



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
DE MANGAS 'TOMMY ATKINS'
MINIMAMENTE PROCESSADAS E
TRATADAS QUIMICAMENTE**

BRÍGIDA MONTEIRO VILAS BOAS

2003

55540

MPN047442

BRÍGIDA MONTEIRO VILAS BOAS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MANGAS 'TOMMY ATKINS'
MINIMAMENTE PROCESSADAS E TRATADAS QUIMICAMENTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2003**

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

Vilas Boas, Brígida Monteiro

Avaliação da qualidade de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas e tratadas quimicamente / Brígida Monteiro Vilas Boas. -- Lavras : UFLA, 2003.

89 p. : il.

Orientador: Luiz Carlos de Oliveira Lima.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Manga. 2. Pós-Colheita. 3. Produtos minimamente processados. 4. Cloreto de cálcio. 5. Ácido ascórbico. 6. Ácido cítrico. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-664.80444

BRÍGIDA MONTEIRO VILAS BOAS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MANGAS ‘TOMMY ATKINS’
MINIMAMENTE PROCESSADAS E TRATADAS QUIMICAMENTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 19 de fevereiro de 2003

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas	UFLA
Prof. Dr. José Fernando Durigan	UNESP
Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli do Valle	UFLA
Dra. Mônica Elisabeth Torres Prado	UFLA


Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A DEUS.

Aos meus pais, José Maria e Terezinha.

Ao meu irmão, Lucas.

Ao meu namorado, Fabrício.

Enfim, a toda a minha família,

DEDICO.

**Agradecer é admitir que houve um
momento em que se precisou de alguém,
no qual recebi um olhar de apoio, uma
palavra de incentivo, um gesto de
compreensão e uma atitude de amor.**

Muito obrigada !

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais e a todos meus familiares, por representarem tudo, pelo apoio e carinho demonstrado sempre em todas as etapas de minha vida.

Ao Fabrício, por seu afeto, incentivo e importância fundamental na concretização deste trabalho.

À Elisângela, pela amizade e por compartilhar instantes de alegrias e aprendizados. E ao meu afilhado, Diogo, pelo mimo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos Professores Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima e Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, pela orientação, amizade, disponibilidade sempre demonstrada e ensinamentos.

À Profa. Dra. Roberta H. Piccoli do Valle, pelas orientações nas análises microbiológicas e sugestões.

À Dra. Ana Helena Romaniello Coelho, por sua amizade e consideração, sem esquecer sua participação essencial na finalização deste trabalho e por suas valiosas sugestões.

À Dra. Mônica Elisabeth Torres Prado, por sua colaboração na realização da análise de firmeza e pelas sugestões.

Ao colega Rogério Amaro Gonçalves, por sua amizade e auxílio nas análises estatísticas e nas elaborações dos gráficos

Agradecimento especial para Elisângela, Dona Dirce, Heloísa e Fabrício, pela importantíssima e inesquecível ajuda na montagem e condução do experimento. E aos estagiários Júlia, Lucas e Valdemir, por contribuírem na

execução das análises laboratoriais, pela amizade e por tornarem os momentos mais agradáveis.

Aos funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos, pelo sorriso constante e amizade, em especial Helena Cristina, Gicelda, Aleida, Dirce e “seu Pianinho”. Às laboratoristas Sandra, Tina, Cidinha e Mércia, pela ajuda concedida ao longo do experimento.

Ao Prof. Paulo Roberto Clemente, pelo apoio nas análises sensoriais. À equipe da análise sensorial, obrigada pela dedicação demonstrada, paciência e colaboração.

Aos colegas do curso de pós-graduação, pelo convívio agradável: Heloísa, Helga, Ellen, Adriana, Kelen, Mariana, Tatyane, Ana Carla, Leonora, Carmozene, Rossana e Ramilo.

Aos amigos Anderson e Juliana, pela amizade e convívio agradável, e por suas participações nas fotografias do experimento.

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

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO	03
2.1 Aspectos gerais: manga	03
2.2 Transformações na manga com a maturação	04
2.2.1 Acidez total titulável e pH	04
2.2.2 Sólidos solúveis totais e açúcares	04
2.2.3 Vitamina C	05
2.2.4 Textura e substâncias pécticas	06
2.2.5 Parede celular e enzimas hidrolíticas	07
2.3 Produtos minimamente processados	09
2.3.1 Considerações gerais	09
2.3.2 Escolha de produtos vegetais para o processamento mínimo ...	11
2.3.3 Qualidade dos produtos minimamente processados	12
2.3.4 Comportamento fisiológico, bioquímico e nutricional	13
2.3.5 Aspectos microbiológicos	16
2.3.6 Uso de atmosfera modificada	17
2.3.7 Temperatura e umidade relativa de armazenamento	19
2.3.8 Tratamentos químicos	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Matéria-prima	23
3.2 Etapas do processamento mínimo	23
3.3 Análises físicas, químicas, físico-químicas e bioquímicas	24
3.4 Análise sensorial	29
3.5 Análises microbiológicas	30
→ 3.6 Delineamento estatístico e análise estatística	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Perda de massa	34
4.2 Acidez total titulável (ATT) e pH	36
4.3 Sólidos solúveis totais (SST) e açúcares (AST)	39
4.4 Vitamina C	44
4.5 Valor L*	47
4.6 Cálcio total	49
4.7 Firmeza	51
4.8 Pectina total e solúvel	54

4.9 Atividade da pectinametilesterase (PME) e da poligalacturonase (PG).....	55
4.10 Análise sensorial	59
4.10.1 Sabor e textura	59
4.10.2 Cor e aparência.....	62
4.11 Análises microbiológicas	65
5 CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	82

RESUMO

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Avaliação da qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e tratadas quimicamente.** 2003. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras

Frutas e hortaliças minimamente processadas devem apresentar características de frescor, qualidade sensorial e nutricional adequada, conveniência e segurança aos consumidores. Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas que receberam os tratamentos químicos (ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e foram armazenadas a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR durante 12 dias, quanto aos aspectos físicos, físico-químicos, químicos, bioquímicos, sensoriais e microbiológicos. As análises foram realizadas a cada dois dias. A perda de massa das mangas minimamente processadas não ultrapassou 0,20%. Os tratamentos com as soluções químicas, indistintamente, foram eficientes em manter baixo o pH dos pedaços de manga em comparação ao controle, embora não tenham prevenido o seu aumento ao longo do período de armazenamento. Os tratamentos químicos proporcionaram um valor L^* maior que o controle, o qual decresceu com o tempo de armazenamento. Os pedaços de manga tratados com ácido cítrico 1% tiveram seus teores de açúcares e de sólidos solúveis totais retidos mais eficazmente. Aqueles tratados com ácido ascórbico 1% tiveram seus teores de vitamina C aumentados, devido à eficiente absorção desta solução pelos tecidos. Mas, o alto nível de absorção manteve-se até o sexto dia de armazenamento. O tratamento com CaCl_2 1% aumentou o teor de cálcio dos pedaços, determinando-lhes melhor firmeza e menor atividade da enzima poligalacturonase, porém, não minimizou a solubilização de substâncias pécicas ao longo do armazenamento. De acordo com a análise sensorial, até o décimo segundo dia de armazenamento, os pedaços de manga mantidos nas condições deste experimento foram considerados de boa aceitação, não ocorrendo depreciação acentuada na qualidade sensorial, tendo o tratamento CaCl_2 1% determinado melhor textura que o controle. Mangas minimamente processadas, armazenadas por até 12 dias a 5°C e sob atmosfera modificada ativa, são consideradas seguras, com base na microbiologia, não oferecendo riscos à saúde dos consumidores, desde que obedecidas as boas práticas de fabricação.

* Comitê Orientador: Luiz Carlos de Oliveira Lima - UFLA (orientador), Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (co-orientador).

ABSTRACT

VILAS BOAS, Brígida Monteiro. **Quality evaluation of fresh-cut 'Tommy Atkins' mangoes treated with chemical dips.** 2003. 89 p. Dissertation (Master in Food Science) - Universidade Federal de Lavras, Lavras

Fresh-cut fruits and vegetables should assemble freshness, proper sensory and nutritional quality, convenience and safety. The goal of this work was evaluate the quality of fresh-cut 'Tommy Atkins' mangoes treated with chemical dips (control, 1% citric acid, 1% ascorbic acid and 1% calcium chloride) and stored at $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ and 80-90% RH for 12 days, in terms of physical, physical-chemical, chemical, biochemical, sensory and microbiological aspects. The analysis were accomplished every other day. The mass loss of fresh-cut mangoes did not exceed 0,20%. The chemical dips, in spite of the treatment, were efficient in keeping a low pH in the chunks of mango in comparison to control, although they have not prevented the increase of the pH over the storage period. The chemical dips promoted a higher L* value in comparison to control, although this value has decreased during the storage. Citric acid was able in keep efficiently the levels of soluble solids and sugars. The levels of vitamin C were increased in the chunks treated with ascorbic acid due to the efficient absorption of that solution by the tissue, although the high level of absorption had occurred until the sixth day of storage. The CaCl_2 treatment promoted higher level of calcium in the chunks of mango, determining better firmness and lower activity of polygalacturonase enzyme however did not decrease pectic substances solubilization over the storage period. In accord to sensory analysis, the fresh-cut mangoes kept proper edible quality until 12 days of storage, not occurring important losses on sensorial quality. The chunks dipped in CaCl_2 solution showed texture better than control. Fresh-cut mangoes stored for until 12 days at 5°C and under active modified atmosphere are considered safe, based in microbiological analysis. They do not offer risks to consumer health, since good practices of fabrication are followed.

* Guidance Committee: Luiz Carlos de Oliveira Lima - UFLA (adviser), Eduardo Valério de Barros Vilas Boas (co-adviser) - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta tropical de grande aceitação pelos consumidores, devido às suas características exóticas e composição nutricional. Atualmente, sua produção vem sendo realizada com técnicas modernas de indução floral, permitindo a oferta o ano todo. Uma maneira de aumentar a comercialização desta fruta pode ser conseguida com o processamento mínimo. Este é definido como qualquer alteração física, causada em frutas e hortaliças, que mantém o seu estado fresco, incluindo operações de seleção, lavagem, classificação, corte, sanificação, centrifugação, embalagem e refrigeração.

Os produtos minimamente processados ou *fresh-cut* são mais perecíveis do que os produtos frescos não processados, devido aos danos nos tecidos por ocasião das operações de processamento. Tratamentos químicos, uso de atmosfera modificada e refrigeração adequada têm sido utilizados para preservar a qualidade destes produtos e aumentar o seu período de conservação.

A demanda por frutas e hortaliças minimamente processadas é crescente, proporcionando o surgimento de produtos convenientes e prontos para o consumo, ou seja, sem cascas e/ou sementes e em pequenas porções individuais, pois os consumidores buscam facilidade no preparo de suas refeições e uma dieta saudável.

O grande desafio desta nova tecnologia é disponibilizar produtos frescos, com vida de prateleira suficiente para garantir o período de comercialização e de consumo, seguros e com qualidade nutricional e sensorial adequadas.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas quanto aos aspectos físicos, físico-químicos, químicos, bioquímicos, microbiológicos e sensoriais, utilizando

tratamentos químicos (ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e armazenando-as a 5°C, durante 12 dias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais: manga

A mangueira é originária do sul da Ásia, mais precisamente da Índia, onde há mais de 4.000 anos é cultivada, e do arquipélago Malaio, de onde se disseminou por outras partes do mundo, inclusive as Américas (Cunha et al., 1994). Pertence à família Anacardiaceae, cuja espécie cultivada comercialmente é a *Mangifera indica* L., principalmente nas regiões tropicais e subtropicais (Donadio, 1989).

Dada a sua importância econômica, promovida por seu excelente sabor e boas condições nutritivas, a manga é a sétima frutífera mais plantada no mundo e a terceira mais cultivada nas regiões tropicais, em aproximadamente 94 países (Castro Neto & Cunha, 2000). O Brasil é o nono produtor mundial, com produção de 600 mil toneladas e área plantada de 62 mil hectares (Pimentel et al., 2000).

A cultivar Tommy Atkins foi obtida pelo cruzamento e seleção entre vários tipos de manga na Flórida (Estados Unidos da América), no final do século XIX, sendo introduzida no Brasil a partir do início de 1960 (Botrel, 1994). Esta cultivar produz frutas médias a grandes, até com 13 cm de comprimento e 400 g a 600 g, resistentes ao manuseio e ao transporte, de casca grossa, lisa e de coloração que vai do vermelho com laivos amarelos ao vermelho-brilhante. A polpa apresenta textura firme, coloração amarelo-escuro, de sabor agradável, doce, com poucas fibras e sensível ao colapso interno (Pinto et al., 2000).

A manga apresenta alta taxa de respiração durante o seu processo de maturação. Ela é classificada como fruto climatérico e amadurece completamente após a colheita (Bleinroth, 1981; Mitra & Baldwin, 1997). Como

toda fruta tropical, a manga é altamente sensível às injúrias causadas pelo frio (*chilling*). A faixa de segurança para mangas é de 10°C a 13°C, sendo que temperaturas inferiores causam manchas na casca, semelhantes à escaldadura, e impedem a maturação normal da fruta após remoção da câmara fria (Medina,1996). Essa sensibilidade ao frio depende da cultivar e do estágio de maturação, sendo maior nas frutas mais verdes (Filgueiras et al., 2000).

2.2 Transformações na manga com a maturação

2.2.1 Acidez total titulável e pH

De acordo com Kramer (1973), os dois métodos mais comumente utilizados para medir a acidez de frutas são a acidez total titulável (ATT) e o potencial hidrogeniônico (pH). O primeiro representa todos grupamentos ácidos encontrados (ácidos orgânicos livres e na forma de sais, e compostos fenólicos), enquanto o segundo determina a concentração hidrogeniônica da solução.

O teor de ácidos orgânicos, com poucas exceções, diminui com a maturação, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares (Chitarra & Chitarra, 1990). Além disso, esses ácidos constituem excelentes reservas energéticas das frutas, por meio de sua oxidação via ciclo de Krebs (Kays, 1991).

A acidez total titulável da manga é expressa em termos de ácido cítrico ou málico, visto que eles são os principais ácidos orgânicos livres acumulados, contribuindo para a acidez da fruta, havendo predominância do ácido cítrico (Lakshminarayana, 1980). Os valores de ATT situam-se entre 0,13% e 0,76% de ácido cítrico, e o pH varia de 3,0 a 4,7, dependendo da cultivar, do estágio de maturação e da temperatura de armazenamento (Botrel, 1994).

2.2.2 Sólidos solúveis totais e açúcares

O teor de sólidos solúveis totais (SST) é utilizado como medida indireta

do teor de açúcares, pois aumenta de valor à medida que este se acumula na fruta. A sua medição não representa o teor exato dos açúcares, pois, outras substâncias como vitaminas, fenólicos, pectinas e ácidos orgânicos, também se encontram dissolvidas. No entanto, dentre estas, os açúcares são as mais representativas, chegando a constituir até 85% a 90% dos sólidos solúveis totais (Chitarra, 1999).

Os teores de SST na manga variam entre 6,65°Brix e 21,9°Brix, dependendo da cultivar e do estágio de maturação da fruta (Natividad Ferrer, 1987). A cultivar Tommy Atkins apresenta teor de sólidos solúveis ao redor de 13°Brix com o amadurecimento da manga (Medlicott et al., 1986).

A principal transformação quantitativa que ocorre durante a maturação de muitas frutas é a hidrólise de polissacarídeos e, em particular, a de amido, e sua conversão em açúcares solúveis, que contribuem para o sabor e textura agradáveis das frutas (Chitarra & Chitarra, 1990; Awad, 1993).

Os principais açúcares presentes na manga são a glicose, a frutose e a sacarose. Durante o amadurecimento, os teores de glicose e frutose variam, enquanto que o de sacarose aumenta de três a quatro vezes, sendo, portanto, o principal açúcar contribuinte para a doçura da manga (Lakshminarayana, 1980).

2.2.3 Vitamina C

A vitamina C é encontrada largamente nas frutas e hortaliças e recebe o nome de ácido ascórbico (forma reduzida), sendo o ácido L-ascórbico a sua forma principal e biologicamente ativa. Após oxidar-se, o ácido ascórbico transforma-se em ácido dehidroascórbico, que também é ativo. Essa oxidação se dá pela ação da enzima ácido ascórbico oxidase (Braverman, 1967).

A manga constitui fonte razoável de vitamina C, oscilando entre 5 e 178 mg de ácido ascórbico.100g⁻¹ de polpa (Botrel, 1994). Os teores de ácido ascórbico podem variar grandemente, dependendo da cultivar, estágio de

maturação, condições de cultivo e época. Também a duração e as condições de armazenamento pós-colheita podem influenciar de forma decisiva no conteúdo deste nutriente (Roig et al., 1993). O teor de vitamina C tende a diminuir com a maturação e com o armazenamento de muitas frutas devido à atuação da enzima ácido ascórbico oxidase (Chitarra, 1999).

2.2.4 Textura e substâncias pécticas

4) 1.9] A textura é um atributo importante, que define a qualidade da fruta para o consumo *in natura* e para o processamento, determinando também sua vida útil pós-colheita (Conway et al., 1995).]

△ 4] As substâncias pécticas são os principais componentes químicos dos tecidos, responsáveis pelas mudanças de textura das frutas e hortaliças (Chitarra & Chitarra, 1990). Estas substâncias consistem em uma cadeia principal de α -1,4 galacturonana com resíduos ramnosil 2- e 2,4- ligados; 50% a 60% dos grupos carboxílicos são metoxilados, enquanto o cálcio pode formar pontes inter e intramoleculares. Certa proporção dos resíduos ramnose se liga às cadeias laterais de açúcares, tais como galactose ou arabinose (Fischer & Bennett, 1991).

A alta proporção de ácido galacturônico na maioria das pectinas confere caráter altamente ácido ao polissacarídeo, facilitando as interações iônicas com o cálcio (Maness et al., 1990).

O amadurecimento das frutas é acompanhado por fragmentação dos polímeros pécticos e hemiceluloses, pela solubilização de pectinas e pela perda de açúcares específicos, tais como galactose e arabinose, pela parede celular. Estas modificações reduzem a força da parede celular e a adesão entre as células, conduzindo ao amaciamento e à textura característica das frutas maduras (King & O'Donoghue, 1995).

As substâncias pécticas desempenham importante papel no processo de amolecimento da polpa de manga, conforme relatado por Faria et al. (1994), o

que indica uma possível ação conjunta das enzimas hidrolases na transformação destas substâncias durante o amadurecimento.]

2.2.5 Parede celular e enzimas hidrolíticas

A parede celular é composta por diversas camadas. A lamela média é a primeira depositada durante a divisão celular e conecta as células adjacentes, atuando como uma espécie de cimento entre elas. É composta principalmente por substâncias pécnicas, tendo influência decisiva na textura das frutas (Fischer et al., 1994).

A próxima camada, a parede primária, está localizada entre a membrana plasmática e a lamela média, sendo depositada durante o crescimento celular. É preferencialmente fina e apresenta alto grau de organização em relação à lamela média. Além de pectina, a parede celular apresenta em sua composição, hemicelulose, celulose e algumas proteínas (glicoproteínas). Entre a parede primária e a membrana plasmática de algumas células, pode-se encontrar depositada a parede secundária, mais espessa e mais rígida do que a parede primária e possivelmente sem capacidade de extensão (Brett & Waldron, 1990).

