0,013)	0,493	(0,003)	8,711	(0,030)	15,681	(0,374)
	AMA-2	0,203	(0,021)	0,243	(0,039)	5,727	(0,520)	16,057	(1,065)
	AMP	0,143	(0,022)	0,436	(0,044)	8,930	(0,220)	17,264	(0,403)
8	AMA-1	0,178	(0,076)	0,348	(0,047)	6,329	(0,908)	11,632	(2,088)
	AMA-2	0,292	(0,027)	0,387	(0,026)	7,187	(0,574)	14,178	(1,057)

...continua...

...continuação...

Tempo (dias)	Tratamento	Manose	desvio	Galactose	desvio	Glicose	desvio	Total
2	AMP	0,572	(0,042)	4,676	(0,062)	5,223	(0,140)	34,433
	AMA-1	0,562	(0,041)	4,634	(0,061)	5,193	(0,139)	32,930
4	AMP	0,545	(0,192)	5,445	(0,586)	4,739	(2,147)	33,380
	AMA-1	0,800	(0,152)	4,729	(0,239)	8,229	(0,842)	32,101
4	AMA-2	0,871	(0,050)	4,518	(0,023)	7,892	(0,277)	31,505
	AMP	0,411	(0,059)	4,890	(0,354)	9,142	(1,675)	41,102
6	AMA-1	0,558	(0,046)	6,610	(0,139)	2,930	(0,129)	35,150
	AMA-2	0,424	(0,040)	3,910	(0,129)	3,602	(0,036)	30,166
8	AMP	2,587	(0,660)	6,855	(0,293)	1,525	(0,058)	37,740
	AMA-1	0,567	(0,020)	5,381	(0,146)	4,780	(0,885)	29,215
8	AMA-2	0,632	(0,067)	5,689	(0,089)	3,131	(0,089)	31,496