

MAYRA DARLIANE MARTINS SILVA DINIZ

**PROPRIEDADES TEXTURAIS, FÍSICO-QUÍMICAS, REOLÓGICAS E
ENZIMÁTICAS DA MANGA "TOMMY ATKINS" DURANTE O
ARMZENAMENTO EM ATMOSFERA MODIFICADA SOB REFRIGERAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

D585p
2013

Diniz, Mayra Darliane Martins Silva, 1981-
Propriedades texturais, físico-químicas, realógicas e
enzimáticas da manga “Tommy Atkins” durante o
armazenamento em atmosfera modificada sob refrigeração /
Mayra Darliane Martins Silva Diniz. – Viçosa, MG, 2013.
xi, 159 f. : il. (algumas color.) ; 29cm.

Orientador: Paulo César Corrêa.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Manga. 2. *Mangifera indica* L. 3. Manga – Fisiologia
pós-colheita. 4. Enzimas. 5. Reologia. 6. Embalagens.
7. Refrigeração. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 634.44

MAYRA DARLIANE MARTINS SILVA DINIZ

**PROPRIEDADES TEXTURAIS, FÍSICO-QUÍMICAS, REOLÓGICAS E
ENZIMÁTICAS DA MANGA "TOMMY ATKINS" DURANTE O
ARMZENAMENTO EM ATMOSFERA MODIFICADA SOB REFRIGERAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 29 de Abril de 2013.

Ana Clarissa dos Santos Pires

Jane Sélia dos Reis Coimbra

Mateus da Silva Junqueira

Valéria Monteze Guimarães
(Coorientadora)

Paulo Cesar Corrêa
(Orientador)

"O conhecimento torna a alma jovem e diminui a amargura da velhice. Colhe, pois, a sabedoria. Armazena suavidade para o amanhã"...

Leonardo da Vinci

AGRADECIMENTOS

À Deus por permitir que meus sonhos se tornem realidade.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de formação Acadêmica.

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

Ao professor Paulo Cesar Corrêa, pela orientação, confiança e ensinamentos que muito contribuíram para a minha formação.

Aos professores Afonso e Valéria por terem possibilitado o desenvolvimento dessa pesquisa. Muito obrigado por todas as orientações, amizade, confiança, conselhos e sugestões indispensáveis para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Ana Clarissa, Jane Sélia e Mateus Junqueira pela atenção, correção e sugestões no sentido de melhorar a qualidade deste trabalho.

Aos meus amigos do Laboratório e do Centreinar, pelo convívio diário, ajuda, pelas risadas, almoços, festas e pelo maravilhoso tempo compartilhado, em especial: Fernanda (Batuti), Aline, Lara, Iasmine, Thaiana, Pedro, Guillermo, Marcela, Ian, Natália, Gabriel, Fernando, Silvinha, Claudinha, Fernanda.

Ao Maycon pela amizade, confiança, companheirismo e pela dedicação as minhas análises.

Aos amigos de Viçosa, em especial as minhas sempre amigas Ray, Marcinha, Manu e Brenda obrigada pelo carinho e companheirismo sempre.

Aos meus pais, Mário e Cleo, pelo amor, amizade e incentivo que foram mais que fundamentais para que tudo isso se tornasse realidade. Aos meus irmãos Renata e Iko, por sempre me apoiarem nas minhas decisões e estarem sempre ao meu lado.

Ao meu marido Paulo, meu grande amor, por estar sempre ao meu lado, pelo carinho, companheirismo e compreensão e por acreditar nas minhas conquistas. Amo muito você.

BIOGRAFIA

MAYRA DARLIANE MARTINS SILVA DINIZ, filha de Mário Nilson Martins Diniz e Cleonisia Maria Silva Diniz, nasceu em 23 de novembro de 1981, em Janaúba, Minas Gerais.

Iniciou seus estudos na Escola Municipal Josefina Azeredo – Janaúba/MG em 1986. Em 1988, transferiu-se para a Escola Estadual Prefeito Maurício de Azevedo onde concluiu o pré-escolar e cursou até a 4ª série. Em 1993 ingressou na Escola Estadual José do Gorutuba onde estudou até o 1º ano do Ensino Médio. Concluiu o Ensino médio em 1999 no Centro de Educação e Cultura – CEC Diocesano.

Em março de 2000, ingressou no curso de Engenharia de Alimentos. Em julho de 2006 graduou-se em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, na cidade de Itapetinga-BA.

Em agosto de 2007, iniciou o curso de Mestrado no programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa, concluindo em julho de 2009.

Em agosto de 2009, iniciou o curso de Doutorado no programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, concluindo em abril de 2013.

ÍNDICE

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
CAPÍTULO 1 Evolução da cor da polpa, pH, sólidos solúveis totais e acidez total titulável dos frutos de manga "Tommy Atkins" armazenados em duas temperaturas sob atmosfera modificada	
1.1 INTRODUÇÃO	10
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	12
1.2.1 Obtenção da Matéria-prima	13
1.2.2 Tratamentos Aplicados	13
1.2.3 Análises	15
1.2.3.1 Determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST)	15
1.2.3.2 Determinação do pH	15
1.2.3.3 Determinação da acidez total titulável (ATT)	15
1.2.3.4 Evolução da cor da polpa de manga	15
1.2.3.5 Análise estatística	16
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
1.3.1 Armazenamento a 14 °C	16
1.3.1.1 Determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST)	16
1.3.1.2 Determinação do Potencial Hidrogeniônico (pH)	19
1.3.1.3 Determinação da acidez total titulável (ATT)	21
1.3.1.4 Evolução da cor da polpa de manga	24
1.3.2 Armazenamento à 25 °C	36
1.3.2.1 Determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST)	36
1.3.2.2 Determinação do Potencial Hidrogeniônico (pH)	39
1.3.2.3 Determinação da acidez total titulável (ATT)	41
1.3.2.4 Evolução da cor da polpa das mangas	43
1.4 CONCLUSÃO	54
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
CAPÍTULO 2 Efeito de tratamentos pós-colheita sobre as propriedades texturais dos frutos de manga Tommy Atkins armazenada em duas temperaturas sob atmosfera modificada	
2.1 INTRODUÇÃO	59
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	61
2.2.1 Obtenção da Matéria-prima	61
2.2.2 Tratamentos Aplicados	62
2.2.3 Análises	63
2.2.3.1 Perda de massa	63
2.2.3.2 Textura	64
2.2.3.3 Modelagem do processo de relaxação	66
2.2.3.4 Análise estatística	66
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67