A parede celular consiste basicamente de duas fases, a fase microfibrilar e a fase de matriz. A primeira fase apresenta alto grau de cristalinidade e composição química relativamente homogênea, em que moléculas de celulose se alinham paralelamente em feixes que, agrupados, constituem as microfibrilas de celulose. Estas se agregam numa malha altamente estruturada e estável, ao redor da qual se organizam os outros polímeros, que compõem o gel da matriz. A fase matricial, não cristalina, é quimicamente muito complexa, consistindo de grande variedade de polissacarídeos (pectinas e hemiceluloses), proteínas e compostos fenólicos (Brett & Waldron, 1990).

A celulose é um polímero linear de moléculas de glicose unidas por ligações glicosídicas β (1 \rightarrow 4). As moléculas de celulose associam-se por pontes

de hidrogênio formando microfibrilas, estruturas cristalinas, estáveis quimicamente, extremamente insolúveis e que reforçam a parede ao interagir com os demais componentes da parede primária, que constituem a matriz (Brett & Waldron, 1990).

As hemiceluloses são heteropolissacarídeos ramificados formados por vários resíduos de açúcares neutros (xilose, arabinose, manose, galactose, ramnose, fucose e glicose) e seus ácidos urônicos. As hemiceluloses ligam-se fortemente à superfície das microfibrilas de celulose e entre si, formando uma rede complexa (Fry, 1986). São degradadas enzimaticamente por um grupo específico de enzimas designadas como hemicelulases, que liberam os resíduos de açúcares e seus ácidos. A sua degradação expõe as microfibrilas de celulose das paredes celulares, bem como anula o seu efeito protetor sobre a membrana plasmática e o protoplasma das células vegetais (Chitarra, 2000)

O amadurecimento de mangas é caracterizado pelo amaciamento da polpa, fato causado pela degradação da parede celular, ocorrendo a solubilização de pectinas e envolvendo a ação das enzimas hidrolases (Abu-Sarra & Abu-Goukh, 1992).

As poligalacturonases (PG), que são encontradas na maioria das frutas, catalisam a hidrólise das ligações α -1,4 do ácido poligalacturônico, no interior da cadeia de pectina. Esta enzima é classificada em dois grupos, com base na sua ação sobre o substrato: a endo-PG, com típico rompimento aleatório das ligações glicosídicas e a exo-PG, com rompimento terminal (Konno et al., 1983). A endo-PG, em particular, causa redução na força do material cimentante da parede celular e, conseqüentemente, o amaciamento do tecido vegetal (King & O'Donoghue, 1995).

Para a ação das poligalacturonases, as pectinas devem ser previamente desesterificadas pela pectinametilesterase (PME), formando o ácido poligalacturônico, o qual se torna disponível para formar ligações cruzadas

intermoleculares mediadas por cálcio (Carpita & Gibeaut, 1993). Estas ligações cruzadas melhoram a resistência do tecido à separação celular. Por outro lado, a desmetilação resulta em maior número de grupos carboxílicos, o que pode facilitar a ação da poligalacturonase que degrada substâncias pécticas, preferencialmente desesterificadas (Fry, 1986).

2.3 Produtos minimamente processados

2.3.1 Considerações gerais

Produtos minimamente processados são definidos como qualquer fruta ou hortaliça ou qualquer combinação delas, que foi alterado fisicamente a partir de sua forma original, embora mantenha o seu estado fresco. Independente do produto, ele é selecionado, lavado, descascado e cortado num produto 100% aproveitável que posteriormente é embalado ou pré-embalado com o intuito de oferecer aos consumidores frescor, conveniência e qualidade nutricional (IFPA, 2002). Muitos sinônimos são usados para o termo minimamente processado, incluindo *fresh-cut*, levemente processado, parcialmente processado, pré-cortados, pré-preparados, convenientes e produtos com valor agregado (Cantwell & Suslow, 2002).

Mudanças no estilo de vida dos consumidores vêm demonstrando maior consciência na escolha de sua alimentação, porém, com menor tempo disponível para preparar refeições saudáveis. Como resultado, requerem do mercado maiores ofertas dos produtos ditos de conveniência, ou seja, produtos frescos que podem ser preparados e consumidos em menos tempo (Burns, 1995; Deliza, 2000).

Segundo Huxsoll & Bolin (1989), Wiley (1994a) e Ahvenainen (1996), frutas e hortaliças minimamente processadas devem obedecer a alguns requisitos. Primeiramente, é importante a manutenção do aspecto de frescor dos produtos, mas sem perder a qualidade nutricional e sensorial. Em segundo lugar,

os produtos terão que ter vida de prateleira suficiente para garantir bom período de comercialização e, ao mesmo tempo serem seguros aos consumidores.

O processamento mínimo é um segmento da indústria de horticultura, que vem obtendo crescente participação no mercado de produtos frescos, desde a sua introdução nos Estados Unidos da América (EUA), há 30 anos e no mercado francês, no início de 1980. No Brasil, esta forma de consumo de produtos hortícolas começou no princípio de 1990, e vem apresentando evolução significativa no incremento de vendas, principalmente pela expansão dos serviços de comida rápida, em restaurantes industriais e no âmbito doméstico. Frutas e hortaliças minimamente processadas oferecem inúmeros benefícios aos consumidores, tais como: redução do tempo de preparo da refeição, maior padronização e qualidade mais consistente, maior acesso a frutas e hortaliças mais saudáveis, menor espaço para estocagem, embalagens de armazenamento facilitado e redução do desperdício e da manipulação (Cenci, 2000).

Nos EUA, as indústrias de minimamente processados mobilizaram, em 1994, cerca de US\$ 6 bilhões e a tendência é aumentar esse valor para US\$ 20 bilhões até o ano de 2005. Embora não existam dados estatísticos definitivos, alguns economistas estimaram que as vendas dos produtos hortícolas minimamente processados em 1994 representaram de 8% a 10% do mercado mundial de frutas e hortaliças frescas, esperando-se para o ano de 2005 mais de 25%. A crescente segmentação de mercado vem contribuindo de maneira efetiva para o maior consumo desses alimentos, devido ao incremento das formas, cores, sabores, maneira de preparo e embalagem em que são apresentados (Cenci, 2000).

A possibilidade de processamento deste produto na propriedade agrícola tem contribuído para a diversificação das indústrias regionais, reduzindo as perdas pós-colheita, melhorando o manejo dos resíduos, facilitando o transporte e eliminando problemas de ordem fitossanitária. Além disso, esta nova opção



aos produtores agrícolas, permite aproveitamento da produção e agrega valor aos produtos (Durigan, 2000).

O armazenamento de produtos minimamente processados em condições adequadas é ponto fundamental para o sucesso dessa tecnologia. Temperatura, umidade relativa e composição atmosférica no interior da embalagem são condições ambientais que podem ser manipuladas para diminuir a respiração do vegetal e minimizar o crescimento microbiano (Shewfelt, 1986).

2.3.2 Escolha de produtos vegetais para o processamento mínimo

De acordo com Ahvenainen (1996), a boa qualidade da matéria-prima e os métodos de processamento, incluindo tipos de embalagem, afetam a qualidade e a vida de prateleira das frutas e hortaliças minimamente processadas, que serão introduzidas no mercado consumidor.

O estado da matéria-prima a ser processada e as características das cultivares selecionadas têm grande impacto na população de microrganismos devido ao seu grau de resistência, substrato disponível e resposta às condições de estresse (Romig, 1995). Vários fatores influenciam a qualidade de frutas e hortaliças minimamente processadas, incluindo as condições de cultivo e práticas culturais, cultivar e maturidade na colheita, métodos de colheita e manuseio, padrões de inspeção e duração e condições de armazenamento (Shewfelt, 1987).

Um fator importante na obtenção de frutas e hortaliças minimamente processadas está relacionado à cultivar ou variedade. A seleção de cultivares que apresentam maior tempo de vida útil pode ser fundamental. Tal seleção pode incluir materiais genéticos com amadurecimento mais lento, melhor retenção da textura ou melhores características de sabor e aroma (Romig, 1995).

Watada & Qi (1999) destacam que a maturidade é um importante atributo de qualidade para frutas minimamente processadas, porque frutas

imaturas carecem de boa qualidade sensorial e as completamente maduras têm vida de prateleira restrita. As frutas usadas no processamento mínimo devem ser parcialmente maduras e de boa qualidade (sem defeitos) (Vilas Boas & Kader, 2001). Deste modo, é essencial usar frutas com estágio de maturação e com características sensoriais adequados ao consumo.

Segundo Cantwell & Suslow (2002), o estágio de maturação das frutas no momento do processamento pode alterar as respostas fisiológicas ao corte, como também o tamanho dos pedaços. Estes autores relatam ainda que as frutas geralmente têm fisiologia mais complicada que as hortaliças minimamente processadas. O uso de frutas na maturidade ótima para o processamento mínimo é fundamental para se conseguir a melhor combinação possível de qualidade e de vida de prateleira (Brecht, 1995).

A manga a ser usada no processamento mínimo deve ser livre de danos mecânicos (manuseio pós-colheita), doenças e materiais estranhos, portanto apresentando-se com qualidade aceitável. Limbanyen et al. (1998) relatam que as mangas devem estar maduras não apresentando coloração verde, mas não extremamente maduras para serem usadas como produto minimamente processado.

2.3.3 Qualidade dos produtos minimamente processados

Os produtos minimamente processados devem apresentar características sensoriais adequadas para o consumo e que despertem a atenção do consumidor para compra. Cantwell & Suslow (2002) citam que a demanda dos produtos minimamente processados depende principalmente de fatores que os tornem visualmente aceitáveis e atrativos. Estes produtos devem ter a aparência de vegetal fresco, ter boa consistência e não apresentar defeitos.

De acordo com Durigan (2000), além das características ligadas à aparência e coloração, que são avaliadas diretamente pelo consumidor, o sabor e

o aroma, também determinam a qualidade do produto sendo relacionados com sua composição química.

A idade do produto, condições de sanificação, processamento, embalagem, temperatura e umidade afetam a qualidade dos produtos minimamente processados (Deliza, 2000). A alta qualidade pode ser mantida selecionando produtos na maturidade adequada para o processamento mínimo e controlando a deterioração com baixas temperaturas e atmosfera modificada (Watada & Qi, 1999).

Allong et al. (2001) informam que minimizar as conseqüências negativas da injúria é necessário para aumentar a qualidade e a vida de prateleira em mangas minimamente processadas. Estes autores também destacam que o estágio de maturação das frutas, quando cortadas, influencia o efeito da injúria sobre o tecido.

2.3.4 Comportamento fisiológico, bioquímico e nutricional

Produtos minimamente processados são altamente perecíveis devido à exposição de seus tecidos internos, causando aceleração no seu metabolismo em decorrência da referida alteração física. A combinação de tecido injuriado e aceleração no metabolismo contribui grandemente para a perda de qualidade do produto, afetando, conseqüentemente, sua vida de prateleira (Deliza, 2000). A injúria dos tecidos ativa imediatamente uma série de respostas fisiológicas e bioquímicas complexas nas células adjacentes à camada celular rompida (Chitarra, 2000).

O dano físico ou ferimento causado pelo descascamento e corte durante o processamento mínimo aumenta a taxa de respiração e a produção de etileno pelos tecidos em minutos, promovendo reações químicas e bioquímicas responsáveis por modificações da qualidade sensorial (cor, sabor, aroma e textura) e nutricional (teor vitamínico), o que torna os produtos minimamente

processados mais perecíveis que os *in natura* (Cantwell & Suslow, 2002). Em decorrência da elevação da atividade respiratória, há decréscimo nas reservas energéticas dos tecidos. Os principais substratos utilizados são os açúcares livres e os ácidos orgânicos, sendo que a redução na concentração dos mesmos reflete nas perdas das características de sabor do produto (Chitarra, 2000).

De acordo com Abe & Watada (1991), a produção de etileno é estimulada quando os tecidos das frutas são injuriados e pode ser acumulado nas embalagens do produto *fresh-cut*, o qual pode induzir efeitos indesejáveis. Os efeitos do corte nas taxas de respiração e produção de etileno diferem entre frutos climatéricos e não climatéricos e com o estágio fisiológico da fruta para o processamento mínimo (Lima, 2000).

Mudanças fisiológicas indesejáveis são grandes problemas no processamento mínimo. A perda da integridade celular na superfície cortada das frutas promove a descompartimentalização de enzimas e substratos, provocando reações de escurecimento e formação de metabólitos secundários indesejáveis. A senescência é acelerada e pode ocorrer a formação de sabores e aromas desagradáveis com o aumento da respiração e produção de etileno próximo à superfície cortada (Burns, 1995).

Vários componentes secundários (fenólicos simples, flavonóides, aldeídos e outros) também são formados com a ruptura dos tecidos e estão relacionados com a cicatrização do ferimento ou com a defesa aos ataques de microrganismos. Eles são específicos e dependem da espécie do produto e do tecido envolvido. Em alguns casos, estes compostos podem afetar o aroma, sabor, aparência, valor nutritivo ou segurança do produto minimamente processado (Brecht, 1995).

No momento do corte, os ácidos graxos livres (poliinsaturados) reagem com o O₂ por meio da lipoxigenase, formando hidroperóxidos que levam à perda do valor nutritivo e causam alterações desagradáveis no sabor e no aroma, com a

formação de pigmentos escuros. Como consequência da indução da síntese de etileno e do aumento da respiração têm-se diferenças no grau de maturação entre os tecidos injuriados e não injuriados, aumento na perda de água (exsudação) e na evaporação (dessecação), aceleração nas reações de defesa do tecido; modificações na qualidade do produto e redução na vida de prateleira dos mesmos (Chitarra,1998a).

De acordo com Chitarra (1998b), o processamento mínimo de frutas e hortaliças tem efeito no valor nutritivo, uma vez que as operações de manuseio, processamento, embalagem e armazenamento modificam, de certa forma, a composição dos produtos. A estabilidade das vitaminas é afetada por fatores, tais como luz, temperatura, oxigênio e pH do meio. Portanto, a ruptura celular causada pelo corte aumenta a atividade das enzimas, resultando em perda rápida da vitamina C. Os carotenóides (pigmentos coloridos que se transformam em vitamina A) se oxidam quando expostos à luz e ao oxigênio ou pela ação de enzimas. Além disso, a perda dos fluidos celulares leva à redução no conteúdo dos nutrientes solúveis (vitaminas, açúcares e alguns minerais). Klein (1987) informa que as condições que preservam a qualidade sensorial das frutas e hortaliças minimamente processadas também mantêm o seu valor nutricional.

Diversos procedimentos têm sido utilizados no controle de alterações fisiológicas indesejáveis que afetam adversamente a qualidade dos produtos minimamente processados. A seleção de cultivares, refrigeração adequada, controle da umidade, além do uso de produtos químicos, como ácido ascórbico, ácido cítrico e cálcio, têm sido empregados com sucesso para preservar a qualidade dos produtos e estender sua vida de prateleira. A escolha da embalagem adequada pode criar uma atmosfera modificada ao redor do produto, aumentando seu período de conservação (Lima, 2000). Outras técnicas para redução substancial das injúrias incluem o uso de facas afiadas, manutenção das condições sanitárias e eficiente lavagem e drenagem (remoção da umidade da

superfície) dos produtos cortados (Cantwell & Suslow, 2002).

Estudos do comportamento fisiológico, bioquímico e microbiológico das frutas minimamente processadas devem ser realizados para garantir qualidade sensorial e nutricional, proporcionando produtos seguros com maior vida útil.

2.3.5 Aspectos microbiológicos

Os produtos minimamente processados são mais perecíveis do que aqueles *in natura*. As frutas inteiras são parcialmente protegidas da invasão microbiana, por meio da casca e a sua remoção pode favorecer a disseminação de organismos deterioradores para o interior do produto (Shewfelt, 1986). Como o produto é muito manuseado, a facilidade para a sua contaminação e para o crescimento dos microrganismos aumenta, podendo ocorrer riscos para a saúde do consumidor (Burns, 1995).

Nguyen-The & Carlin (1994) relatam que vários microrganismos podem ser encontrados em produtos minimamente processados, incluindo-se microrganismos aeróbios mesófilos, bactérias do ácido lático, coliformes a 35°C e a 45°C, fungos filamentosos e leveduras.

As fontes de contaminação dos produtos de origem vegetal por microrganismos são diversas. Essa contaminação inicia-se na fase de produção, nos campos, quando há o contato com solo, água, fezes de animais, insetos e manipuladores, continua durante as etapas de colheita, manuseio e transporte da matéria-prima até a indústria e finaliza no preparo do produto pelo consumidor. Medidas preventivas precisam ser adotadas para minimizar a contaminação dos produtos em toda a cadeia produtiva e a implantação de um sistema efetivo de controle, por meio do programa de Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle (APPCC) é fundamental para o conhecimento e prevenção da contaminação e do crescimento microbiano em produtos minimamente processados (Vanetti, 2000).

O efeito da temperatura de armazenamento pode ser explicado por sua ação direta sobre a taxa de crescimento dos microrganismos, alterando a taxa de respiração do produto e causando mudanças na atmosfera gasosa dentro da embalagem, influenciando no comportamento dos microrganismos. Pode também afetar a senescência do produto processado, modificando o meio ambiente para os microrganismos (Nguyen-The & Carlin, 1994).

A segurança é o atributo de qualidade mais desejável nos alimentos, os quais devem ser livres de toda e qualquer substância química tóxica natural ou contaminante. O controle microbiológico tem por objetivo assegurar não só a ausência de microrganismos patogênicos, como também o nível de contaminação com outros microrganismos ou seus metabólicos que possam afetar a qualidade e a segurança do produto (Chitarra, 1994).

A sanificação é uma etapa de relevância no processamento mínimo e o cloro, nas suas várias formas, é o sanificante mais usado em alimentos. Os compostos à base de cloro são germicidas de amplo espectro de ação, que reagem com as proteínas da membrana de células microbianas, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares. A efetividade germicida do cloro depende da sua concentração na forma ativa, que é o ácido hipocloroso, não dissociado presente na solução sanificante (Dychdala, 1991).

2.3.6 Uso de atmosfera modificada

O princípio de conservação, associado à aplicação de embalagens com atmosfera modificada para frutas e hortaliças, é minimizar a respiração aeróbica pela redução do teor de oxigênio (O_2) e pela presença de dióxido de carbono (CO_2). A embalagem destina-se a acondicionar o produto final e a escolha dos filmes plásticos é muito importante para a manutenção da qualidade. Estes devem permitir a permeabilidade adequada de vapor d'água e controlar a

quantidade desejada internamente na embalagem de O₂ e CO₂ e a transferência de etileno (Cenci, 2000).

O principal benefício das atmosferas modificadas na conservação das frutas tem sido relacionado com o retardamento do amadurecimento e senescência, diminuição ou controle de desordens fisiológicas e patológicas (Yahia, 1998). Os microrganismos diferem na sensibilidade à atmosfera modificada. Baixas concentrações de O₂ (1%) geralmente têm pouco efeito sobre o crescimento de fungos e bactérias. No entanto, altas concentrações de CO₂ (5% a 10%) podem ter efeito direto no abaixamento do pH celular, afetando o metabolismo dos microrganismos (Cantwell & Suslow, 2002).