2.3.1- Perda de Massa	67
2.3.1.1 Armazenamento à 14 °C	67
2.3.1.2 Armazenamento à 25 °C	70
2.3.2 Adequabilidade do modelo generalizado de Maxwell para descrever a relaxação dos frutos de manga Tommy Atkins	73
2.3.3- Propriedades mecânicas dos frutos armazenados a 14 °C	82
2.3.3.1 Análises não-destrutivas	82
2.3.3.2 Análises destrutivas	87
2.3.4 Propriedades mecânicas dos frutos armazenados a 25 °C	89
2.3.4.1 Análises não-destrutivas	89
2.3.4.2 Análises destrutivas	93
2.4 CONCLUSÃO	97
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

CAPÍTULO 3 Efeito de tratamentos pós colheita sobre o comportamento do escoamento da polpa de manga Tommy Atkins armazenada em duas temperaturas sob atmosfera modificada

3.1 INTRODUÇÃO	101
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	104
3.2.1 Obtenção da Matéria-prima	104
3.2.2 Tratamentos Aplicados	105
3.2.3 Comportamento do escoamento da polpa de Manga	106
3.2.4 Análise estatística	108
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	108
3.3.1 Comportamento do escoamento da polpa de Manga	108
3.3.1.1 Armazenamento à 14 °C	108
3.3.1.2 Armazenamento a 25°C	117
3.4 CONCLUSÃO	127
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128

CAPÍTULO 4 Atividades enzimáticas da manga “Tommy Atkins” durante o armazenamento sob atmosfera modificada

4.1 INTRODUÇÃO	131
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	134
4.2.1 Obtenção da Matéria-prima	134
4.2.2 Tratamentos Aplicados	135
4.2.3 Atividade Enzimática	137
4.2.3.1 Atividade da Poligalacturonase	137
4.2.3.2 Atividade da Pectinametilesterase	137
4.2.3.3 Atividades α -galactosidase	138
4.2.3.4 Atividades da β -galactosidase	138
4.2.4 Análise estatística	138
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	139
4.3.1 Armazenamento à 14 °C	139
4.3.1.1 Atividade da Poligalacturonase	139
4.3.1.2 Atividade da Pectinametilesterase	140
4.3.1.3 Atividade da α -galactosidase	142

4.3.1.4 Atividade da β -galactosidase	145
4.3.2 Armazenamento à 25 °C	147
4.3.2.1 Atividade da Poligalacturonase	147
4.3.2.2 Atividade da Pectinametilsterase	148
4.3.2.3 Atividade da α -galactosidase	150
4.3.2.4 Atividade da β -galactosidase	152
4.4 CONCLUSÕES	154
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155
5- CONCLUSÃO GERAL	159

RESUMO

DINIZ, Mayra Darliane Martins Silva, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2013. **Propriedades texturais, físico-químicas, reológicas e enzimáticas da manga “Tommy Atkins” durante o armazenamento em atmosfera modificada sob refrigeração.** Orientador: Paulo Cesar Corrêa. Coorientadores: Afonso Mota Ramos e Valéria Monteze Guimarães.

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência do uso da atmosfera modificada nas propriedades texturais, físico-químicas, reológicas e enzimáticas dos frutos de manga (*Mangifera indica* L.) ‘Tommy Atkins’, armazenados em duas temperaturas (14 e 25 °C) e estudar o amadurecimento dos mesmos, durante o período de 16 dias. Foram utilizados no experimento frutos de mangueiras provenientes do Município de Janaúba, Norte de Minas Gerais. Após a seleção os frutos foram divididos em cinco lotes e foram embalados com filme de PVC (policloreto de vinila), filme de PVC + absorvedor de oxigênio, filme de PVC + absorvedor de etileno, revestidos com cera de carnaúba e o último lote, sem tratamento, serviu como testemunha. Para as análises de textura foram utilizados os testes de compressão, relaxação e punção nos frutos de manga a cada dois dias de armazenamento. As análises de pH, sólidos solúveis totais, acidez, coloração da polpa comportamento reológico e atividade enzimática também foram realizadas com uma periodicidade de dois dias. A perda de massa foi realizada diariamente. Para a modelagem do processo de relaxação utilizou-se o modelo generalizado de Maxwell. Para avaliar a textura foram determinadas as propriedades mecânicas: força para uma deformação específica de 0,005 m, módulo proporcional de deformidade e energia necessária para a deformação do produto através da avaliação da curva força-deformação; força de penetração da polpa da manga e energia necessária para este processo. De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que: (a) O uso de atmosfera modificada e de revestimentos foram mais efetivos para a preservação da qualidade dos frutos de manga Tommy Atkins durante o armazenamento a 14 e 25 °C, retardando assim o seu amadurecimento, alterando a firmeza e a força de penetração da polpa dos frutos de manga; (b) o modelo generalizado de Maxwell se ajustou adequadamente aos dados observados para todas as condições utilizadas, sendo os coeficientes de determinação encontrados maiores que 96,72% e 97,25%, para os frutos armazenados a 14 e 25 °C, respectivamente; (c) A resistência da parede celular dos frutos de manga diminuiu durante o armazenamento, sendo que nos frutos armazenados sob refrigeração, essas perdas foram menores para todos os tratamentos. Os valores encontrados para a firmeza dos frutos armazenados a 14 e 25 °C, para os frutos tratados com PVC + absorvedor de etileno, variaram entre 191,03 N (dia 0) e 65,14 N (dia 16) e 221,63 N