Há dois tipos de atmosferas modificadas, citadas por Smith et al. (1990) e Zagory & Kader (1988) e são chamadas de passiva e ativa. A atmosfera modificada passiva se estabelece quando o produto é colocado em uma embalagem permeável a gases e, em seguida, selada, permitindo à respiração do produto reduzir a concentração de O₂ e aumentar a de CO₂ dentro da mesma, até um estado de equilíbrio desejado. Na atmosfera modificada ativa, após colocar o produto na embalagem, é criado vácuo parcial, seguido pela injeção da mistura gasosa desejada dentro da embalagem. A mistura de gases contém níveis adequados de CO₂, O₂ e nitrogênio para se produzir o efeito desejável dentro da embalagem.

Na decisão do tipo de atmosfera a ser utilizada, devem ser observados alguns fatores, como tipo de produto, volume, rentabilidade, sensibilidade às diferentes combinações de O₂ e CO₂, período de armazenamento. Quando são utilizadas atmosferas inadequadas, podem ocorrer processos respiratórios anaeróbicos que conduzem ao desenvolvimento de sabor e aroma anormais, assim como colapso interno dos tecidos (Yahia, 1998).

A atmosfera modificada que melhor mantém a qualidade e a vida de armazenamento de produtos minimamente processados utiliza oxigênio nas

concentrações entre 2% a 8% e concentrações de dióxido de carbono entre 5% a 15% (Cantwell, 1992).

As difusividades do CO₂ e do O₂ no filme utilizado para a embalagem são essenciais para manter a atmosfera dentro do produto e não causar o desenvolvimento de odores desagradáveis ou danos fisiológicos dos produtos hortícolas nas condições ideais de armazenamento (Barmore, 1987).

A embalagem deve ser selecionada de forma que a umidade relativa no seu interior seja elevada, porém, com taxa de transmissão ao vapor d'água suficiente para evitar a condensação da água (Chitarra, 2000).

Depois da refrigeração, o uso de embalagens com atmosfera modificada tem sido o método mais eficiente para estender a vida útil de produtos minimamente processados, e vem sendo considerado como mais um passo na conservação destes produtos, por reduzir a transpiração, a taxa de respiração, a biossíntese e a ação do etileno, o escurecimento da superfície cortada e o crescimento microbiano (Schlimme & Rooney, 1994; Chitarra, 2000).

O tipo de filme plástico utilizado na embalagem tem papel fundamental na modificação da atmosfera, devido à sua permeabilidade e aos seus coeficientes de difusão aos gases (Schlimme & Rooney, 1994). Os filmes de PVC (cloreto de polivinila), PP (polipropileno) e PE (polietileno) são os mais usados na embalagem de produtos minimamente processados (Cantwell, 1992).

2.3.7 Temperatura e umidade relativa de armazenamento

Fatores como a temperatura e a umidade relativa durante o armazenamento, a presença de microrganismos e o tipo de embalagem utilizada, têm grande influência sobre a manutenção da qualidade e devem ser adequados a cada tipo de produto processado (Durigan, 2000).

Temperaturas baixas são necessárias para reduzir taxas de respiração, retardar o crescimento microbiano e as deteriorações, como o escurecimento e o

amolecimento em produtos minimamente processados. Em geral, estes devem ser armazenados entre 0°C e 5°C para manutenção da qualidade, segurança e vida de prateleira (Cantwell, 2000).

Rattanapanone et al. (2001) relataram que o abaixamento da temperatura de 10°C para 5°C estendeu o período de armazenamento dos cubos de manga, o que ilustra a importância de baixas temperaturas para a manipulação de produtos minimamente processados.

Chantanawarangoon (2000), estudando os efeitos das temperaturas de armazenamento na manutenção da qualidade das mangas minimamente processadas, sugeriu o uso de temperaturas entre 2°C e 5°C, visto que pedaços de manga mantidos a 0°C por mais de 10 dias podem sofrer injúrias (*chilling*).

A vida de prateleira difere entre os produtos minimamente processados, estendendo-a de 7 a 20 dias quando mantidos na temperatura recomendada (Watada & Qi, 1999). Este limitado período de vida de prateleira ocorre pois as injúrias causadas nos tecidos vegetais induzem respostas fisiológicas e bioquímicas que aceleram a senescência, diminuindo a qualidade e o tempo de vida dos mesmos (Carnelossi & Silva, 2000).

Altas temperaturas são limitantes à qualidade das frutas, pois afetam diretamente as taxas de todos os processos vitais, tais como: a) respiração e produção de calor vital; b) maturação e produção de etileno e c) perda de massa. Portanto, quanto mais rapidamente o produto for acondicionado em sua temperatura ótima de armazenamento, maior será a sua vida de prateleira. Para isso, o ideal é que se mantenha o produto em temperaturas adequadas logo após a sua preparação e durante a cadeia de comercialização até o consumo (Lima, 2000). Temperaturas mais baixas de armazenamento retardam o metabolismo do vegetal pela diminuição de sua taxa respiratória e redução de sua atividade enzimática (Chitarra & Chitarra, 1990).

O controle da temperatura é a técnica mais útil e importante disponível

para minimizar as injúrias provocadas pelo processamento mínimo de frutas e hortaliças. Após o processamento, enxágüe com água fria pode ser benéfico para diminuir e ajudar a manter a temperatura baixa. A temperatura da água de enxágüe deve estar o mais próxima possível de 0°C para que se alcancem os melhores benefícios. Baixas temperaturas durante o transporte, armazenamento e nos pontos de venda diminuem o amadurecimento e outros processos metabólicos, reduzem a deterioração e podem minimizar os efeitos do etileno (Brecht, 1995). A perda de umidade das frutas e hortaliças minimamente processadas reduz a qualidade sensorial, causando murchamento, enrugamento e perda de turgescência (Schlimme, 1995).

2.3.8 Tratamentos químicos

Os tratamentos químicos são usados em frutas e hortaliças minimamente processadas para reduzir o escurecimento enzimático, prevenir a perda de sabor e do aroma e retardar o amaciamento dos tecidos (Wiley, 1994b; Brecht, 1995), auxiliando na manutenção da qualidade, no aumento da vida de prateleira e na conservação dos produtos.

O cálcio desempenha papel essencial na manutenção da estrutura da parede celular em frutas pela interação com ácidos pécticos da parede celular para formar pectato de cálcio, proporcionando textura mais firme aos tecidos (Poovaiah, 1986).

A presença de cálcio, além de conferir insolubilidade ao material péctico, limita a ação da enzima poligalacturonase (PG), principal enzima responsável pelo amaciamento das frutas, uma vez que o pectato de cálcio formado é resistente à degradação pela PG (Heppler & Wayne, 1985).

Segundo Poovaiah (1988), a senescência do tecido é influenciada pela degradação dos polímeros pécticos na parede celular e frutas com maior concentração de cálcio amaciam mais lentamente. Assim sendo, o cálcio atua



retardando a maturação e a senescência dos tecidos vegetais, por auxiliar na manutenção da estrutura das paredes celulares, conferindo textura mais firme aos tecidos (Chitarra, 2000).

A produção de etileno é estimulada em tecidos deficientes de cálcio e sua adição diminui a taxa respiratória e suprime a produção de etileno. O cálcio reduz a taxa de respiração limitando a difusão de substrato que se origina do vacúolo para as enzimas que participam da respiração no citoplasma (Rolle & Chism III, 1987).

Alguns compostos naturais, como os ácidos orgânicos (ácidos cítrico e ascórbico) e outros, têm apresentado efeito positivo na manutenção da qualidade e no aumento da vida de prateleira. Há no entanto, necessidade do estabelecimento das concentrações mais eficazes e dos efeitos adversos que esses aditivos podem apresentar, notadamente nas características de sabor e aroma, uma vez que os produtos minimamente processados devem ter características de produto fresco (Chitarra, 2000).

O ácido ascórbico é um inibidor altamente efetivo do escurecimento enzimático, por causa da capacidade em reduzir quinonas a compostos fenólicos antes que formem pigmentos escuros (Laurila et al., 1998). O uso deste ácido como antioxidante, além de ser totalmente seguro para o consumo humano, pode aumentar o teor de vitamina C de certas frutas e hortaliças (Préstamo & Manzano, 1993).

O ácido cítrico é um dos principais ácidos orgânicos naturais em frutas. Previne o escurecimento enzimático pela ação de polifenoloxidasas e peroxidases. Também é utilizado para potencializar (ação sinérgica) outros antioxidantes como o ácido ascórbico (Chitarra, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Matéria-prima

As mangas da cultivar Tommy Atkins provenientes de Petrolina, Pernambuco, foram adquiridas da CEASA, Belo Horizonte, MG, tamanho 10 e 11, que indica o número de frutas por caixa (46 x 26 x 11 cm) e sem defeitos aparentes. As frutas no estágio verde-maturas foram selecionadas no local de compra e levadas até o Laboratório de Bioquímica de Frutos (Pós-Colheita) do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, onde permaneceram até completarem a maturação adequada para realizar o processamento mínimo.

As mangas foram separadas de acordo com a coloração da casca (método visual) e firmeza da polpa, utilizando um penetrômetro McCormick, modelo FT 327, com ponteira de 8 mm aplicada nas regiões equatoriais (2 determinações) das frutas, após remoção de pequena porção da casca. Os resultados obtidos em libras foram multiplicados por 4,4482 e expressos em Newton (N). As frutas apresentavam firmeza entre 29 N e 38 N.

3.2 Etapas do processamento mínimo

As etapas do processamento foram realizadas na Sala de Processamento Mínimo do Laboratório de Bioquímica de Frutos (Pós-Colheita) do DCA/UFLA, em condições higiênicas, em que todos balcões, bandejas plásticas e utensílios foram previamente lavados e sanificados com soluções de hipoclorito de sódio a 200 mg.L⁻¹ e etanol 70% (v/v). Os operadores usavam luvas, gorros, máscaras e aventais.

As mangas, depois de uniformizadas quanto à coloração e firmeza da polpa, foram lavadas com detergente neutro, enxaguadas em água corrente e

posteriormente imersas em solução de hipoclorito de sódio a 200 mg.L^{-1} e armazenadas imediatamente em câmara fria a $14 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e umidade relativa (UR) entre 80% e 90%, por uma noite. Após este período, as frutas foram transportadas para a Sala de Processamento Mínimo (temperatura em torno de 18°C), onde foram novamente sanificadas com solução gelada ($\pm 5^\circ\text{C}$) de hipoclorito de sódio a 300 mg.L^{-1} por 15 minutos e deixadas secar ao ar.

As mangas foram descascadas manualmente, a polpa separada longitudinalmente do caroço e cortada em pedaços (20 mm x 30 mm). Estes foram imersos, por 4 minutos, nas seguintes soluções:

1. controle (água destilada gelada);
2. ácido cítrico 1%;
3. ácido ascórbico 1%;
4. cloreto de cálcio 1% (CaCl_2 1%).

A água utilizada em todas as soluções encontrava-se gelada (5°C) e autoclavada. Após a imersão, os pedaços de manga foram então drenados por 5 minutos, em peneira plástica, para retirada do excesso de líquido acumulado. Em seguida, foram acondicionados em embalagens de polipropileno (PP) previamente sanificadas com hipoclorito de sódio a 200 mg.L^{-1} , que foram seladas com filme flexível de polietileno + polipropileno alta barreira, 0,060 mm de espessura, havendo a injeção de gases 5 kPa de O_2 e 5 kPa de CO_2 , utilizando-se Seladora de Bandejas - AP340 (TecMaq). O armazenamento das embalagens foi feito em câmara fria a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e 80-90% UR por 12 dias e as análises realizadas a cada dois dias. As etapas do processamento mínimo de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas estão ilustradas na Figura 1.

3.3 Análises físicas, químicas, físico-químicas e bioquímicas

As análises foram realizadas no Laboratório de Produtos Vegetais e de Bioquímica de Frutos (Pós-Colheita) do DCA/UFLA.

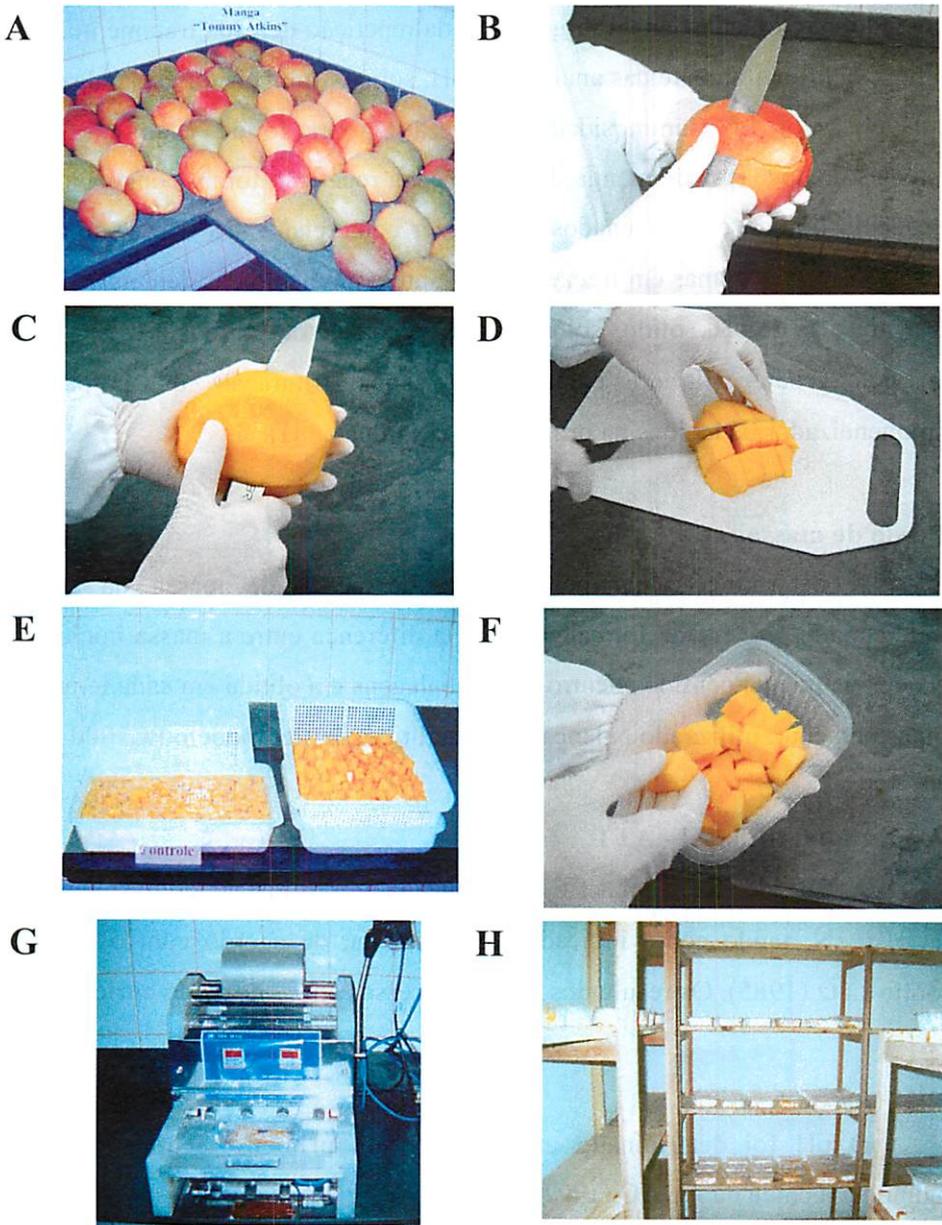


FIGURA 1 Etapas do processamento mínimo de mangas ‘Tommy Atkins’: seleção (A), descascamento (B), cortes (C e D), tratamentos e drenagem (E), embalagens (F), seladora de bandejas (G) e armazenamento (H).

Durante os tempos de armazenamento foi retirada uma embalagem, contendo aproximadamente 130 g, dentro da repetição de cada tratamento, para realização primeiramente das análises de pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, valor L* (luminosidade), firmeza e extração de vitamina C. Os restantes dos pedaços de manga dentro de cada repetição foram congelados em nitrogênio líquido e armazenados em freezer comercial a -18°C e as amostras destinadas para enzimas em freezer a -84°C, até o momento das demais análises. As avaliações de pH, sólidos solúveis totais e acidez total titulável foram feitas em homogenato filtrado em organza, após trituração da polpa em homogeneizador de tecidos na proporção 1:5 (polpa:água).

- Perda de massa

A determinação da porcentagem de perda de massa da manga minimamente processada foi calculada pela diferença entre a massa inicial dos pedaços de manga contidos dentro das embalagens e a obtida em cada tempo de armazenamento, utilizando balança semi-analítica Mettler modelo PC2000.

- Acidez total titulável - ATT

A determinação da ATT foi realizada por titulação com solução de NaOH 0,1N, tendo como indicador fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico.

- pH

O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro Schott Handylab, segundo a técnica da AOAC (1992).

- Sólidos solúveis totais - SST

Foram determinados por refratometria, em refratômetro digital ATAGO

PR-100 com compensação de temperatura automática a 25°C e expressos em °Brix, segundo a AOAC (1992).

- Açúcares solúveis totais - AST

Foram extraídos com álcool etílico e determinados pelo método de Antrona (Dische, 1962). Os resultados foram expressos em gramas de glicose por 100 g de polpa.

- Vitamina C

O conteúdo de ácido ascórbico (após a oxidação a ácido dehidroascórbico) foi determinado pelo método colorimétrico utilizando-se 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker & Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa.

- Valor L* (Luminosidade)

O valor L* foi determinado em duas faces de cinco pedaços de manga de cada repetição, utilizando-se colorímetro marca Minolta, modelo CR 300.

- Cálcio total

O teor de cálcio total foi determinado no material liofilizado, após digestão nitroperclórica, por espectrofotometria de absorção atômica, conforme metodologia estabelecida por Sarruge & Haag (1974). O resultado foi expresso em mg de cálcio total por 100 g de matéria seca.

- Firmeza

A firmeza foi feita em cinco pedaços de manga de cada repetição no sentido paralelo e perpendicular às fibras, sendo feita a média entre as dez leituras. A determinação foi realizada com o auxílio do Texturômetro Stable

Micro System modelo TAXT2i, utilizando a sonda tipo agulha P/2N (2 mm de diâmetro), que mediu a força de penetração desta nos pedaços, numa velocidade de 5mm/s e numa distância de penetração de 7 mm, valores estes previamente fixados. Foi usada uma plataforma HDP/90 como base. A firmeza dos pedaços de manga foi expressa em Newton (N).

- Pectina total e solúvel

As pectinas, total e solúvel, foram extraídas segundo a técnica descrita por McCready & McComb (1952) e seus teores determinados colorimetricamente segundo Bitter & Muir (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa.

- Atividade de pectinametilesterase (PME)

A extração da enzima PME foi realizada segundo a técnica de Buescher & Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995). O doseamento foi feito segundo Hultin et al. (1966) e Ratner et al. (1969), com modificações de Vilas Boas (1995). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 η mol de NaOH por minuto, sob as condições do ensaio.

- Atividade de poligalacturonase (PG)

A extração da enzima PG foi realizada segundo a técnica de Buescher & Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995). O doseamento foi realizado segundo Markovic et al. (1975), com modificações de Vilas Boas (1995). A atividade enzimática foi expressa em η mol de ácido galacturônico por grama de polpa por minuto.

3.4 Análise sensorial

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do DCA/UFLA, obedecendo aos seguintes critérios:

- Seleção dos provadores

Foram selecionados, entre alunos e funcionários do DCA/UFLA, provadores de ambos os sexos, pelo teste triangular, utilizando-se soluções de sacarose a 2,0% e 2,5%. Foram apresentadas, simultaneamente, três amostras aos provadores, sendo duas com concentrações iguais de sacarose, para que identificassem a amostra diferente. Esta etapa teve duração de uma semana.

- Teste de ordenação

Inicialmente, o treinamento constou de uma discussão aberta (mesa redonda) com os provadores, para identificação das características sensoriais da manga, ajudando na elaboração das fichas usadas no teste de qualidade.

No teste de ordenação, com duração de duas semanas, foram apresentadas amostras de manga 'Tommy Atkins', em três diferentes estádios de maturação (verde-matura, madura e completamente madura), aos provadores, para que eles as ordenassem de acordo com sua preferência (notas de 1 a 9).

- Teste de qualidade

O treinamento com as mangas minimamente processadas que continham os tratamentos similares aos do experimento teve duração de duas semanas.

Durante o experimento, nove provadores treinados de uma equipe de doze, recebiam as mangas minimamente processadas tratadas com ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1%, cloreto de cálcio 1% e as não tratadas (controle). Eles avaliavam-nas utilizando duas fichas, uma para sabor e textura e outra para cor e aparência, com uma escala de notas, em que: 9= extremamente boa; 8= muito

boa; 7= moderadamente boa; 6= ligeiramente boa; 5= indiferente; 4= ligeiramente ruim; 3= moderadamente ruim; 2= muito ruim e 1= extremamente ruim.

A embalagem usada para análise sensorial não tinha repetições. Os pedaços de manga foram colocados em copos descartáveis codificados com três dígitos aleatórios, para que não identificassem os tratamentos e nem os influenciassem. Os provadores se dirigiam para cabines individuais com luz vermelha para mascarar a cor e recebiam as quatro amostras simultaneamente e em duplicata, para a avaliação do sabor e da textura. Para os testes de cor e aparência, os pedaços foram distribuídos em placas de petri codificadas com três dígitos aleatórios. Foi utilizada uma cabine especial de cor branca contendo quatro lâmpadas fluorescentes de 40 watts.

3.5 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do DCA/UFLA, segundo as metodologias propostas por ICMSF (1982), exceto quando mencionada. A embalagem destinada para realização da análise microbiológica não tinha repetições. Esta embalagem foi aberta assepticamente e retiradas amostras de 25 g de pedaços de manga que foram homogeneizadas em 225 mL de água peptonada 0,1% estéril e feitas as diluições seriadas para inoculação.

- Quantificação de coliformes a 35°C e coliformes a 45°C

Os coliformes a 35°C foram quantificados utilizando-se a técnica do número mais provável (NMP). O teste presuntivo foi realizado com a inoculação de alíquotas da amostra em quatro séries de três tubos, contendo tubos de Durhan e caldo lauril sulfato triptose (LST), sendo incubados a 35°C por 24 a 48 horas. Consideravam-se tubos positivos para coliformes a 35°C aqueles que

apresentaram turvação e formação de gás. Os coliformes a 45°C foram quantificados utilizando-se a técnica do NMP. Aliquotas foram transferidas dos tubos positivos do teste presuntivo para tubos contendo caldo *Escherichia coli* (EC) com tubos de Durhan; os tubos foram incubados a 45°C por 24 a 48 horas. Consideravam-se tubos positivos para coliformes a 45°C aqueles que se apresentavam com turvação e formação de gás. Os resultados foram expressos em NMP.g⁻¹ de polpa.

- Contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos

Os microrganismos aeróbios mesófilos foram quantificados pelo método de plaqueamento em profundidade, utilizando-se ágar para contagem padrão (PCA). As placas foram incubadas a 35°C, por 48 horas. Os resultados foram expressos em Log₁₀ UFC (unidades formadoras de colônia). g⁻¹ de polpa.

- Contagem de fungos filamentosos e leveduras

Fungos filamentosos e leveduras foram quantificados pelo método de plaqueamento em profundidade, utilizando meio batata dextrose ágar (BDA) acidificado com ácido tartárico a 10%, para evitar crescimento de bactérias. As placas foram incubadas a 25°C por 3 a 5 dias. Os resultados foram expressos em UFC.g⁻¹ de polpa.

- Contagem total de microrganismos psicrotróficos aeróbios

Os microrganismos psicrotróficos aeróbios foram quantificados pelo método de plaqueamento em profundidade segundo Harrigan (1998), utilizando-se ágar para contagem padrão (PCA). As placas foram incubadas a 7°C por 10 dias.

- Contagem de bactérias do ácido láctico

As bactérias do ácido láctico foram quantificadas pelo método de plaqueamento em profundidade, utilizando meio ágar de Man, Rogosa e Sharpe (MRS). As placas foram incubadas a 30°C por 48 horas, em atmosfera microaerófila.

3.6 Delineamento estatístico e análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 3 repetições. Os tratamentos foram dispostos por um fatorial 4 x 7, sendo constituídos pelos fatores tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1%, cloreto de cálcio 1%) e tempos de armazenamento ($T_1=0$ dia, $T_2=2$ dias, $T_3=4$ dias, $T_4=6$ dias, $T_5=8$ dias, $T_6=10$ dias, $T_7=12$ dias).

A parcela experimental foi constituída por uma bandeja com as dimensões de 15,0 cm de comprimento x 11,5 cm de largura x 4,5 cm de altura, contendo aproximadamente 130 g de manga.

As análises microbiológicas foram realizadas sem repetições e não sendo submetidas à análise estatística. Na análise sensorial o número de repetições foi igual ao número de provadores, ou seja, nove repetições. A variável perda de massa foi considerada a partir do tempo 2, já que no 0 dia não existem perdas.

As análises estatísticas das variáveis físicas, físico-químicas, químicas, bioquímicas e sensoriais foram feitas com auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2000). Após a análise de variância dos dados obtidos, observou-se o nível de significância do teste F. Quando houve efeito significativo da interação entre tratamentos químicos e tempo de armazenamento, desdobrou-se o fator tratamentos químicos dentro de cada tempo, utilizando-se o teste de Tukey a 5%. Quando houve efeito significativo dos tratamentos químicos e do tempo de armazenamento, não detectando interação significativa entre estes dois fatores, as médias do fator tratamentos químicos foram comparadas, mediante o teste de

Tukey 5%. Já as médias dos tempos de armazenamento foram submetidas à regressão polinomial, em que os modelos (linear e quadrático) foram selecionados de acordo com a significância do teste F de cada modelo e com o coeficiente de determinação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perda de massa

Interação + tempo

Produtos minimamente processados são altamente suscetíveis a perda de massa por causa da exposição dos tecidos internos e da falta da casca protetora (Watada & Qi, 1999), podendo resultar em perdas quantitativas e também na aparência (murchamento e enrugamento), na textura (amaciamento e perda de frescor) e na qualidade nutricional (Kader, 2002).

Houve efeito significativo dos tratamentos químicos, do tempo de armazenamento e da interação entre estes dois fatores ($p < 0,01$) para a variável perda de massa. As mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas tratadas com ácido ascórbico 1% apresentaram perda de massa significativamente superior à das demais no quarto e sexto dias de armazenamento, e ao controle e ao ácido cítrico 1% no oitavo e décimo segundo dias de armazenamento (Figura 2). Resultado semelhante foi encontrado por Carvalho (2000), trabalhando com kiwi minimamente processado, cujas fatias tratadas com ácido ascórbico 1% apresentaram a maior perda de massa e as fatias controle a menor perda, durante 10 dias a 1°C.

Embora a perda de massa tenha sido influenciada interativamente pelos tratamentos químicos e pelo tempo de armazenamento ao quarto, sexto, oitavo, décimo e décimo segundo dias, ela foi mínima em termos práticos, não ultrapassando 0,20%. Isso pode estar correlacionado à eficiência da embalagem usada em impossibilitar interferências do ambiente de armazenamento. A perda de massa mínima também foi encontrada por Carvalho (2000), trabalhando com kiwis minimamente processados armazenados a 1°C durante 10 dias, que atribuiu ao uso de embalagem que restringe as trocas gasosas da fruta com o meio, criando uma atmosfera modificada em seu interior.

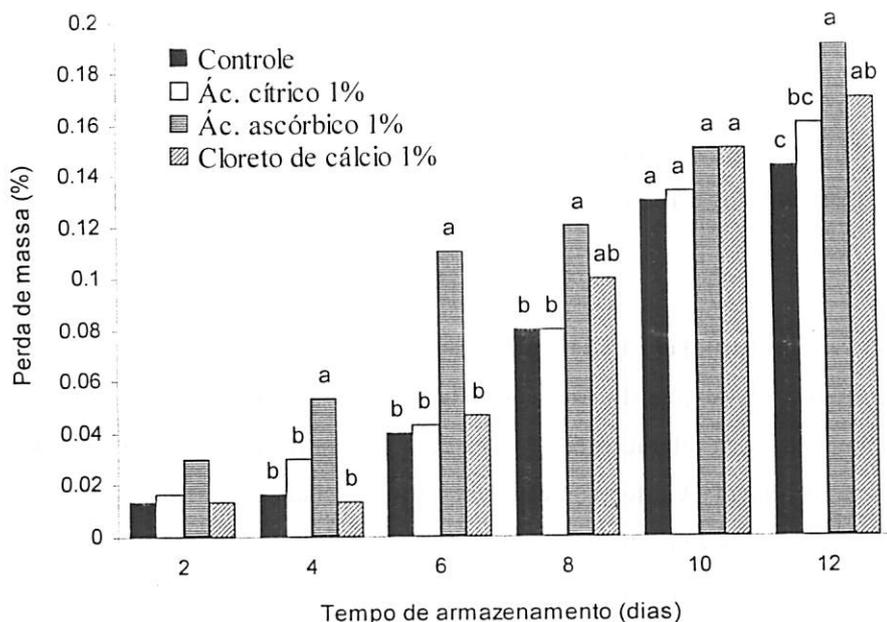


FIGURA 2 Valores médios de perda de massa de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias. Barras acompanhadas de mesma letra dentro de cada tempo não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

As temperaturas baixas adequadas (0°C a 5°C) de armazenamento ajudam a reduzir a perda de massa das frutas e hortaliças minimamente processadas (Brecht, 1995). Sarzi (2002), analisando o efeito da temperatura sobre a perda de massa de mamão minimamente processado, percebeu que os produtos mantidos a 9°C foram os que apresentaram as maiores perdas durante o armazenamento (15 dias) em relação às temperaturas de 3°C e 6°C .

Rocha et al. (1998), estudando a influência dos tratamentos químicos sobre a qualidade de maçãs minimamente processadas armazenadas a 4°C por 10

dias, obtiveram resultados de perda de massa mínima inferior a 0,22%, o que atribuíram ao uso de embalagem.

Jeronimo (2000) constatou o efeito positivo do armazenamento refrigerado na diminuição da perda de massa fresca, principalmente quando associado à embalagem, aumentando a vida pós-colheita de mangas ‘Tommy Atkins’ intactas.

4.2 Acidez total titulável (ATT) e pH

Houve efeito significativo dos tratamentos químicos, do tempo de armazenamento e da interação entre estes dois fatores ($p < 0,01$) para a variável acidez total titulável. A diferença estatística foi detectada apenas no segundo e quarto dias de armazenamento (Figura 3). Em ambos os tempos, as mangas minimamente processadas tratadas com ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1% (CaCl_2 1%) mostraram maiores teores de acidez que o controle.

A ATT dos pedaços de manga ‘Tommy Atkins’ sofreu leve decréscimo com o armazenamento (Figura 3). Donadon et al. (2001) também evidenciaram tendência de redução nos teores de acidez total titulável ao longo de 15 dias de armazenamento a 3°C em pedaços de manga da mesma cultivar embalados em copos plásticos de polietileno de baixa densidade. Os valores encontrados por estes autores estavam entre 0,253% e 0,325% de ácido cítrico, sendo condizentes com os observados neste trabalho, de 0,171% a 0,320% de ácido cítrico.

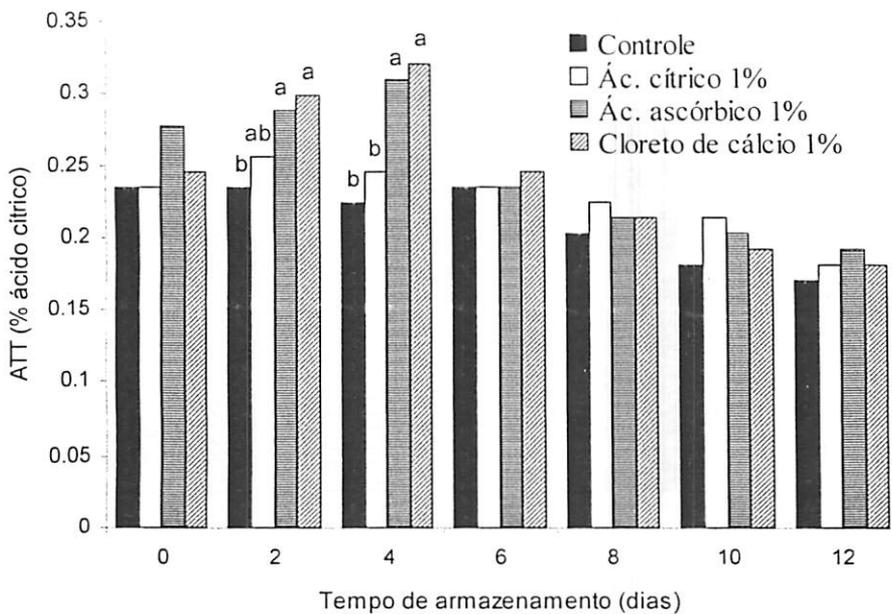


FIGURA 3 Valores médios de acidez total titulável de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias. Barras acompanhadas de mesma letra dentro de cada tempo não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

tratamento e tempo

O pH mostrou-se afetado significativamente pelos tratamentos químicos e pelo tempo de armazenamento ($p < 0,01$), não se observando interação significativa entre estes dois fatores. Os pedaços de manga tratados quimicamente não diferiram entre si em relação ao pH, mas apresentaram valores médios menores do que o controle (Figura 4). Isto evidencia que as soluções químicas foram efetivas em manter baixo os valores de pH. Os pedaços de manga não tratados (controle) apresentaram pH mais elevado e, logo, baixa acidez (Figura 3).

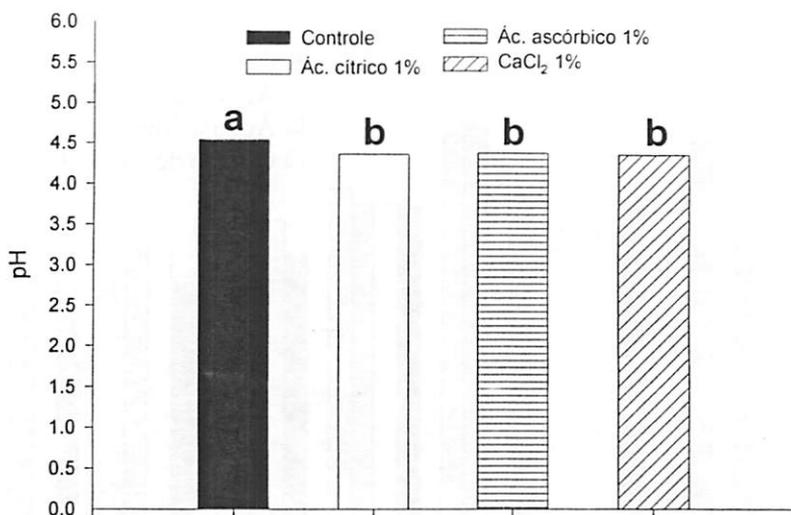


FIGURA 4 Valores médios de pH de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias. Barras acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Observou-se, ao longo do tempo de armazenamento, um ligeiro acréscimo nos valores médios do pH, de 4,34 a 4,48 (Figura 5). Já Limbanyen et al. (1998) constataram uma variação do pH de 3,5 para 4,8 em mangas minimamente processadas com o armazenamento a 5°C por 10 dias. Chantanawarangoon (2000) relatou que o pH dos pedaços de manga ‘Kent’ não sofreu modificações durante o armazenamento a 5°C por 9 dias.

Os valores observados neste trabalho estão próximos dos encontrados por outros autores. Rattanapanone et al. (2001) obtiveram valores de pH inicial variando entre 4,0 e 4,6 em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas. Chantanawarangoon (2000) encontrou valores de pH entre 3,7 e 3,9 em pedaços

de manga 'Kent' armazenados a 5°C por 9 dias.

Evangelista (1999), avaliando a qualidade de mangas 'Tommy Atkins' intactas armazenadas sob refrigeração (10°C) e tratadas com cloreto de cálcio na pré-colheita, notou que no decorrer do período de armazenamento (35 dias) o pH médio aumentou de 3,49 para 3,65.

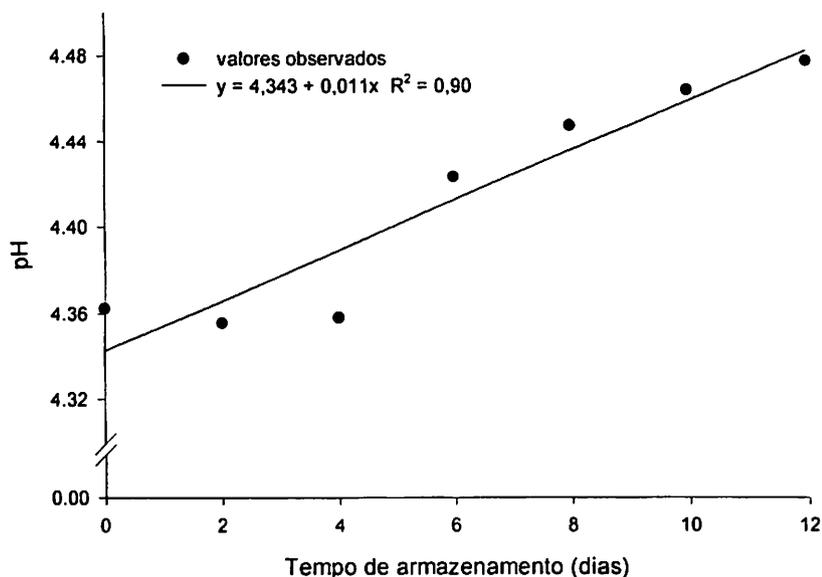


FIGURA 5 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de pH de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

habituado de livros

4.3 Sólidos solúveis totais (SST) e açúcares solúveis totais (AST)

Os teores de sólidos solúveis totais são usados como indicadores de maturidade e também determinam a qualidade da fruta, exercendo importante

papel no sabor. Os SST mostraram-se afetados de modo significativo pelos tratamentos químicos e pelo tempo de armazenamento ($p < 0,01$), não se detectando interação significativa entre estes dois fatores. Os teores de SST foram preservados mais eficazmente nos pedaços de manga tratados com ácido cítrico 1% (Figura 6).