(dia 0) e 18,34 N (dia 16), respectivamente; o módulo proporcional de deformidade também variou entre 53,43 MPa (dia 0) e 19,10 MPa (dia 16) para os frutos tratados com PVC + absorvedor de oxigênio na temperatura de 14 °C e entre 65,32 MPa (dia 0) e 14,57 MPa (dia 16), na temperatura de 25 °C para o mesmo tratamento; a força de penetração da polpa variou entre 62,33 N e 23,27 N e 68,08 N e 10,02 N, para frutos tratados com PVC + absorvedor de etileno, nas temperaturas de 14 e 25 °C, respectivamente, e a energia para rompê-la entre 145,56 mJ a 72,22 mJ e 136,67 mJ a 40 mJ, para o mesmo tratamento; (d) Houve um aumento nos valores de pH e uma diminuição nos valores de acidez (% ácido cítrico) para todos os tratamentos, nas duas temperaturas; ocorreu um aumento significativo no teor de sólidos solúveis; (e) a perda de massa diferiu significativamente entre a testemunha e todos os tratamentos durante o armazenamento, e praticamente não foi observada diferença entre os frutos embalados pelo PVC, PVC+absorvedor de oxigênio e PVC+absorvedor de etileno em relação à perda de massa dos frutos, nas duas temperaturas; (f) a variação dos índices colorimétricos com o tempo de armazenamento foi bem representada pelas equações de regressão exponencial, apresentando elevados valores de coeficiente de determinação (>78,67 % para o ângulo hue e > 84,94 % para o croma) na temperatura de 14 °C e (>77,02 % para o ângulo hue e > 82,50 % para o croma) na temperatura de 25 °C. A diferença total de cor sofreu variações significativas durante a armazenagem; (g) os frutos de manga tratados com filme PVC e PVC + absorvedor de etileno apresentaram melhores resultados na conservação dos frutos, fato este baseado no comportamento reológico dos mesmos, indicando assim que esses tratamentos são adequados para o tempo proposto de armazenamento (16 dias). O modelo de Herschel-Bulkley foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais e pode ser satisfatoriamente utilizado para descrever o comportamento reológico da polpa de manga, apresentando valores de coeficiente de determinação (R^2) superiores a 0,95 (14 °C) e 0,99 (25 °C); (h) as enzimas analisadas (poligalacturonase, pectinametilesterase, α -galactosidase e β -galactosidase), exibiram alteração de atividade, detectadas na polpa de manga Tommy Atkins, nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento nas temperaturas de 14 e 25 °C.

ABSTRACT

DINIZ, Mayra Darliane Martins Silva, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2013. **Textural, physicochemical, rheological and enzymatic properties of mango fruits "Tommy Atkins" during modified atmosphere storage under refrigeration.** Adviser: Paulo Cesar Correa. Co-Advisers: Afonso Mota Ramos and Valeria Monteze Guimarães.

The objective of this work was to verify the influence of the modified atmosphere use in the textural, physico-chemicals, rheological and enzymatic properties of 'Tommy Atkins' mango fruits (*Mangifera indica* L.), stored at two temperatures (14 and 25 °C) and study its ripening during storage of 16 days. Experiments were performed in mango fruits, from the Janaúba, a city which is located on the North of Minas Gerais state. After selecting the fruits, they were divided into five lots, packed with PVC film (polyvinyl chloride), PVC film + oxygen absorber, PVC film + ethylene absorbers, coated with carnauba wax and the last batch untreated, served as a control. For the analysis of texture tests were used compression, relaxation and aspiration of mango after every two days of storage. The pH, soluble solids, acidity, pulp color, rheological behavior and enzyme activity also were analyzed after every two days of storage. The generalized Maxwell model was used to model the relaxation process. To evaluate the texture, the following mechanical properties were determined: specific force to a deformation of 0.005 m, proportional deformity modulus and energy required to deform the product by evaluating the force-deflection curve; penetration force of mango pulp and the energy required for this process. According to the results, it was concluded that: (a) The use of modified atmosphere and coatings are more effective for the preservation of Tommy Atkins mango's quality during storage at 14 and 25 ° C, thus slowing their maturing, changing the firmness and penetration force of mango pulp; (b) the generalized Maxwell model was considered a good fit to analyze data for all conditions used, and the coefficients of determination found greater than 96.72% and 97.25%, for fruit stored at 14 and 25 ° C, respectively; (c) mechanical properties of mango fruits decreased during storage, and in fruits stored under refrigeration, these losses were lower for all treatments. The values found for the firmness of fruits stored at 14 °C and 25 °C, for fruit treated with PVC + ethylene absorbers ranged from 191.03 N (day 0) and 65.14 N (day 16) and 221.63 N (day 0) and 18.34 N (day 16), respectively; the proportional deformity module ranged from 53.43 MPa (day 0) to 19.10 MPa (day 16) for fruit treated with PVC + absorber oxygen at a temperature of 14 ° C and from 65.32 MPa (day 0) to 14.57 MPa (day 16), at 25 °C for the same treatment. The penetration force of mango's periderm ranged between 62.33 N and 23.27 N and 68.08 N and 10.02 N for fruits treated with PVC + ethylene absorbers at