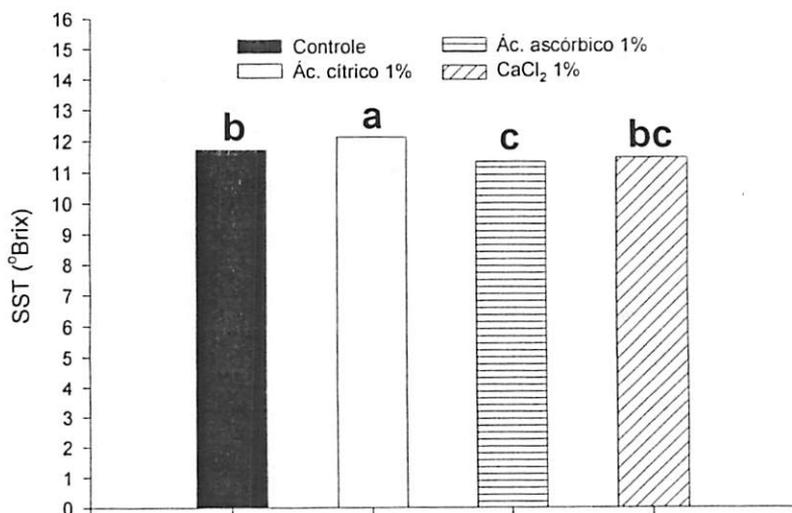


FIGURA 6 Valores médios de sólidos solúveis totais de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias. Barras acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Os pedaços de manga apresentaram variações pouco expressivas em relação aos teores de SST durante o período de armazenamento (Figura 7), mas com tendência decrescente após o quarto dia. Esta queda nos SST

provavelmente ocorreu devido ao consumo dos mesmos nos processos respiratórios. Este comportamento também foi verificado por outros autores, como Donadon et al. (2001) e Mattiuz et al. (2000), em mangas ‘Tommy Atkins’ e goiabas ‘Pedro Sato’ minimamente processadas, respectivamente.

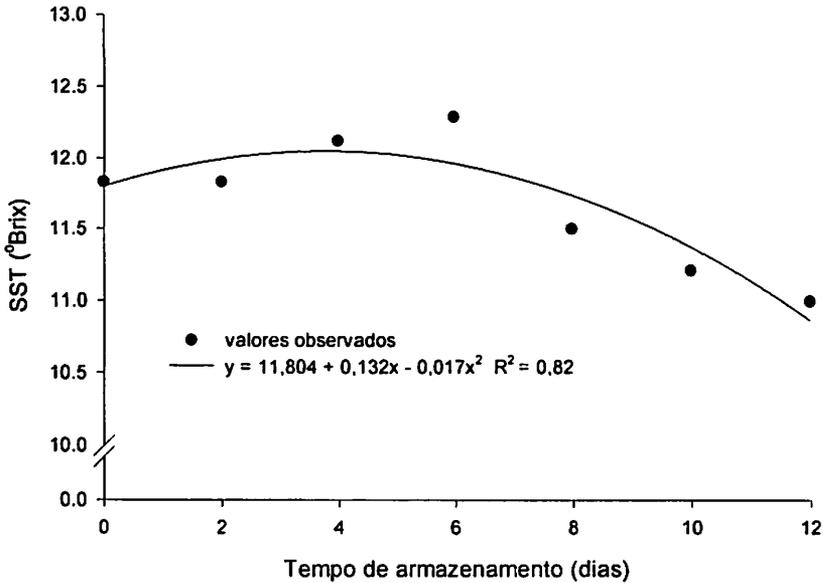


FIGURA 7 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de sólidos solúveis totais de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

Segundo Rattanapanone et al. (2001), os teores médios de sólidos solúveis das mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas não sofreram influência do tempo de armazenamento permanecendo semelhantes aos iniciais. Já Chantanawarangoon (2000) relatou que os sólidos solúveis dos pedaços de

manga 'Kent' em todos tratamentos (controle, CaCl₂ 0,5% e 1,0%) aumentaram levemente de 12% para 14%, durante o período de 9 dias a 5°C.

Rattanapanone & Watada (2000), trabalhando com mangas da mesma cultivar minimamente processadas, afirmaram que os teores de SST provavelmente não mudaram durante o armazenamento a 5°C, por 5 dias, devido ao limitado período de tempo, em contraste com o tempo de armazenamento das frutas intactas.

O teor de SST das mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas foi, em média, de 11,7°Brix, estando coerente com o encontrado por Rattanapanone et al. (2001), em torno de 12°Brix para mangas 'Tommy Atkins'. Já Donadon et al. (2001) verificaram teores mais elevados, entre 14,3°Brix e 16,7°Brix, para mangas da mesma cultivar minimamente processadas, embaladas em bandejas PET, armazenadas a 3°C durante 15 dias.

Os açúcares solúveis totais (AST) são carboidratos de baixo peso molecular, que desempenham papel fundamental na determinação do sabor doce das frutas. Estes constituem a maior parte dos sólidos solúveis das mangas e apresentam-se, principalmente, sob a forma de sacarose, glicose e frutose, com predominância do primeiro (Santos, 2002; Botrel, 1994).

Os fatores tratamentos químicos e tempo de armazenamento foram significativos para a variável açúcares solúveis totais ($p < 0,05$), não havendo interação entre estes dois fatores. Pôde-se observar que o tratamento com ácido cítrico 1% promoveu maior retenção destes açúcares (7,97%) em pedaços de manga (Figura 8), embora comprovada estatisticamente apenas para o ácido ascórbico (7,38%). O teor médio de AST foi de 7,40% neste trabalho, estando próximo ao encontrado por Evangelista (1999) que foi, em média, de 8,14% para mangas 'Tommy Atkins' intactas.

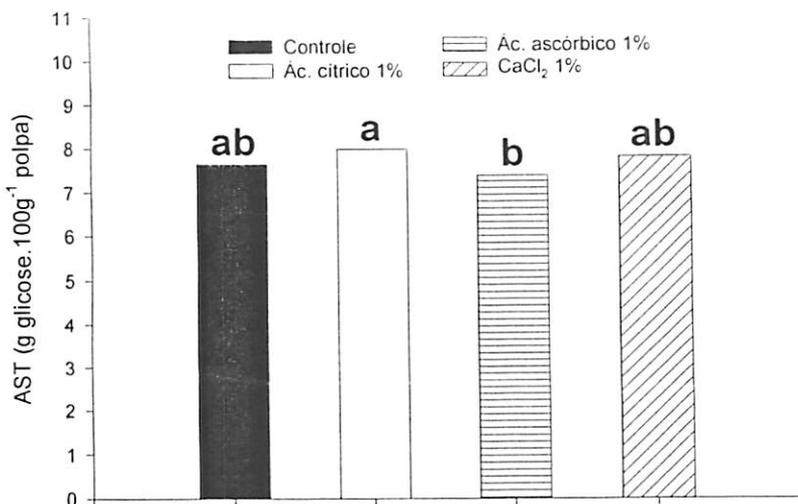


FIGURA 8 Valores médios de açúcares solúveis totais de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias. Barras acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

De acordo com a Figura 9, houve, inicialmente, redução nos teores de açúcares até o sexto dia de armazenamento, devido ao aumento da taxa respiratória do produto, que foi conseqüência das injúrias (descascamento e corte) causadas durante o processamento mínimo, quando os açúcares possivelmente foram utilizados como substratos. Em seguida, sugere-se que tenha ocorrido síntese de açúcares até o final do armazenamento, possivelmente devido à interconversão amido-açúcar proveniente de certa porcentagem remanescente de amido.

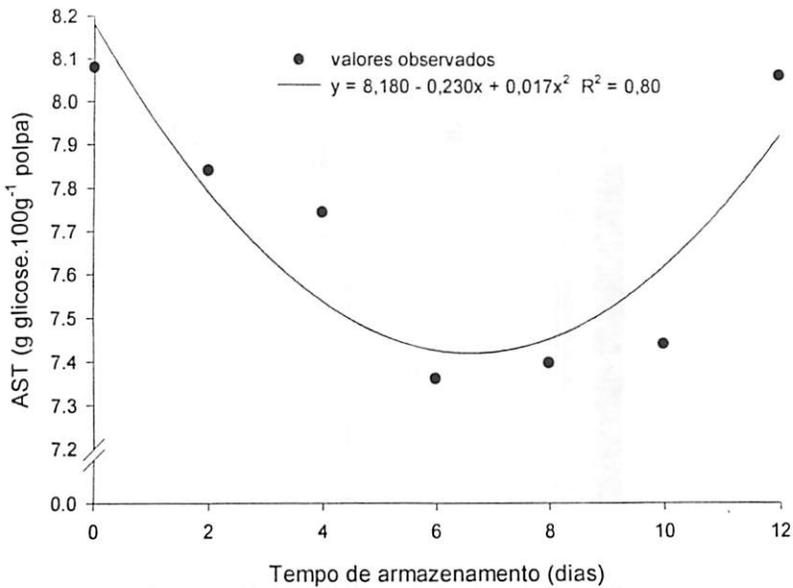


FIGURA 9 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de açúcares solúveis totais de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

4.4 Vitamina C

Houve efeito significativo dos tratamentos químicos e do tempo de armazenamento ($p < 0,01$) para a variável vitamina C, não se observando interação significativa entre estes dois fatores. Os pedaços de manga ‘Tommy Atkins’ foram eficientes em absorver o ácido ascórbico, aumentando o teor de vitamina C em relação aos demais tratamentos (Figura 10). Carvalho (2000) também observou que fatias de kiwi tratadas com ácido ascórbico 1% apresentaram teores mais elevados de vitamina C.

Donadon et al. (2001), estudando a conservação de mangas ‘Tommy

Atkins' minimamente processadas, utilizando bandejas PET e armazenamento a 3°C, durante 15 dias, encontraram teores de ácido ascórbico entre 14,80 e 17,26 mg.100g⁻¹ de polpa, ligeiramente inferior à média encontrada no controle (23,58 mg.100g⁻¹ de polpa).

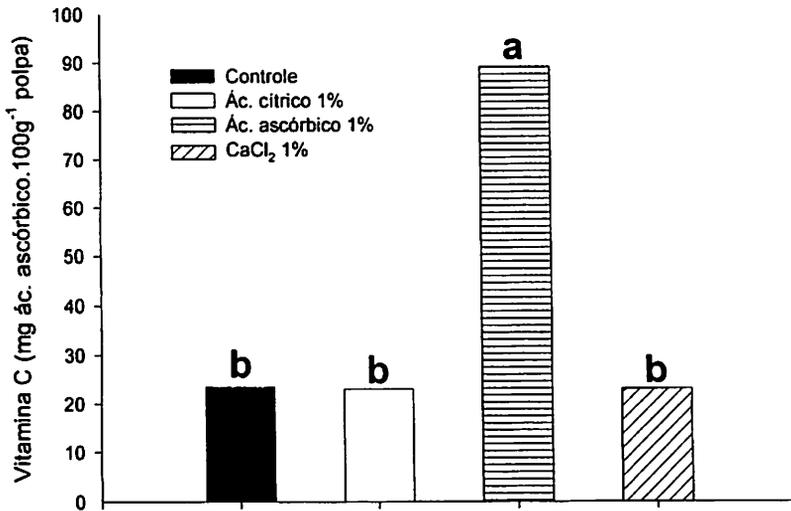


FIGURA 10 Valores médios de vitamina C de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a 5 ± 0,5°C e 80-90% UR, durante 12 dias. Barras acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Chantanawaragoon (2000) relatou que o tratamento com 0,068M CaCl₂ + 0,05M ácido ascórbico + 0,05M L-cisteína por 2 minutos dobrou a concentração de ácido ascórbico total dos pedaços de mangas 'Haden' armazenados a 5°C, situando-se na faixa de 70 mg.100g⁻¹ de polpa.

O teor de vitamina C das mangas minimamente processadas manteve-se elevado até o sexto dia de armazenamento; a partir deste período houve redução ao longo do armazenamento, como mostrado na Figura 11, indicando perdas de aproximadamente 10%. Estas perdas podem ser relacionadas ao processamento mínimo, pois o corte dos tecidos aumenta a atividade enzimática.

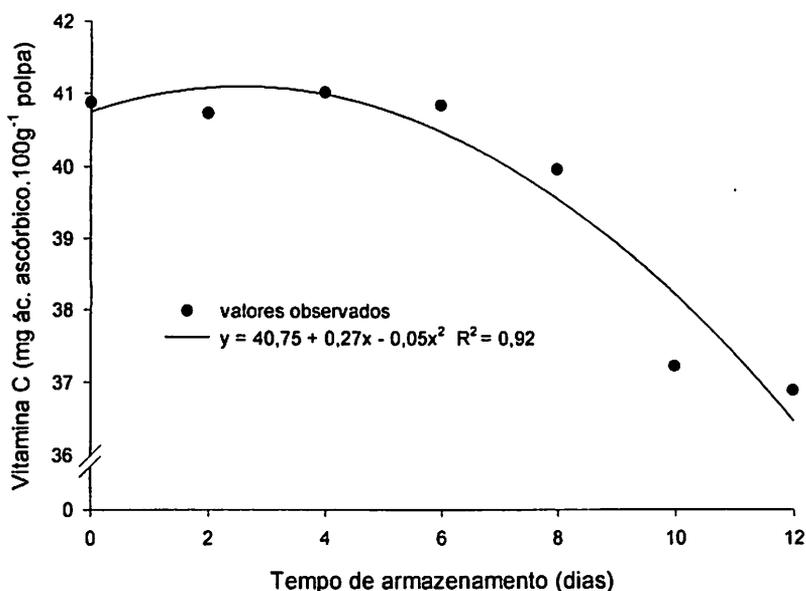


FIGURA 11 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de vitamina C de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

Sarzi (2002) também observou perdas no teor de ácido ascórbico ao redor de 15% em mamão minimamente processado armazenado por 15 dias. O

ácido ascórbico pode ser oxidado por uma série de mecanismos químicos e bioquímicos que são responsáveis não só pela perda de sua atividade vitamínica, como também pela formação de pigmentos escuros (Chitarra, 2000).

Segundo Donadon et al. (2001), os teores de ácido ascórbico mostraram tendência de redução ao longo do armazenamento dos pedaços de manga 'Tommy Atkins' embalados em copos plásticos e mantidos a 3°C por 15 dias. Chantanawarangoon (2000) observou que, após 17 dias de armazenamento a 5°C, os teores de ácido ascórbico dos pedaços de manga 'Haden' tratados com 0,068M CaCl₂ + 0,05M ácido ascórbico + 0,05M L-cisteína diminuíram cerca de 29% dos valores iniciais; já os pedaços de manga tratados com esta mesma solução e mantidos em atmosfera controlada diminuíram 18%.

4.5 Valor L*

O valor L* indica luminosidade, diferenciando cores claras de escuras, ou seja, é um parâmetro para avaliação da coloração, variando de zero para negro a 100 para branco.

O valor L* foi afetado significativamente pelos tratamentos químicos e pelo tempo de armazenamento ($p < 0,01$), não se detectando interação entre estes dois fatores. O tratamento com ácido ascórbico 1%, seguido do ácido cítrico 1% e do CaCl₂ 1%, preservou a cor dos pedaços de manga, demonstrando serem eficazes neste parâmetro, pois evitaram o escurecimento (Figura 12). Rocha et al. (1998) também constataram que maçãs cortadas tratadas com ácido ascórbico 0,75% mantiveram a cor quando mantidas a 4°C durante 10 dias.

Os valores de L* encontrados neste trabalho estão próximos aos obtidos por Chantanawarangoon (2000), em pedaços de manga 'Kent' tratados com CaCl₂ 0,5% e 1,0% e os não tratados (controle), os quais variaram de 60 a 75.

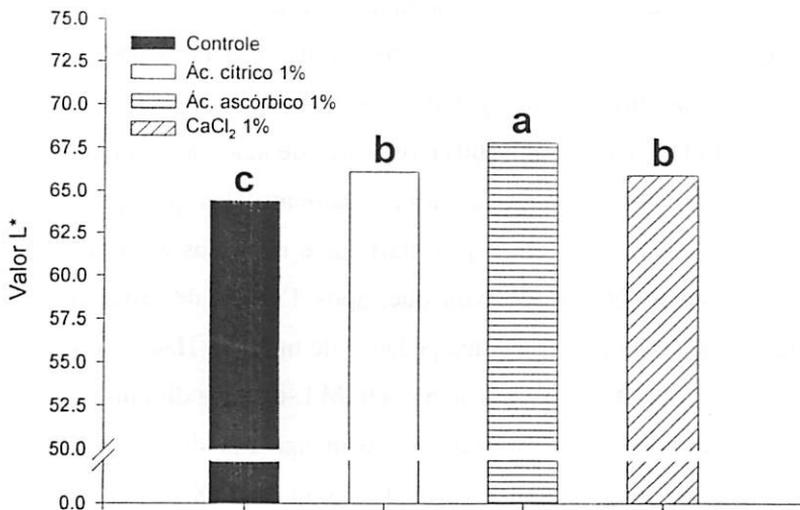


FIGURA 12 Valor L* de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias. Barras acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

O valor L* reduziu-se ao longo do período de armazenamento de 67,78 para 62,64 (Figura 13). Isso está coerente com o trabalho de Chantanawarangoon (2000), em que os pedaços de manga ‘Kent’ também apresentaram uma redução no valor L*, independente do tratamento, durante o armazenamento a 5°C por 9 dias. Já Donadon et al. (2000) observaram que a luminosidade dos pedaços de manga ‘Keitt’ embalados em sacos plásticos evoluiu de $L^*=66,58$ para $L^*=70,98$, indicando aumento na claridade dos pedaços com o armazenamento a 3°C por 15 dias.

Rattanapanone & Watada (2000) verificaram que o valor L* não foi alterado com o tempo nas mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas

armazenadas a 5°C, por 5 dias, em atmosferas com baixa concentração de oxigênio, mas houve redução deste valor no controle.

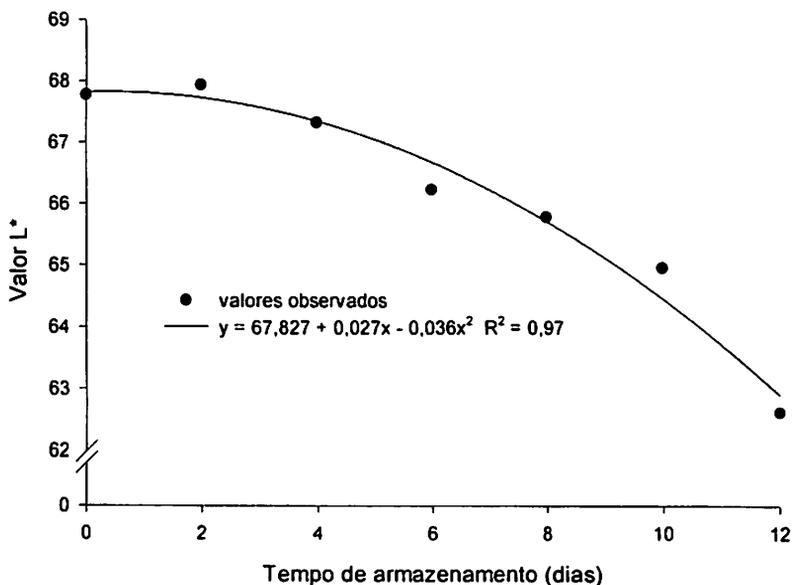


FIGURA 13 Valor L*, equação de regressão e coeficiente de determinação de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a 5 ± 0,5°C e 80-90% UR, durante 12 dias.

observado

4.6 Cálcio total

Houve efeito significativo apenas do fator tratamentos químicos para variável cálcio total ($p < 0,01$), não apresentando variação significativa durante o período de armazenamento (Figura 14). O tratamento com CaCl_2 1% proporcionou maiores teores de cálcio ($243,62 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ matéria seca) nas mangas minimamente processadas em relação aos demais tratamentos, que

tiveram, em média, 43,81 mg de cálcio.100g⁻¹ matéria seca. Ao comparar esta média com o resultado obtido de cálcio total por Chantanawarangoon (2000) em mangas ‘Kent’ minimamente processadas armazenadas a 5°C por 9 dias, que foi ao redor de 40,00 mg.100g⁻¹ matéria seca, pôde-se notar que este valor foi próximo ao encontrado neste trabalho.

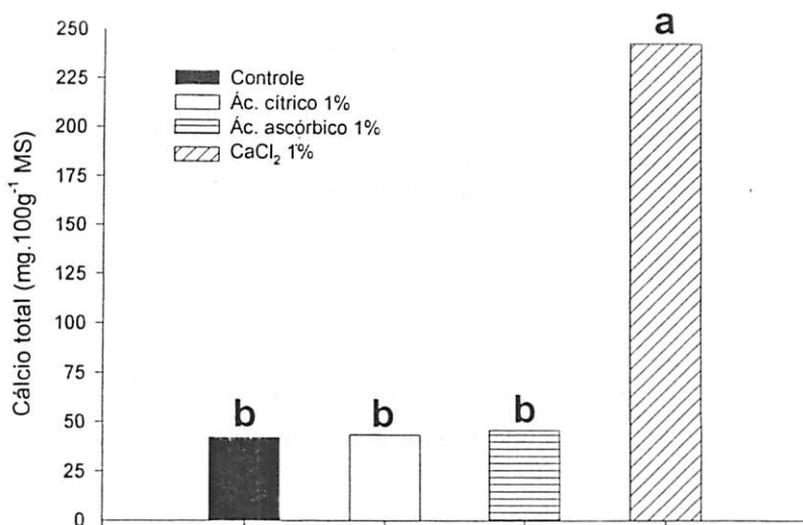


FIGURA 14 Valores médios de cálcio total de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias. Barras acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Chantanawarangoon (2000) relatou que as mangas ‘Kent’ minimamente processadas tratadas com CaCl₂ 1% apresentaram maior teor de cálcio do que aqueles tratados com CaCl₂ 0,5% e o controle. Segundo Zambrano & Manzan

(1995), a aplicação pós-colheita de cálcio em mangas 'Haden' intactas prolongou a vida de armazenamento (15°C) destas frutas por uma semana.

4.7 Firmeza

De acordo com Lakshminarayana (1980), o amaciamento e as mudanças na textura que ocorrem durante o amadurecimento de mangas são associados com as mudanças na pectina.

A variável firmeza mostrou-se afetada significativamente pelos tratamentos químicos e pelo tempo de armazenamento ($p < 0,01$), não havendo interação entre estes dois fatores. Observando a Figura 15, nota-se que os pedaços de manga tratados com CaCl_2 1% apresentaram valores médios de firmeza superiores (0,21N), podendo ser correlacionados ao cálcio que foi absorvido eficazmente pelos tecidos (Figura 14).

Resultados similares sobre os efeitos dos tratamentos com cálcio em preservar a firmeza de frutas e hortaliças minimamente processadas foram relatados por outros autores que trabalharam com melão (Luna-Guzmán & Barret, 2000), kiwi (Agar et al., 1999), abobrinha (Izumi & Watada, 1995) e cenoura (Izumi & Watada, 1994). O cálcio participa de maneira efetiva na preservação da integridade e funcionalidade das membranas celulares e na manutenção da consistência firme da fruta, devido, provavelmente, à sua função de ligação às pectinas da parede celular e da lamela média (Awad, 1993).

Chantanawarangoon (2000) relatou que o tratamento com CaCl_2 1% foi efetivo em manter a firmeza e estender a vida de prateleira por 9 dias de mangas 'Kent' minimamente processadas e mantidas a 5°C. Ao contrário, Limbanyen et al. (1998) verificaram que o tratamento com CaCl_2 1% não teve efeito sobre a firmeza de mangas minimamente processadas armazenadas a 5°C, por 10 dias. Allong et al. (2001) observaram mudanças não significativas na firmeza das fatias de manga mantidas a 5°C e 10°C.

Entretanto, Sarzi (2002) observou que pedaços de mamão tornaram-se mais firmes ao longo do armazenamento (15 dias), provavelmente devido à perda de umidade, o que levou a formação de tecido superficial mais resistente, aumentando os valores de firmeza.

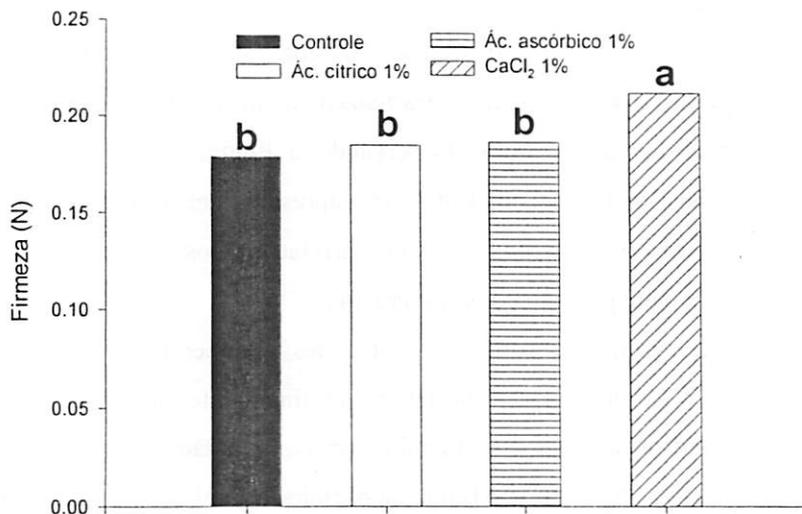


FIGURA 15 Valores médios de firmeza de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias. Barras acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Durante o período de armazenamento (Figura 16) houve um declínio linear nos valores de firmeza nas mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas. Este resultado assemelha-se ao encontrado por Rattanapanone et al. (2001), que verificaram que a força de cisalhamento foi afetada pelo tempo de

armazenamento em cubos de manga da mesma cultivar.

De acordo com Chantanawarangoon (2000), a firmeza dos pedaços de manga 'Kent', em todos os tratamentos, diminuiu com o armazenamento a 5°C, durante 9 dias. Entretanto, o tratamento com CaCl₂ 1% proporcionou firmeza significativamente maior em relação ao CaCl₂ 0,5% e ao controle.

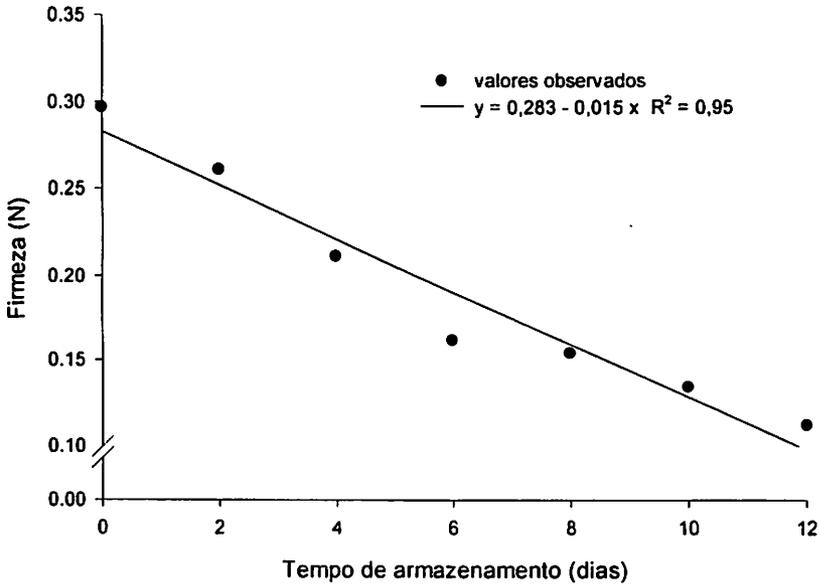


FIGURA 16 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de firmeza de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

Agar et al. (1999) constataram que a firmeza das fatias de kiwi decresceu no decorrer do armazenamento a 2°C por 5 dias, exceto nos tratamentos com

CaCl₂ 1% e 2% em que as fatias permaneceram 25% mais firmes que o controle. Já os tratamentos com ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e suas combinações não afetaram a retenção de firmeza.

Varoquaux et al. (1990) sugeriram que o amaciamento em fatias de kiwi durante o armazenamento ocorreu devido à hidrólise enzimática dos componentes da parede celular, uma vez que as células danificadas por ocasião do corte liberaram enzimas proteolíticas e pectinolíticas que poderiam ter difundido para o interior dos tecidos.

4.8 Pectina total e solúvel

Não houve interação significativa entre os fatores tratamentos químicos e tempo de armazenamento, não observando também efeitos isolados destes fatores para variável pectina total ($p > 0,05$). As mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas apresentaram teor de pectina total na faixa de 869,43 mg de ácido galacturônico.100g⁻¹ de polpa. Este valor está coerente com os de Lima (1997), que encontrou, em média, 725 mg de ácido galacturônico.100g⁻¹ de polpa de frutas sadias de mangas 'Tommy Atkins' intactas.

A variável pectina solúvel foi afetada significativamente somente pelo fator tempo de armazenamento ($p < 0,01$), não se observando efeito isolado do fator tratamentos químicos e nem interação significativa entre estes dois fatores. Houve incremento da pectina solúvel ao longo do armazenamento, independente do tratamento químico utilizado (Figura 17) o que, possivelmente, ocasionou a redução da firmeza dos pedaços de manga (Figura 16).

Estes resultados são condizentes com os encontrados por Lima (1997), que observou aumento na solubilização das substâncias pécticas, o que resultou no amaciamento de mangas 'Tommy Atkins' sadias e intactas com o tempo de armazenamento. O processo de solubilização das pectinas contribui para o amaciamento dos tecidos das frutas em decorrência da redução da força de

coesão entre as células (Chitarra, 1999).

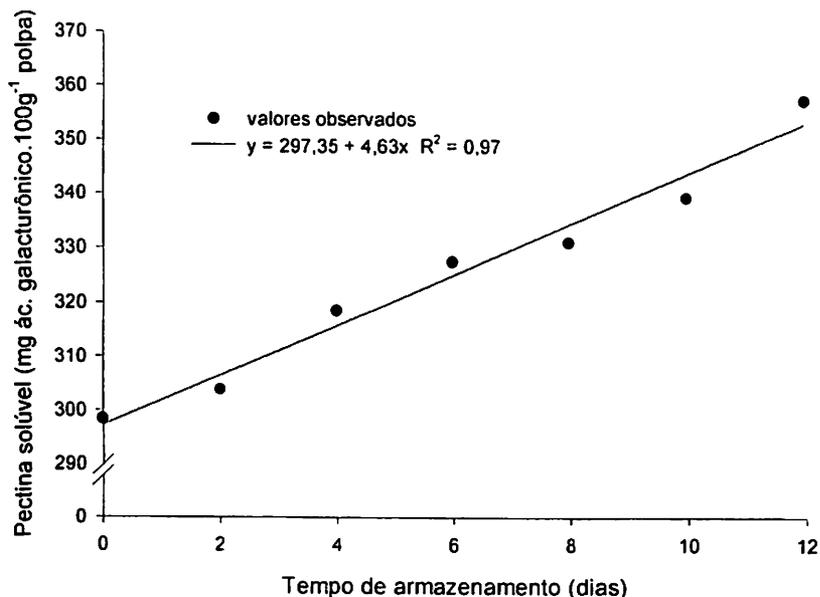


FIGURA 17 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de pectina solúvel de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

4.9 Atividade da pectinametilesterase (PME) e da poligalacturonase (PG)

A atividade da enzima PME não foi detectada nas mangas minimamente processadas. Isto pode ser explicado, sugerindo-se que o pico de atividade desta enzima já tivesse ocorrido, uma vez que as mangas utilizadas para o processamento mínimo se encontravam em um estágio de maturação que as

tornava aptas para o consumo e ao mesmo tempo com qualidade para garantir o período de armazenamento.

Evangelista (1999) também não detectou atividade desta enzima nos diferentes estádios de maturação de mangas 'Tommy Atkins' intactas tratadas com cloreto de cálcio na fase pré-colheita. Em mangas verdes, a atividade da PME mostrou-se bastante elevada, seguida de declínio acentuado com a evolução da maturação até o final do período de armazenamento (28 dias), à temperatura de $12 \pm 2^\circ\text{C}$ (Lima, 1997).

Faria et al. (1994) observaram um aumento da atividade da poligalacturonase ocorrendo somente após o início da queda da atividade da pectinametilesterase em mangas 'Haden' intactas durante o amadurecimento. Os mesmos autores sugerem que esta última enzima parece preparar a protopectina, pela remoção dos grupos metilas, para a ação da poligalacturonase, que inicialmente atua quebrando as cadeias de pectina e a seguir, de forma mais evidente, nos grupos terminais das cadeias.

A enzima PG foi afetada de modo significativo pelos tratamentos químicos ($p < 0,05$) e pelo tempo de armazenamento ($p < 0,01$), não se detectando interação significativa entre estes dois fatores. Os pedaços de manga 'Tommy Atkins' tratados com CaCl_2 1% mostraram as menores atividades da PG (Figura 18), justificando-se pela provável ligação deste mineral aos grupos carboxílicos das pectinas, formando pectato de cálcio, que impede a ação da enzima poligalacturonase, proporcionando maior firmeza das mangas minimamente processadas (Figura 15). O controle apresentou significativamente maior atividade ($9,80 \text{ } \mu\text{mol ácido galacturônico.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$) desta enzima em relação ao CaCl_2 1% ($9,17 \text{ } \mu\text{mol ácido galacturônico.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

A atividade da enzima poligalacturonase nas mangas minimamente processadas foi, em média, de $9,40 \text{ } \mu\text{mol ácido galacturônico.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Este resultado está abaixo do valor médio observado por Lima (1997), que foi de

26,70 ηmol ácido galacturônico. $\text{g}^{-1}.\text{min}^{-1}$, para mangas 'Tommy Atkins', intactas e sadias, armazenadas por 28 dias a $12 \pm 2^\circ\text{C}$ e $88 \pm 3\%$ UR. Em mangas, a atividade da poligalacturonase é baixa comparada com a do tomate (Lazan & Ali, 1993).

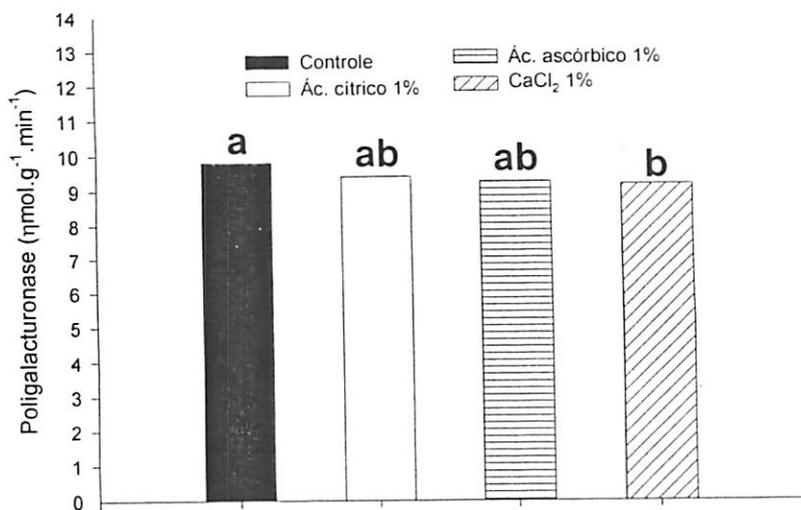


FIGURA 18 Atividade da poligalacturonase em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias. Barras acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Acredita-se que o aumento da solubilização das substâncias pécicas foi devido, provavelmente, à atividade remanescente da enzima PG que foi suficiente para promover o amaciamento das mangas minimamente processadas. Como a fruta já se encontrava madura, presume-se que esta enzima já havia

alcançado o pico máximo, estando em processo terminal de atividade. Por isso ocorreu redução na atividade desta enzima com o tempo de armazenamento (Figura 19).

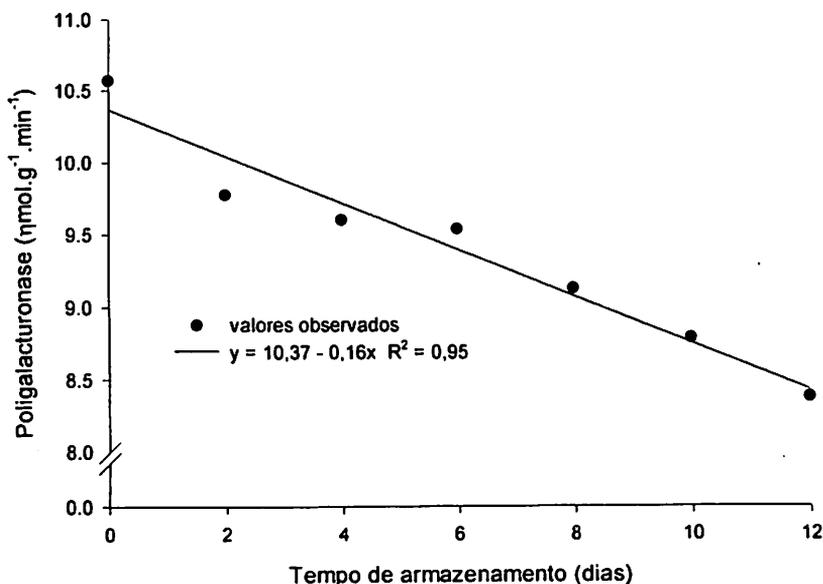


FIGURA 19 Atividade da poligalacturonase, equação de regressão e coeficiente de determinação de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

Segundo Roe & Bruemmer (1981), as enzimas poligalacturonase e celulase são provavelmente responsáveis pelo amaciamento de mangas durante o amadurecimento. Mais tarde, Ali et al. (1995) evidenciaram uma correlação, para a maciez dos tecidos, entre as mudanças na atividade da β-galactosidase e o

aumento na solubilização e degradação da pectina, sugerindo que esta enzima tem um papel importante na modificação da pectina da parede celular e amaciamento da manga durante o amadurecimento. De acordo com Mitcham & McDonald (1992), a atividade da poligalacturonase aumentou com o amadurecimento de mangas ‘Tommy Atkins’ intactas.

4.10 Análises sensoriais

4.10.1 Sabor e textura

A disponibilização, no mercado, de produtos com qualidade sensorial adequada contribui para satisfação do consumidor e, conseqüentemente, favorece um maior consumo do produto em questão (Deliza, 2000).

De acordo com Kays (1991), o sabor representa um dos atributos de qualidade que os consumidores tentam correlacionar com os parâmetros visuais do produto (cor e aparência). A doçura e a acidez referentes aos açúcares e aos ácidos orgânicos, respectivamente, são componentes dominantes no sabor de muitas frutas.

A variável sabor mostrou-se afetada significativamente somente pelo fator tempo de armazenamento ($p < 0,01$), não diferindo entre os tratamentos químicos. Ao longo do período de armazenamento (Figura 20), notou-se redução linear nos valores das notas de sabor dos pedaços de manga, que mudaram de 7,64 para 6,19. Observou-se que, no último dia de armazenamento, estes receberam notas entre “ligeiramente boa” (6) e “moderadamente boa” (7), indicando possivelmente a preservação deste parâmetro.