temperatures of 14 and 25 °C, respectively, and the energy to break it between 145,56 mJ to 72,22 mJ and 136,67 mJ to 40 mJ to the same treatment; (d) there was an increase in pH values and a decrease in acidity (% citric acid) for all treatments at the two temperatures; there was a significant increase in soluble solids; (e) the weight loss was significantly different between the control and all treatments during storage, and, virtually, no difference was observed between fruit packed by PVC, PVC + oxygen absorbers and PVC + ethylene absorbers in relation to the mass loss of the fruits, the two temperatures; (f) the variation in colorimetric with storage time was well represented by exponential regression equations, with high coefficients of determination (> 78.67% for hue angle and > 84.94% for chroma) in the temperature of 14 °C and (> 77.02% for hue angle and > 82.50% for chroma) at 25 °C. The total difference in color has suffered significant changes during storage; (g) the mango fruits coated with PVC film and PVC film+ethylene absorbers showed better results by preserving fruits, considering the rheological behavior of the coatings, it indicates that these treatments are appropriate to the proposed storage time (16 days). The Herschel-Bulkley model fitted better to experimental data and may be adequately used to describe the rheological behavior of mango pulp, it presented coefficients of determination (R^2) higher than 0.95 (14 °C) and 0.99 (25 °C); (h) enzymes analyzed (polygalacturonase, pectin methyl esterase, α -galactosidase and β -galactosidase), exhibited changes in activity, detected in the Tommy Atkins mango pulp in different post-harvest treatments, during storage at temperatures of 14 °C and 25 °C.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil se destaca na produção de frutas frescas e processadas, sendo considerado o terceiro maior produtor mundial, perdendo apenas para China e Índia (IBRAF, 2010), e é o sétimo maior produtor mundial de manga, produzindo mais de 1,25 milhão t/ano, sendo a região nordeste a principal região produtora, respondendo grande parte desta produção (IBGE, 2011).

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma das mais populares frutas tropicais, com origem no sudeste asiático e introduzida no Brasil no século XVI, dando origem a diversas variedades cultivadas (CARVALHO et al., 2004). Esta é uma fruta tropical economicamente muito importante e o seu cultivo tem sido difundido por todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo e sua importância se dá pela exploração comercial e também pelo seu cultivo em pomares domésticos de autoconsumo. Considerada uma das mais delicadas frutas do mundo e com valor alimentar reconhecido, a manga é um dos frutos mais consumidos no mundo, na forma *in natura* ou derivados (MANICA et al., 2001).

De acordo com ALMEIDA et al. (2005), a mangicultura é uma das principais atividades do agronegócio frutícola do Brasil, apresentando desempenho crescente nos últimos anos. Sendo assim, o Brasil vem ampliando sua participação nas exportações mundiais e gerando empregos e renda em todo o território nacional, especialmente no Nordeste, região que mais exporta manga, destacando-se os Estados da Bahia e Pernambuco.

Das cultivares de importância comercial, a manga Tommy Atkins é bastante cultivada no Brasil, em virtude de sua alta produtividade e resistência ao transporte, ocupando posição de destaque nos mercados interno e externos, como fruto para consumo *in natura*, e de forma industrial, principalmente, na produção de suco natural, com alto valor nutricional aliado a grande aceitação pelo seu sabor agradável, cor atraente, elevado teor de sólidos totais e menor teor de fibras (SOUZA e NETO, 2009).

A cultivar Tommy Atkins apresenta de tamanho médio para grande (400 a 700 g), formato ovalado a oblongo, superfície lisa, com casca espessa, e coloração laranja-amarela coberta com vermelho e púrpura intensa. A polpa apresenta cor amarelo-escura, consistência firme, succulenta e contendo teor médio de fibras. No interior da polpa, encontra-se a semente monoembriônica, pequena, representando de 6 a 8% do

peso do fruto, que é recoberta por um endocarpo fibroso (CUNHA et al., 1994; DONADIO, 2002; PINTO et al., 2002).

Atualmente, o mercado consumidor apresenta um segmento exigente quanto à qualidade, o que tem direcionado os produtores a buscarem tecnologias para se adequarem à nova realidade dos consumidores. A aparência (tamanho, forma, coloração, brilho, ausência de defeitos), o sabor, o aroma e a textura dos alimentos são os primeiros atributos avaliados pelo consumidor, no momento de sua aquisição, uma vez que atuam diretamente sobre seus órgãos sensoriais (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Para os frutos consumidos in natura, a textura e a coloração dos frutos são os atributos de qualidade mais importantes para a definição desse valor de mercado (LIU et al., 2009). Há recentes evidências de que os consumidores vêm buscando produtos com maior qualidade nutricional e com características sensoriais específicas.

As perdas na comercialização são decorrentes da redução na qualidade física, as quais são originadas de fatores inerentes ao metabolismo normal do produto ou externo ao mesmo, causadas por danos mecânicos, fisiológicos e/ou fitopatológicos. Essas perdas são decorrentes de práticas culturais e manuseio inadequados, processos de embalagem e movimentação dos produtos através dos canais de comercialização, correspondem aos desperdícios acumulados desde a produção no campo até o momento em que é adquirido pelo consumidor (RESENDE e BRANDT, 1981).