Sarzi (2002) relatou que o sabor dos pedaços de mamão, após 7 dias de armazenamento a 3°C, 6°C e 9°C, foi considerado bom ou muito bom, não diferindo do produto “fresco”. Os mantidos a 6°C foram os que receberam as notas mais altas.

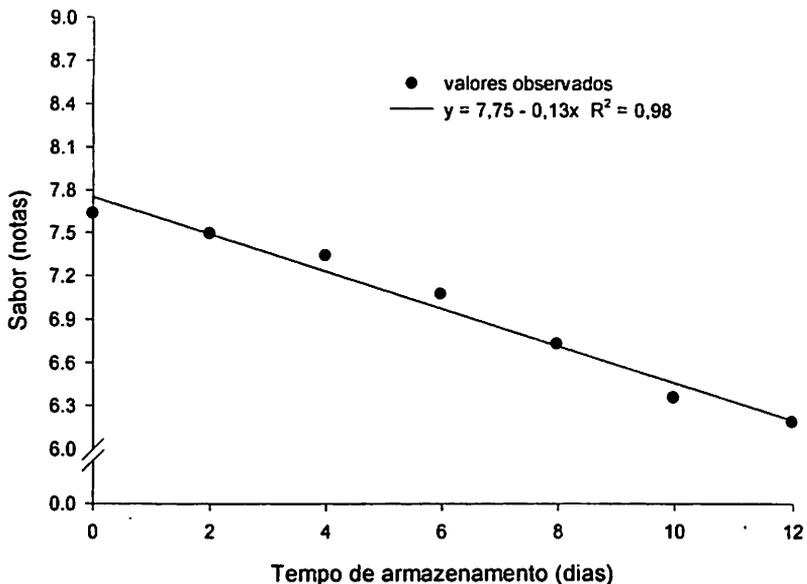


FIGURA 20 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de sabor de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

Houve efeito significativo dos tratamentos químicos ($p < 0,05$) e do tempo de armazenamento ($p < 0,01$) para a variável textura, não detectando interação entre estes dois fatores. Os pedaços de manga ‘Tommy Atkins’ tratados com CaCl_2 1% (7,07) receberam notas dos provadores ligeiramente superiores ao controle (6,71) para o atributo textura (Figura 21). Resultado similar foi encontrado na avaliação da firmeza (Figura 15), com o auxílio do texturômetro.

A diferença entre as notas de textura das mangas minimamente processadas foi mínima. A média geral foi 6,88, estando entre “ligeiramente boa” (6) e “moderadamente boa” (7), indicando uma aceitabilidade razoável.

Sarzi (2002), trabalhando com mamão minimamente processado, verificou que, após 7 dias de armazenamento a 3°C, 6°C e 9°C, a textura foi considerada boa, não diferindo do produto “fresco”.

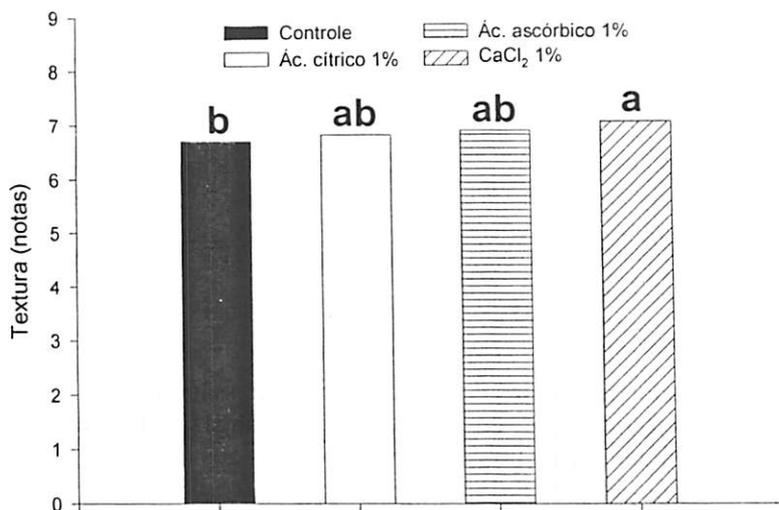


FIGURA 21 Valores médios de textura de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias. Barras acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

As notas para a variável textura decresceram linearmente ao longo do período de armazenamento (Figura 22). No início, os pedaços de manga obtiveram notas referentes ao conceito “muito boa” (8), atingindo, no décimo segundo dia, as notas situadas entre “indiferente” (5) e “ligeiramente boa” (6).

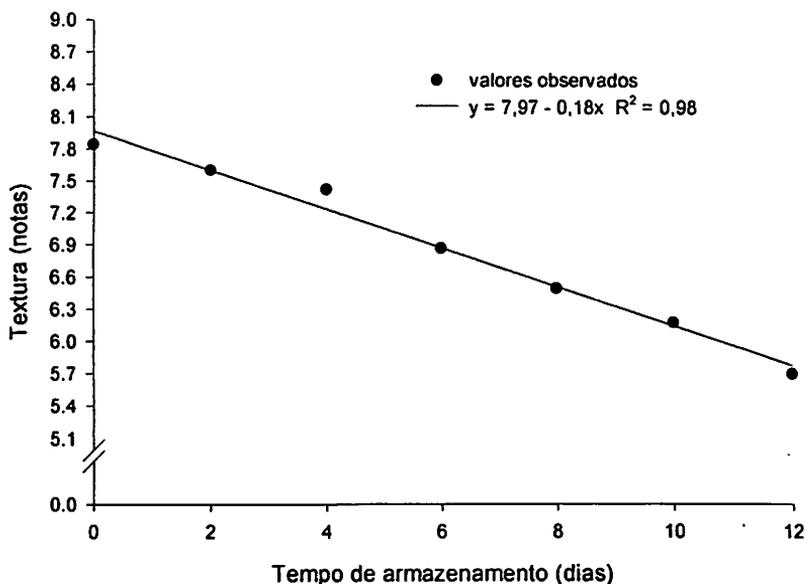


FIGURA 22 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de textura de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

4.10.2 Cor e aparência

As variáveis cor e aparência não foram influenciadas pelos diferentes tratamentos químicos, embora tenham sofrido efeito significativo do fator tempo de armazenamento (Figura 23 e 24). Ambas as variáveis sofreram ligeiro decréscimo ao longo do período de armazenamento, de 8,25 para 7,58 e de 8,31 para 7,28, respectivamente. Mesmo assim, houve boa conservação destes parâmetros.

O valor L^* reduziu com o armazenamento, mas não comprometeu a cor e a aparência das mangas minimamente processadas (Figura 13). Ao final do

armazenamento, notaram-se mudanças mínimas na cor dos pedaços, os quais mostraram-se ligeiramente alaranjado-escuros. De acordo com estes resultados, pôde-se observar que não ocorreu depreciação da cor e nem da aparência, estando as notas entre os conceitos “moderadamente boa” (7) e “muito boa” (8).

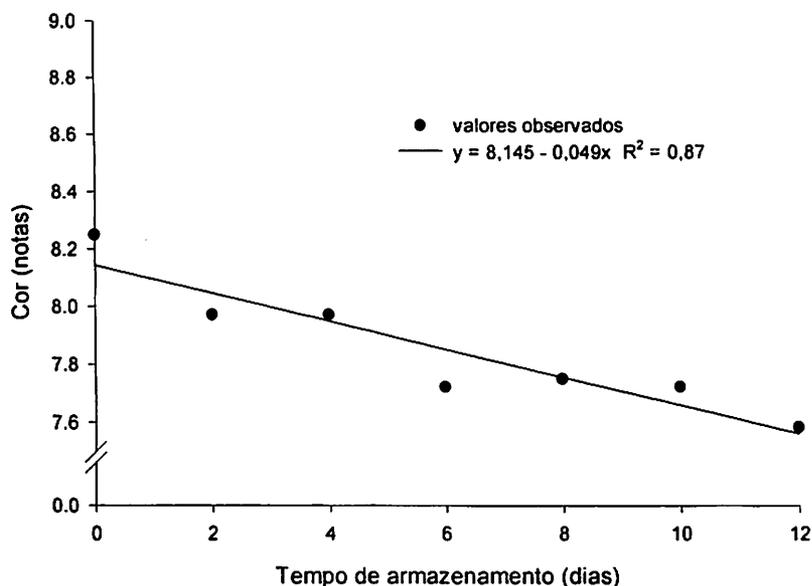


FIGURA 23 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de cor de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

A aparência do produto exerce papel fundamental na decisão de compra do consumidor, uma vez que é por meio da observação deste parâmetro que o consumidor seleciona, escolhe e consome o alimento (Deliza, 2000).

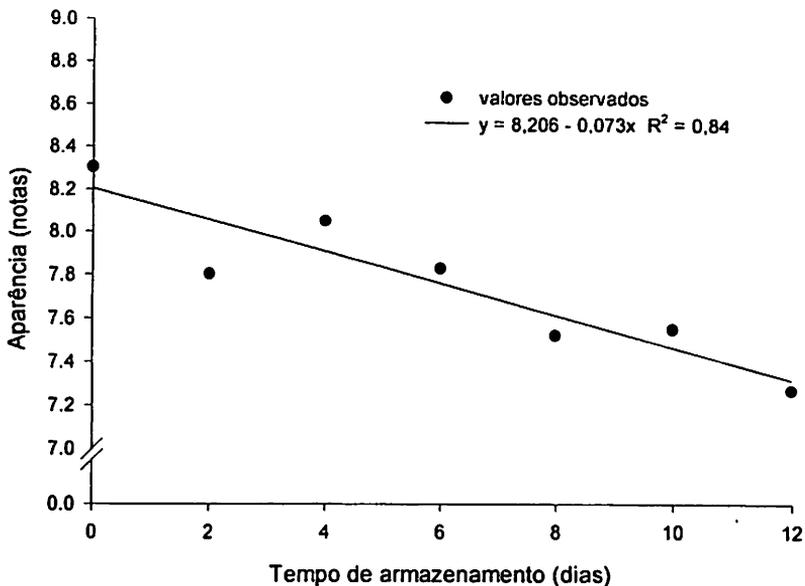


FIGURA 24 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de aparência de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

Donadon et al. (2000) revelaram que as mangas ‘Keitt’ minimamente processadas acondicionadas em copos plásticos com tampa e em sacos plásticos tipo “ziploc”, ambos de polietileno de baixa densidade, proporcionaram uma aparência considerada boa até o décimo quarto dia durante o período de avaliação e com aroma agradável até o descarte. Segundo Rattanapanone & Watada (2000), os cubos de manga ‘Tommy Atkins’ apresentaram boa aparência e aroma até o quinto dia de armazenamento a 5°C .

A vida de prateleira dos pedaços de manga ‘Kent’ foi limitada pelo amaciamento e pelo escurecimento, após 9 dias mantidos a 5°C , visto que a

qualidade visual recebeu nota 5, sendo referente ao limite de comercialização (Chantanawarangoon, 2000).

4.11 Análises microbiológicas

As combinações de produtos cortados higienicamente, procedimentos rigorosos de sanificação, embalagens apropriadas e baixas temperaturas durante o processamento e distribuição não apenas favorecem a alta qualidade sensorial dos produtos *fresh-cut*, mas também ajudam a minimizar os riscos microbiológicos (Cantwell & Suslow, 2002).

Ainda não existe legislação sanitária para os produtos minimamente processados. Deste modo, usou-se o padrão microbiológico especificado na Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, para frutas frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, que informa o limite máximo tolerado para coliformes a 45°C e salmonelas, $5,0 \times 10^2$ NMP.g⁻¹ polpa e ausência em 25 g de polpa, respectivamente (Brasil, 2001).

Constatou-se a presença de coliformes a 35°C nos pedaços de manga 'Tommy Atkins' somente no décimo e décimo segundo dias de armazenamento, sendo abaixo de $4,3 \times 10^1$ NMP.g⁻¹ polpa. Neste experimento não foi detectada a presença de coliformes a 45°C, estando de acordo com a legislação mencionada acima. Donadon et al. (2000) também não observaram a presença destes microrganismos nos pedaços de manga 'Keitt' armazenados a 3°C por 15 dias. Allong et al. (2001) verificaram ausência de *Escherichia coli* em fatias de manga mantidas a 5°C e 10°C por 8 dias.

Durante o armazenamento pôde-se observar um ligeiro aumento no desenvolvimento de microrganismos aeróbios mesófilos (Figura 25) em mangas minimamente processadas. Sarzi (2002) também constatou que houve pequena evolução na contagem de mesófilos nos pedaços de mamão armazenados por 14

dias, o qual não chegou a atingir valores acima de 10^3 UFC.g⁻¹ de polpa. Donadon et al. (2000) verificaram aumento de $1,2 \times 10^2$ UFC.g⁻¹ para $3,35 \times 10^2$ UFC.g⁻¹ na taxa de mesófilos nos pedaços de manga 'Keitt' embalados em copos plásticos mantidos a 3°C durante 15 dias.

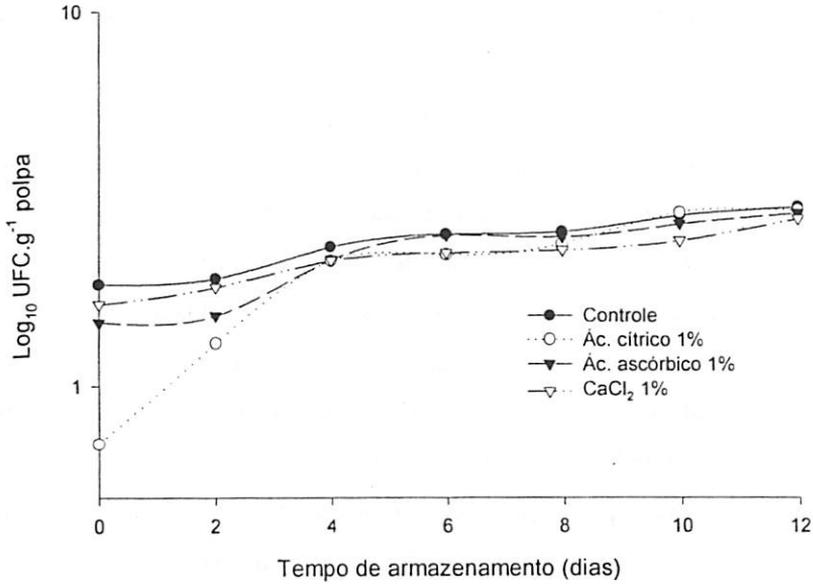


FIGURA 25 Desenvolvimento de microrganismos aeróbios mesófilos em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos (controle, ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1%) e ao armazenamento a $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

O tratamento com ácido cítrico 1% foi eficiente em manter baixo o crescimento dos microrganismos aeróbios mesófilos quando comparado com os outros tratamentos até o segundo dia de armazenamento a 5°C nas mangas minimamente processadas (Figura 25). Segundo Chitarra (2000), a atividade

antimicrobiana do ácido cítrico deve-se à sua capacidade quelante de íons metálicos, os quais são essenciais para o crescimento microbiano. Sugere-se que o ácido cítrico 1% tenha atuado preferencialmente como quelante e não como acidificante, uma vez que não houve diferença significativa entre os valores de pH dos pedaços de manga tratados com ácido cítrico 1%, ácido ascórbico 1% e cloreto de cálcio 1% (Figura 4).

De acordo com Rosa (2002), as temperaturas de refrigeração empregadas no armazenamento não são suficientes, para inativar o crescimento microbiano, quando contagens iniciais elevadas são verificadas.

Observou-se a presença de fungos filamentosos e leveduras apenas no décimo e décimo segundo dias de armazenamento, independente do tratamento químico usado. Os pedaços de manga tiveram baixa contagem destes microrganismos, inferior a $1,1 \times 10^2$ UFC.g⁻¹ de polpa, o que pode ser atribuído à contaminação ambiental durante o processamento mínimo e o armazenamento. A superfície do produto durante as etapas do processamento é exposta ao ar, havendo possível contaminação por bactérias, fungos filamentosos e leveduras (Ahvenainen, 1996). Foram encontrados os seguintes gêneros de fungos filamentosos nas mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas: *Fusarium*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* e *Rhizopus*.

Rattanapanone et al. (2001), trabalhando com mangas da mesma cultivar minimamente processadas, verificaram que a população média inicial de fungos filamentosos e leveduras foi de \log_{10} 1,89 UFC.g⁻¹ polpa. Observaram também que houve acréscimo nestes índices com o decorrer do armazenamento a 5°C por 8 dias, sendo a final de \log_{10} 3,56 UFC.g⁻¹, e o aumento ocorreu bruscamente quando a qualidade visual do produto deteriorou-se.

Segundo Chantanawarangoon (2000), o tratamento com 0,068M CaCl₂ + 0,05M ácido ascórbico + 0,05M L-cisteína foi efetivo em reduzir o crescimento de bactérias, fungos filamentosos e leveduras nos pedaços de manga 'Haden'

durante 10 dias e armazenados a 5°C.

Não foram relatadas contaminações por microrganismos aeróbios psicrotróficos e por bactérias do ácido láctico, no decorrer do período de avaliação deste experimento. Isto provavelmente atribui-se à dificuldade de homogeneização durante amostragem dos pedaços de manga dentro das embalagens no momento das análises. Baixas temperaturas durante e após o processamento mínimo geralmente retardam o crescimento microbiano, mas podem selecionar microrganismos psicrotróficos (Cantwell & Suslow, 2002).

A baixa contaminação microbiana encontrada neste trabalho deve-se às condições higiênicas satisfatórias durante o processamento e armazenamento, levando também em consideração a refrigeração adequada e o uso de embalagens com atmosfera modificada ativa. Além disso, a qualidade das mangas intactas e a sanificação realizada antes do processamento mínimo foram fundamentais para a conservação dos pedaços de manga 'Tommy Atkins' armazenados a 5°C durante 12 dias.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nas condições experimentais do presente trabalho, pôde-se concluir que:

- os tratamentos com as soluções químicas em mangas minimamente processadas mantêm baixos os valores de pH e reduzem o escurecimento, determinando maiores valores L^* em relação ao controle;
- o uso de CaCl_2 1% em mangas minimamente processadas proporciona melhor firmeza e diminui a atividade da enzima poligalacturonase, porém, não minimiza a solubilização de substâncias pécticas ao longo do armazenamento;
- de acordo com a análise sensorial até o décimo segundo dia de armazenamento, as mangas minimamente processadas e mantidas nas condições deste experimento ($5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e 80-90% UR), juntamente com o uso das embalagens, são consideradas de boa aceitação, não ocorrendo depreciação acentuada na qualidade sensorial; o tratamento CaCl_2 1% determina melhor textura que o controle;
- as mangas minimamente processadas, submetidas à atmosfera modificada ativa ($5 \text{ kPa O}_2 + 5 \text{ kPa CO}_2$) e armazenadas por até 12 dias a 5°C , são consideradas seguras, não oferecendo riscos à saúde dos consumidores, desde que obedecidas as boas práticas de fabricação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, K.; WATADA, A. E. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n.6, p. 1589-1592, Nov./Dec.1991.
- ABU-SARRA, A. F.; ABU-GOUKH, A. A. Changes in pectinesterase, polygalacturonase and cellulase activity during mango fruit ripening. **The Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 67, n. 4, p. 561-568, July 1992.
- AGAR, I. T.; MASSANTINI, R.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 3, p. 433-440, May/June 1999.
- AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 7, n. 6, p. 179-187, June 1996.
- ALI, Z. M.; ARMUGAM, S.; LAZAN, H. β -galactosidase and its significance in ripening mango fruit. **Phytochemistry**, Oxford, v. 38, n. 5, p. 1109-1114, Mar. 1995.
- ALLONG, R.; WICKHAM, L. D.; MOHAMMED, M. Effect of slicing on the rate of respiration, ethylene production and ripening of mango fruit. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v. 24, n. 5, p. 405-419, Nov. 2001.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12.ed. Washington, 1992. 1015 p.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.
- 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.
- BITTER, T. MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 34, p. 330-334, 1962.