As principais causas de perdas qualitativas e quantitativas são a demora na comercialização; baixa qualidade inicial do produto; injúrias mecânicas (amassamentos, cortes); doenças; transporte inadequado; falta de orientação do mercado quanto à logística de venda, e danos nos frutos causados pelo manuseio dos consumidores. Estes danos acabam por afetar o valor comercial da manga, diminuindo sua aceitabilidade pelos consumidores e, por conseguinte, os lucros dos produtores. Estima-se que o índice médio de perdas pós-colheita dessa fruta seja da ordem de 28%, podendo variar entre 20% e 40% (CHOUDHURY e COSTA, 2004), representando uma grande perda de alimento e um significativo prejuízo econômico.

Para assegurar sua qualidade até o consumo, diversas técnicas têm sido utilizadas de forma combinada, como a antecipação da época de colheita, utilização de atmosferas modificadas e controladas e conservação em baixas temperaturas. Portanto, é necessário o conhecimento do comportamento e das alterações físicas e

químicas do produto durante o armazenamento, para que sejam utilizadas práticas adequadas de manejo pós-colheita a fim de aumentar o tempo de conservação e reduzir as perdas qualitativas e quantitativas.

Entre essas técnicas, pode-se utilizar: refrigeração, que mantém o metabolismo em nível mínimo suficiente para conservar as células vivas e preservar a qualidade; atmosfera modificada (AM) e atmosfera controlada (AC). As duas últimas visam prolongar a conservação por meio da alteração da concentração de gases disponível para a respiração durante o armazenamento, sendo que a AM implica menores custos (Wills et al., 2007). A AM pode ser obtida com o uso de filmes plásticos, como polietileno de baixa densidade (PEBD) e cloreto de polivinila (PVC), ou de revestimentos à base de cera-de-carnaúba, polissacarídeos, proteínas e lipídios, entre outros. Quando revestidas de forma adequada, as frutas têm reduzida perda de umidade e menor incidência de microrganismos patogênicos, aumentando o período de conservação e melhorando a aparência pelo incremento do brilho superficial. No entanto, se o revestimento for muito espesso ou possuir baixa permeabilidade a oxigênio e dióxido de carbono, a fruta pode iniciar uma respiração anaeróbia, sofrendo desordens fisiológicas (Mota et al., 2006; Henrique et al., 2008).

As mudanças físicas e químicas que ocorrem nos frutos durante o amadurecimento podem afetar sua qualidade e conservação. No entanto, um único padrão de amadurecimento não pode ser aplicado a todas as espécies, devido ao envolvimento de diferentes rotas na produção de pigmentos, componentes de sabor e aroma e à variação de mecanismos de acúmulo e metabolismo no processo de amolecimento (ABELES et al., 1997).

O amadurecimento corresponde à fase final da maturação e envolve diversos processos fisiológicos e bioquímicos que resultam em modificações da estrutura e composição química de frutos (WILLS et al, 2007). Dentre os processos fisiológicos pós-colheita que ocorrem com os frutos de manga, relacionados por CHITARRA e CHITARRA (2005), têm-se como principais: a redução da firmeza da polpa dos frutos ao longo do tempo, a intensidade em que se dá a perda de massa, a dinâmica dos fenômenos bioquímicos que ocorrem na polpa (degradação do amido com o conseqüente incremento dos sólidos solúveis totais e a redução da acidez total titulável, por exemplo) e a forma em que se dá o incremento da coloração de casca. Estas são questões importantes para dimensionar o tempo de transporte, a vida de prateleira, o tipo de embalagem, o uso ou não de revestimentos e a aceitação dos frutos no mercado.

A análise de textura como índice de qualidade em frutos da mangueira é bastante aplicada, principalmente em estudos dos efeitos da temperatura e umidade relativa de armazenamento do produto, assim como em frutos com danos mecanicamente induzidos durante a colheita. A textura é afetada pela perda de massa dos frutos, bem como a composição química da periderme e da polpa dos frutos (OLIVEIRA et al., 2010). Embora a textura de alimentos seja uma propriedade sensorial (portanto subjetiva), a mensuração pode ser realizada através de métodos objetivos acerca das propriedades reológicas dos produtos (KRAMER e SZCZESNIAK, 1973). A avaliação física da textura de frutos inteiros não é de fácil mensuração, visto que os frutos são produtos de formas irregulares que variam fortemente entre indivíduos, com características morfológicas heterogêneas e com o amadurecimento dos frutos de forma irregular.

A perda de massa é um processo que ocorre, principalmente, pela perda de água promovida pelo processo de transpiração em consequência do déficit de pressão de vapor da superfície do fruto com o ambiente (HERTOG et al., 2004), variando com o tempo e as condições de armazenamento. Ela leva ao amolecimento dos tecidos, tornando os frutos mais suscetíveis às deteriorações e a alterações na cor e sabor.

A firmeza dos frutos tem sido frequentemente utilizada como indicador de qualidade, bem como na caracterização das propriedades mecânicas, químicas e reológicas do fruto (MOHSENIN, 1986; LIEN et al., 2009). Segundo SCHOUTEN et al. (2007), o comportamento da firmeza com o tempo é de natureza bioquímica (processos relativos à decomposição da parede celular) e de natureza física (perda de turgescência dependente da temperatura). Com o decorrer do amadurecimento, estas substâncias vão sendo solubilizadas, transformando a pectina insolúvel (protopectina) em pectina solúvel, resultando no amaciamento da polpa (CHEFTEL e CHEFTEL, 1976; BRAVERMAN, 1980). Essa perda de firmeza ocorre devido à diminuição das forças coesivas que mantêm as células unidas, decorrente da decomposição da protopectina através de atividade enzimática. Desse modo, o estudo do comportamento da textura ao longo do tempo pode fornecer informações que servirão de parâmetro de escolha da cultivar e época de colheita, além de indicar o tempo de vida pós-colheita dos produtos e técnicas de conservação.