BLEINROTH, E. W. Matéria-prima. In: MEDINA, J. C. et al. **Manga: da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas: ITAL, 1981. cap. 2, p. 243-292. (Série Frutas Tropicais, 8).

BOTREL, N. Manga: variedades, qualidade e tecnologia pós-colheita. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 55-60, 1994.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 12, de 02 jan. 2001**. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm>. Acesso em: 22 jan. 2003.

BRAVERMAN, J. B. S. Vitaminas. In: _____. **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Omega, 1967. cap. 14, p. 206-241.

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

BRETT, C.; WALDRON, K. **Physiology and biochemistry of plant cell walls**. London: Unwin Hyman, 1990. 193 p.

BUESCHER, R. W.; FURMANSKI, R. J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 264-266, Jan./Feb. 1978.

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

CANTWELL, M. I.; SUSLOW, T. V. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: Kader, A. A. (Ed.) **Postharvest technology of horticultural crops**. 3.ed. Davis: California, 2002. cap. 36, p. 445-463.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: Kader, A. A. (Ed.) **Postharvest technology of horticultural crops**. 2.ed. Davis: California, 1992. cap. 12, p. 277-281.

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

CARNELOSSI, M. A. G.; SILVA, E. de O. Processamento mínimo de couve e repolho. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2000. p. 125-131.

CARPITA, N. C.; GIBEAUT, D. M. Structural models of primary cell walls in flowing plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. **The Plant Journal**, Oxford, v. 3, p. 1-30, 1993.

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

CASTRO NETO, M. T. de.; CUNHA, G. A. P. de. Introdução. In: MATOS, A. P. de. (Org.). **Manga produção: aspectos técnicos.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. cap. 1, p. 9-10. (Frutas do Brasil, 4).

CENCI, S. A. Pesquisa em processamento mínimo de hortaliças no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2000. p. 110-116.

CHANTANAWARANGOON, S. **Quality maintenance of fresh-cut mango cubes.** 2000. 72 p. Thesis (Master of Science in Food Science) - University of California, Davis.

CHITARRA, M. I. F. Alterações bioquímicas do tecido vegetal com o processamento mínimo. In: SEMINÁRIO SOBRE PRODUTOS HORTIFRUTÍCOLAS MINIMAMENTE PROCESSADOS, 1998, Campinas. **Palestras...** Campinas: FRUTHOTEC-ITAL, 1998a. 21 p.

CHITARRA, M. I. F. Colheita e qualidade pós-colheita de frutos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 8-18, 1994.

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

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças.** Viçosa: Centro de produções técnicas, 1998b. 88 p.

CHITARRA, M. I. F. **Tecnologia e qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 62 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293 p.

CONWAY, W. S.; SAMS, C. E.; WATADA, A. E. Relationship between total and cell wall bound calcium in apples following postharvest pressure infiltration of calcium chloride. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 398, p. 31-39, 1995.

CUNHA, G. A. P. da; SAMPAIO, J. M. M.; NASCIMENTO, A. S. do; SANTOS FILHO, H. P.; MEDINA, V. M. **Manga para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994. 35 p. (Série Publicações Técnicas, FRUPEX; 8).

DELIZA, R. Importância da qualidade sensorial em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2000. p. 73-74.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press, 1962. p. 477-512.

DONADIO, L. C. Variedades de manga. In: SIMPÓSIO SOBRE MANGICULTURA, 2., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1989. p. 79-86.

DONADON, J. R.; DURIGAN, J. F.; SARZI, B.; LIMA, M. A. Conservação de produtos minimamente processados de mangas 'Tommy Atkins' e 'Parvin'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. **Anais...** Viçosa: Agromídia, 2001. 1 CD ROM.

DONADON, J.; DURIGAN, J. F.; TEIXEIRA, G. de A.; LIMA, M. A. Uso de mangas 'Keitt' na produção de produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2000. p. 20.

DURIGAN, J. F. O processamento mínimo de frutas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Palestras...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/SBF, 2000. p. 244-253.

DYCHDALA, G. R. Chlorine and chlorine compounds. In: **Desinfection sterilization and preservation**. 4.ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991. p. 131-151.

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.

FARIA, J. B.; CAVALCA, M. M.; FERREIRA, R. C. JANZANTI, N. S. Transformações enzimáticas das substâncias pécticas da manga (*Mangifera indica* L.) cv. ‘Haden’ no amadurecimento. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 189-201, jul./dez. 1994.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programa e Resumo...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

FILGUEIRAS, H. A. C.; MENEZES, J. B.; AMORIM, T. B. F.; ALVES, R. E.; CASTRO, E. B. de. Características da fruta para exportação. In: FILGUEIRAS, H. A. C. (Org.). **Manga: pós-colheita**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. cap. 2, p. 14-21. (Frutas do Brasil, 2).

FISCHER, M.; ARRIGONI, E.; AMADO, R. Changes in the pectic substances of apples during development and postharvest ripening. Part 2: Analysis of the pectic fractions. **Carbohydrate Polymers**, Great Britain, v. 25, p. 167-75, 1994.

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.

FRY, S. C. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 37, p. 165-186, 1986.

HARRIGAN, W. F. **Laboratory methods in food microbiology**. 3.ed. New York: Academic Press, 1998. 532 p.

HEPLER, P. K.; WAYNE, R. O. Calcium and plant development. **Annual Review Plant Physiology**, Palo Alto, v. 36, p. 397-439, 1985.

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterases of the banana. Purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, May/June 1966.

HUXSOLL, C. C.; BOLIN, H. R. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 43, n.2, p. 124-128, Feb. 1989.

IFPA. 2002. International fresh-cut produce association. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org>>. Acesso em: 25 fev. 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1, 533 p.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS - ICMSF. **Microorganisms in foods**. 2.ed. Toronto: University of Toronto, 1982. 436 p.

IZUMI, H.; WATADA, A. E. Calcium treatments affect storage quality of shredded carrots. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 59, n.1, p. 106-109, Jan./Feb. 1994.

IZUMI, H.; WATADA, A. E. Calcium treatment to maintain quality of zucchini squash slices. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n.4, p. 789-793, July/Aug. 1995.

JERONIMO, E. M. **Efeito do uso de embalagens associadas a armazenamento sob refrigeração, na conservação pós-colheita de mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Palmer’**. 2000. 121 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal/SP.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: Kader, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3.ed. Davis: California, 2002. cap.4, p. 39-47.

KAYS, S. J. **Post-harvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI, 1991. 532 p.

- KING, G. A.; O'DONOGHUE, E. M. Unravelling senescence: new opportunities for delaying the inevitable in harvested fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 6, p. 385-389, Dec. 1995.
- KLEIN, B. P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Westport, v.10, n.3, p.179-193, 1987.
- KONNO, H.; YAMASAKI, Y.; KATOH, K. Exopolygalacturonase from suspension cultures of *Marchantia polymorpha*. **Plant Physiology**, Baltimore, v. 73, n. 2, p. 216-222, Oct. 1983.
- KRAMER, A. Fruits and vegetables. In: KRAMER, A.; TWIGG, B. A. **Quality control for the food industry**. Connecticut: AVI, 1973. v. 2, p. 157-227.
- LAKSHMINARAYANA, S. Mango. In: NAGY, S.; SHAW, P. E. **Tropical and subtropical fruits**. Westport: AVI, 1980. 570 p.
- LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. **Postharvest News and Information**, Wallingford, v. 9, n. 4, p. 53N-66N, Aug. 1998.
- LAZAN, H.; ALI, Z. M. Cell wall hydrolases and their potential in the manipulation of ripening of tropical fruits. **Asean Food Journal**, Mike Kagawa, v. 8, p. 47-53, 1993.
- LIMA, L. C. de O. Processamento mínimo de kiwi e mamão. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2000. p. 95-109.
- LIMA, L. C. de O. **Tecido esponjoso em manga 'Tommy Atkins': transformações químicas e bioquímicas no mesocarpo durante o armazenamento**. 1997. 151 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- LIMBANYEN, A.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A.; BARTZ, J. A. Fresh-cut mango fruit slices. **HortScience**, Alexandria, v. 33, n. 3, p. 457, June 1998.
- LUNA-GUZMÁN, I.; BARRETT, D. M. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 19, n. 1, p. 61-72, May 2000.

MANESS, N. O.; RYAN, J. D.; MORT, A. J. Determination of the degree of methyl esterification of pectins in small samples by selective reduction of esterified galacturonic acid to galactose. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 185, n. 2, p. 346-352, 1990.

MARKOVIC, O.; HEINRICHOVÁ, K.; LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. **Collection Czechoslovak Chemistry Community**, London, v. 40, p. 769-774, 1975.

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

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

MEDINA, V. M. Fisiologia e pós-colheita da manga. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHO, J. ; MORAIS, O. M. **Manga: tecnologia de produção e mercado**, Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1996. p. 202-222.

MEDLICOTT, A. P.; REYNOLDS, S. B.; THOMPSON, A. K. Effects of temperature on the ripening of mango fruit (*Mangifera indica* L. var. 'Tommy Atkins'). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 37, n. 5, p. 469-474, May 1986.

MITCHAM, E. J.; McDONALD, R. E. Cell wall modification during ripening of 'Keitt' e 'Tommy Atkins' mango fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 6, p. 919-924, Nov. 1992.

MITRA, S. K.; BALDWIN, E. A. Mango. In: MITRA, S. K. (Ed.). **Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. London: CAB international, 1997. cap. 4, p. 85-123.

NATIVIDAD FERRER, R. E. **Avaliação das características da polpa da manga (*Mangifera indica* L.) para elaboração e armazenamento de néctar**. 1987. 60 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

PIMENTEL, C. R. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Mercado internacional de manga: situação atual e perspectivas. In: FILGUEIRAS, H. A. C. (Org.). **Manga: pós-colheita**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. cap. 1, p. 9-13. (Frutas do Brasil, 2).

PINTO, C. A. de Q.; MATOS, A. P. de; CUNHA, G. A. P. da. Variedades (cultivares). In: MATOS, A. P. de. (Org.). **Manga produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. cap. 6, p. 19-20. (Frutas do Brasil, 4).

POOVAIAH, B. W. Molecular and cellular aspects of calcium action in plants. **HortScience**, Alexandria, v. 23, n. 2, p. 267-271, Apr. 1988.

POOVAIAH, B. W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 86-89, May 1986.

PRÉSTAMO, G.; MANZANO, P. Peroxidases of selected fruits and vegetables and the possible use of ascorbic acid as an antioxidant. **HortScience**, Alexandria, v. 28, n. 1, p. 48-50, Jan. 1993.

RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S. P. Activity of pectin esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Washington, v. 44, n. 12, p. 1717-1723, Dec. 1969.

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, Oct. 2001.

RATTANAPANONE, N.; WATADA, A. E. Respiration rate and respiratory quotient of fresh-cut mango (*Mangifera indica* L.) in low oxygen atmosphere. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 509, n. 1, p. 471-478, 2000.

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**, Trumbull, v.21, n.1, p. 13-28, Jan. 1998.

ROE, B.; BRUEMMER, J. H. Changes in pectic substances and enzymes during ripening and storage of "Keitt" mangos. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 46, n. 1, p. 186-189, Jan./Feb. 1981.

ROIG, M. G.; RIVERA, Z. S.; KENNEDY, J. F. L-ascorbic acid: an overview. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, Abingdon, v. 44, n. 1, p. 59-72, May 1993.

ROLLE, R. S.; CHISM III, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *Journal of Food Quality*, Westport, v. 10, n. 3, p. 157-177, 1987.

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

ROSA, O. O. **Microbiota associada a produtos hortícolas minimamente processados comercializados em supermercados.** 2002. 202 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SANTOS, J. C. **Influência da atmosfera modificada ativa sobre a qualidade do abacaxi 'Pérola' minimamente processado.** 2002. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química em plantas.** Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.

SARZI, B. **Conservação de abacaxi e mamão minimamente processados: associação entre o preparo, a embalagem e a temperatura de armazenamento.** 2002. 100 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal/SP.

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

SCHLIMME, D. V.; ROONEY, M. L. Packaging of minimally processed fruits and vegetables. In: WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables.** New York: Chapman & Hall, 1994. cap. 4, p. 135-182.

SHEWFELT, R. L. Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, v. 40, n. 5, p. 70-80, May 1986.

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

SMITH, S.; RAMASWAMY, H. S.; SIMPSON, B. K. Developments in food packaging technology. Part II: storage aspects. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 1, n. 5, p. 111-118, 1990.

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

VANETTI, M. C. D. Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2000. p. 44-52.

VAROQUAUX, P.; LECENDRE, I.; VAROQUAUX, F.; SOUTY, M. Change in firmness of kiwi fruit after slicing. **Sciences des Aliments**, Paris, v. 10, p. 127-139, 1990.

VILAS BOAS, E. V. de B. **Modificações pós-colheita de banana 'Prata' (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* grupo AAB) γ -irradiada**. 1995. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VILAS BOAS, E. V. de B.; KADER, A. A. Effect of 1-MCP on fresh-cut fruits. **Perishables Handling Quarterly**, Davis, n. 108, p. 25, Nov. 2001.

WATADA, A. E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 201-205, Mar. 1999.

WILEY, R. C. Introduction to minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994a. cap. 1, p. 1-14.

WILEY, R. C. Preservation methods for minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994b. cap. 3, p. 66-134.

YAHIA, E. M. Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. **Horticultural Reviews**, New York, v. 22, p. 123-183, 1998.

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

ZAMBRANO, J.; MANZANO, J. Influence du calcium sur la maturation et la conservation des mangues après leur récolte. **Fruits**, Paris, v. 50, n. 2, p. 145-152, 1995.

ANEXOS

ANEXO A

Páginas

TABELA 1A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para perda de massa de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.....	84
TABELA 2A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST) e açúcares solúveis totais (AST) de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.....	84
TABELA 3A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para vitamina C, valor L*, cálcio total (Ca^{2+}) e firmeza de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias... ..	85
TABELA 4A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para pectina total (PT), pectina solúvel (PS), e atividade da poligalacturonase (PG) de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.....	85

TABELA 5A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para sabor, textura, aparência e cor de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.....	86
-----------	---	----

TABELA 1A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para perda de massa de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios
		Perda de massa
Tratamentos químicos (A)	3	0,005122**
Tempos de armazenamento (B)	5	0,042660**
AxB	15	0,000403**
Erro	48	0,000093
Média geral		0,0844
CV%		11,42

ns, * e ** indicam valores de Teste de F não significativos, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 2A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação (CV) para pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST) e açúcares solúveis totais (AST) de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios			
		pH	ATT	SST	AST
Tratamentos (A)	3	0,1656**	0,0050**	2,4792**	1,3306*
Tempo (B)	6	0,0338**	0,0152**	2,6726**	1,1409*
AxB	18	0,0038ns	0,0011**	0,2546ns	0,2584ns
Erro	56	0,0046	0,0004	0,1667	0,3882
Média geral		4,4127	0,2316	11,6845	7,7045
CV%		1,53	9,04	3,49	8,09

ns, * e ** indicam valores de Teste de F não significativos, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 3A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para vitamina C, valor L*, cálcio total (Ca²⁺) e firmeza de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a 5 ± 0,5°C e 80-90% UR, durante 12 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios			
		Vitamina C	Valor L*	Ca ²⁺	Firmeza
Tratamentos (A)	3	22687,7817**	41,2948**	209645,1746**	0,0047**
Tempo (B)	6	39,2734**	42,2552**	156,8730ns	0,0562**
AxB	18	6,3301ns	1,5459ns	102,7302ns	0,0008ns
Erro	56	6,0192	0,9324	160,5595	0,0006
Média geral		39,6584	66,0988	93,7619	0,1906
CV%		6,19	1,46	13,51	12,77

ns, * e ** indicam valores de Teste de F não significativos, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 4A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para pectina total (PT), pectina solúvel (PS) e atividade da poligalacturonase (PG) de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a 5 ± 0,5°C e 80-90% UR, durante 12 dias

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		PT	PS	PG
Tratamentos (A)	3	281,6763ns	1575,2587ns	1,6906*
Tempo (B)	6	261,7902ns	4943,7280**	6,1142**
AxB	18	241,5276ns	194,0910ns	0,8392ns
Erro	56	2371,2618	731,2269	0,5836
Média geral		869,4311	325,1313	9,4013
CV%		5,60	8,32	8,13

ns, * e ** indicam valores de Teste de F não significativos, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 5A Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância, média geral e coeficiente de variação para sabor, textura, aparência e cor de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios			
		Sabor	Textura	Aparência	Cor
Tratamentos (A)	3	0,1309ns	1,4878*	0,0780ns	0,0675ns
Tempo (B)	6	11,4580**	22,6776**	4,3227**	1,8214**
AxB	18	0,4126ns	0,5449ns	0,2046ns	0,0983ns
Erro	224	0,5528	0,5523	0,3006	0,2619
Média geral		6,9801	6,8790	7,7659	7,8532
CV%		10,65	10,80	7,06	6,52

ns, * e ** indicam valores de Teste de F não significativos, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

FIGURA 1B	Formulário para avaliação da qualidade quanto ao sabor e textura de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.....	88
FIGURA 2B	Formulário para avaliação da qualidade quanto à aparência e cor de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.....	89

TESTE DE QUALIDADE

Produto: Manga "Tommy Atkins"

Nome: _____ Data: ____/____/2002

Você está recebendo quatro amostras de manga para identificação da qualidade. Prove da esquerda para a direita e avalie o sabor e a textura, atribuindo notas de 1 a 9 (melhor amostra recebe maior nota) de acordo com a escala abaixo. Lave a boca antes e entre cada amostra. Obrigada!

- 1- Extremamente ruim
- 2- Muito ruim
- 3- Moderadamente ruim
- 4- Ligeiramente ruim
- 5- Indiferente
- 6- Ligeiramente boa
- 7- Moderadamente boa
- 8- Muito boa
- 9- Extremamente boa

Amostras: _____
Sabor: _____
Textura: _____

Amostras: _____
Sabor: _____
Textura: _____

Comentários: _____

FIGURA 1B Formulário para avaliação da qualidade quanto ao sabor e textura de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

TESTE DE QUALIDADE

Produto: Manga "Tommy Atkins"

Nome: _____ Data: ____/____/2002

Você está recebendo quatro amostras de manga. Por favor, começando pela esquerda avalie sua qualidade (aparência e cor) de acordo com a escala abaixo. Obrigada!

- 1- Extremamente ruim
- 2- Muito ruim
- 3- Moderadamente ruim
- 4- Ligeiramente ruim
- 5- Indiferente
- 6- Ligeiramente boa
- 7- Moderadamente boa
- 8- Muito boa
- 9- Extremamente boa

Amostras: _____
Aparência: _____
Cor: _____

Comentários: _____

FIGURA 2B Formulário para avaliação da qualidade quanto à aparência e cor de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas submetidas aos tratamentos químicos e armazenadas a $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 80-90% UR, durante 12 dias.