O amolecimento tem sido postulado como uma desestruturação nas estruturas da parede celular primária e da lamela média do fruto como consequência da atividade de enzimas hidrolíticas nos polímeros de carboidrato (SEYMOUR e GROSS, 1996). Segundo GROSS e SAMS (1984), uma das grandes modificações na parede celular

de frutos em amadurecimento é a perda de resíduos de galactose, dos polímeros da parede. A β -galactosidase age sobre os polímeros de galactose catalisando a clivagem de resíduos terminais de D-galactose na ligação β -1,4 (BALASUBRAMANIAM et al., 2005).

A compreensão dos processos fisiológicos de amadurecimento dos frutos fornece subsídios para solução de problemas que afetam a produção e a comercialização e contribui para o aumento da produtividade e da melhoria da sua qualidade, desenvolvendo produtos mais aceitáveis e atendendo às exigências do mercado.

Os testes de compressão e penetração demonstram uma relação satisfatória com as condições reais e são amplamente utilizados para estimar a firmeza dos frutos por meio de um perfil de força-deformação (LIEN et al., 2009). A firmeza da manga pode indicar o seu estágio de maturação ou ponto de colheita e potencial de armazenamento, o que influencia na sua comercialização. Economicamente, a perda de firmeza é um evento pós-colheita muito importante devido aos cuidados necessários durante o manuseio, transporte e armazenamento dos frutos (MANRIQUE e LAJOLO, 2004).

A relaxação é um importante teste para a avaliação da textura de alimentos, usualmente utilizado para o estudo do comportamento viscoelástico de materiais biológicos (CESPI et al., 2007;), sendo a modelagem um instrumento matemático fundamental para análise deste comportamento (DEL NOBILE et al., 2007; FUSTIER et al., 2009). Diversos modelos têm sido propostos na literatura especializada para descrição das curvas de relaxação e de seus parâmetros.

Modelos específicos podem descrever satisfatoriamente a variação dos parâmetros reológicos durante o amadurecimento dos frutos, fornecendo não somente índices práticos de textura, como também características subjacentes aos processos de amadurecimento. (RIBEIRO, 2006)

A cor é normalmente utilizada como indicador da vida de prateleira dos frutos. O estágio de amadurecimento dos frutos pode ser correlacionado com a cor, analisada objetivamente por diferentes sistemas, sendo que o sistema CIE 1976, que utiliza as coordenadas L^* , a^* e b^* , é o mais difundido no meio científico em razão de sua fácil mensuração através de colorímetros. O grau de coloração pode também ser avaliado visualmente, porém, este método gera controvérsias devido à sua subjetividade e

dependência direta de critérios do avaliador, bem como de diferentes normas de classificação entre estados e países.

O conhecimento das propriedades reológicas de qualquer fluido é muito importante e está relacionada com as etapas na industrialização dos alimentos. Uma das aplicações práticas mais importantes dos parâmetros reológicos está no cálculo dos números adimensionais e dos fatores de atrito, subsídios indispensáveis no dimensionamento de bombas e tubulações. Além das motivações relacionadas à engenharia de processo, as características reológicas dos alimentos são também determinadas visando o controle de qualidade e o entendimento da estrutura do material (RAO, 1995). A viscosidade contribui na determinação estrutural e composição dos alimentos, assim como para prever as mudanças estruturais durante o processo de acondicionamento e elaboração e é utilizada na indústria como um dos parâmetros críticos no controle de qualidade do alimento. A medida contínua da viscosidade permite o controle das características de consistência e textura nas várias etapas do processo produtivo. As medidas instrumentares das propriedades reológicas podem ser correlacionadas com a análise sensorial (RAMOS, 1997).

Nesse aspecto, objetivou-se com o presente trabalho verificar o efeito da atmosfera modificada, sob diferentes temperaturas, sobre o amadurecimento, propriedades texturais, enzimáticas e físico-químicas dos frutos de manga Tommy Atkins, possibilitando uma melhor compreensão dos efeitos de tratamentos pós-colheita sobre a qualidade dos mesmos, permitindo assim uma melhor conservação deste produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. **Ethylene in plant biology**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1997. 414p.

ALMEIDA, C. O. de; CARDOSO, C. E. L.; SANTANA, M. do A. Comercialização. In: PEREIRA, M. E. C.; FONSECA, N.; SOUZA, F. V. D. (Ed.). **Manga: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. cap. 15, p. 177-184.

BALASUBRAMANIAM, S.; LEE, H. C.; LAZAN, H.; OTHMAN, R.; ALI, Z. M. Purification and properties of a β -galactosidase from carambola fruit with significant activity towards cell wall polysaccharides. **Phytochemistry, Amsterdam**, v.66, p.153-163, 2005.

BRAVERMAN, J. B. S.; BERK, Z. **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. México: El Manual Moderno, 1980. 358 p.

CARVALHO, C. R. L.; ROSSETO, C. J.; MANTOVANI, D. M. B.; MORGANO, M. A.; DE CASTRO, J. V.; BORTOLETTO, N. Avaliação de cultivares de mangueiras selecionadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas comparada a outras de importância comercial. **Rev. Bras. Frutic** . v. 26, n. 2, p. 264-271, 2004.

CESPI, M.; BONACUCINA, G.; MISICI-FALZI, M.; GOLZI, R.; BOLTRI, L.; PALMIERI, G. F. Stress relaxation test for the characterization of the viscoelasticity of pellets. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 67, n. 2, p. 476 – 484, 2007.

CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1976. 334 p.

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

CHOUDHURY, M. M.; COSTA, T. S. da.; Perdas na cadeia de comercialização da manga. **Embrapa Semi-Árido**, Petrolina, PE, Documentos, (186), 2004. p. 41.

CUNHA, G. A. P. da; SAMPAIO, J. M. M.; NASCIMENTO, A. S. do; SANTOS FILHO, H. P.; FONSÊCA, N. **A cultura da manga**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 54 p. (Coleção Plantar, 10).

DEL NOBILE, M. A.; CHILLO, S.; MENTANA, A.; BAIANO, A. Use of the generalized Maxwell model for describing the stress relaxation behavior of solid- like foods. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 3, p. 978 – 983, 2007.

DONADIO, L. C. **Variedades de manga**. In: São José, A. R. (Org.). O agronegócio manga: produção e mercado. Vitória da Conquista: UESB/DFZ, 2002. p. 119-126. 1 CD-ROM.

FUSTIER, P.; CASTAIGNE, F.; TURGEON, S. L.; BILIADERIS, C. G. Impact of commercial soft wheat flour streams on dough rheology and quality attributes of cookies. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 2, p. 228 – 237, 2009.

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

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir do amido modificado de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.1, p.231-240, 2008.

HERTOG, M. L. A. T. M.; BEN-ARIE, R.; RÓTH, E.; NICOLAÏ, B. M. Humidity and temperature effects on invasive and non-invasive firmness measures. **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, n. 1, p. 79 – 91, 2004.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -IBGE. **Produção Agrícola Municipal**, 2011. Disponível em:

[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_\[anual\]/2011/pam2011.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2011/pam2011.pdf)>. Acesso em: 13 de abril de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS – IBRAF. Fruticultura. 2010. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/imprensa/0901_FrutasBrasileirasAscensao.asp>. Acesso em: 13 de abril de 2013.

KRAMER, A.; SZCZESNIAK, A. S. **Texture measurements of foods**. Dordrecht/Boston, 1973. 175 p.

LIEN, C. C.; AY, C.; TING, C. H. Non-destructive impact test for assessment of tomato maturity. **Journal of Food Engineering**, v. 91, n. 3, p. 402 – 407, 2009.

LIU, L. H.; ZABARAS, D.; BENNETT, L. E.; AGUAS, P.; WOONTON, B. W. Effects of UV-C, red light and sun light on the carotenoid content and physical qualities of tomatoes during post-harvest storage. **Food Chemistry**, v. 115, p. 495 – 500, 2009.

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; MALAVOLTA, E.; RAMOS, V. H. V.; OLIVEIRA Jr., M. E. de; CUNHA, M. M. da; JUNQUEIRA, N. T. V. **Manga: tecnologia, produção, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 617p., 2001.

MANRIQUE, G. D.; LAJOLO, F. M. Cell-Wall polysaccharide modification during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**, v.33, 2004.

MOHSENIN, N. **Physical properties of plant and animal materials**. 2 ed. New York: Gordon and Breach, 1986. 534 p.

MOTA, W. F. da; SALOMÃO, L. C. C.; NERES, C. R. L.; MIZOBUTSI, G. P.; NEVES, L. L. de M. Uso de cera de carnaúba e saco plástico poliolefínico na conservação pós-

colheita do maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.190-193, 2006.

OLIVEIRA, G. H. H.; CORRÊA, P. C.; BAPTESTINI, F. M.; FREITAS, R. L.; VASCONCELLOS, D. S. L. Controle do amadurecimento de goiabas 'Pedro Sato' tratadas por frio. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 9, p. 1 – 15, 2010.

PINTO, A. C. de Q.; COSTA, J. G. da; SANTOS, C. A. F. Principais variedades. In: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 5, p. 93-116.

RAMOS, A. M.; Caracterización reológica y transmisión de calor em derivados de frutas en el interior de tanques agitados. Universitat de Lleida. Escola Técnica Superior d'Enginyeria Agrària de Lleida. **Tesis Doctoral**, 1997.

RAO, M. A. Rheological properties of fluid foods. In: M. A. Rao e S. S. H. Rizvi (Eds.) **Engineering Properties of Foods**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 1-53.

RESENDE, L. M. A.; BRANDT, S. A. O custo social das perdas na comercialização. **Revista de Economia Rural**, Brasília, v.19, p.611-619, 1981.

RIBEIRO, D. M. Evolução das propriedades físicas, reológicas e químicas durante o amadurecimento da banana 'Prata-Anã'. 2006. 140 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SCHOUTEN, R. E.; HUIJBEN, T. P. M.; TIJSKENS, L. M. M.; VAN KOOTEN, O. Modelling quality attributes of truss tomatoes: linking colour and firmness maturity. **Postharvest Biology and Technology**, v.45, n.3, p. 298 - 306, 2007.

SEYMOUR, G. B.; GROSS, K. C. Cell wall disassembly and fruit softening. **Postharvest News and Information**, Wallingford, v.7, p.45-52, 1996.

WILLS, R. B. H.; McGLASSON, W. B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. C. **Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales**. Tradução de J. B. Gonzáles. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1998. 240p.

CAPÍTULO 1

Evolução da cor da polpa, pH, sólidos solúveis totais e acidez total titulável dos frutos de manga "Tommy Atkins" armazenados em duas temperaturas sob atmosfera modificada

1.1- INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma das mais importantes frutas tropicais e atualmente é produzida em mais de 100 países. É uma fruta altamente perecível sob condições ambientais, o que lhe confere uma vida útil limitada devido ao amaciamento excessivo, sendo este processo limitante para a sua conservação e para o processamento industrial (HOJO, et al., 2007). A manga é um fruto climatérico que quando exposto à aplicação exógena de etileno sofre um incremento na atividade respiratória e na biossíntese desse hormônio (MEDLICOTT et al., 1987). Em condições normais, esse hidrocarboneto gasoso liga-se a moléculas receptoras, provavelmente proteínas de membrana, de onde surgem respostas associadas ao amadurecimento, podendo afetar a qualidade de produtos hortícolas, como cor, textura e aroma.

A manutenção da qualidade dos frutos deve-se a técnicas de armazenamento pós-colheita que reduzem as taxas respiratórias e retardam o amadurecimento e prevenção de desordens. A perda de água e a decomposição natural do fruto podem ser reduzidas pelo abaixamento da temperatura e modificação da atmosfera ambiente ou mesmo à combinação de ambos, imediatamente após a colheita (HILUEY et al., 2005). A temperatura utilizada durante o armazenamento é de grande importância, pois exerce influência na taxa de respiração e transpiração dos frutos retardando seu amadurecimento e senescência.

A atmosfera modificada (AM), além de ser vista como um processo integrado alimento/gás/embalagem, ganha aplicação a partir do momento em que passa a ser vista como um processo multidisciplinar, que utiliza princípios das ciências química, física e microbiológica dos alimentos (SOUZA et al., 2001).

Para a obtenção de atmosfera modificada são usados filmes poliméricos que formam embalagens com permeabilidade diferencial para O₂, CO₂, C₂H₄, e vapor de água para aumentar a vida útil de vários produtos vegetais (CHITARRA e PRADO, 2002). Embora muitos filmes plásticos sejam empregados, o polietileno de baixa densidade (PEBD) e o cloreto de polivinila (PVC), devido à sua praticidade, custo

relativamente baixo e alta eficiência, têm sido bastante utilizados, principalmente quando associados ao armazenamento refrigerado para evitar perdas de frutas (SOUZA et al., 2002).

Outra alternativa seria a aplicação de revestimentos obtidos a partir de fécula de mandioca, gelatina e cera de carnaúba por exemplo. Os revestimentos são uma suspensão ou emulsão aplicada diretamente sobre a superfície do alimento, ocorrendo, após a secagem, a formação de uma fina película sobre o produto (GENNADIOS e WELLER, 1990). A utilização de películas comestíveis tem sido bastante explorada como revestimento de frutas e hortaliças frescas, visando minimizar a perda de umidade e reduzir as taxas de respiração, além de conferir aparência brilhante e atraente. O uso de películas com esse propósito constitui vantagem econômica, evitando a necessidade de estocagem em atmosfera controlada, que implicaria maiores custos operacionais e de equipamento (AZEREDO, 2003).

Para cada tipo de fruta, existe uma AM específica para aumentar e maximizar sua vida útil. O sistema de embalagem deve ser testado previamente para seleção das melhores condições. A ideal é aquela que apresenta as melhores concentrações de gases para reduzir as alterações bioquímicas e fisiológicas do produto, notadamente a respiração e a produção de etileno, mantendo as características de qualidade (cor, textura, sabor, valor nutritivo, etc.). A modificação da atmosfera de armazenamento tem sido utilizada satisfatoriamente em vários produtos com a finalidade de prolongar a vida útil dos mesmos, como um complemento da refrigeração, pois, na maioria das vezes, não produz bons resultados individualmente (ALVES, 1999).

A redução das perdas em pós-colheita na cadeia produtiva de frutas é um constante desafio, considerando que as frutas apresentam alto teor de água e nutrientes e, após a colheita até a senescência, ocorrem várias transformações, o que pode causar maior predisposição a distúrbios fisiológicos, danos mecânicos e à ocorrência de podridões (KADER, 2002). Segundo JAGTIANI et al., (1988) algumas mudanças durante o processo de amadurecimento em manga são: o aumento de sólidos solúveis, pH, açúcares totais, sacarose, carotenos e a intensidade do sabor; a diminuição dos sólidos insolúveis, acidez e teor de amido; os sólidos totais permanecem constantes; a respiração e a transpiração aumentam até um pico para então diminuírem e alteração da coloração da polpa.

Durante o amadurecimento da manga, ocorre a mudança na cor da casca e

da polpa, sendo o primeiro, o critério mais importante utilizado pelo consumidor para julgar sua maturidade. A mudança mais comum consiste no desaparecimento da cor verde, seguido do aparecimento de várias cores que variam do amarelo ao vermelho. Durante o amadurecimento, ocorre síntese de pigmentos, como os carotenóides e os flavonóides (antocianinas) associados à degradação da clorofila (AWAD, 1993). O estágio de amadurecimento dos frutos pode ser correlacionado com a cor, analisada objetivamente por diferentes sistemas, sendo que o sistema CIE 1976, que utiliza as coordenadas L^* , a^* e b^* , é o mais difundido no meio científico em razão de sua fácil mensuração através de colorímetros.

Os sólidos solúveis indicam a quantidade dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou na polpa das frutas, sendo designados como °Brix, apresentando tendência de aumento com a maturação, seja por biossíntese, pela degradação de polissacarídeos ou, ainda, pela excessiva perda de água dos frutos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A acidez de um fruto é dada pela presença dos ácidos orgânicos, onde estes são encontrados, na forma livre ou combinados, nos vacúolos celulares ajudando a compor o aroma característico das frutas. No ciclo dos ácidos tricarbóxicos (TCA), o teor dos ácidos orgânicos tende a diminuir durante o armazenamento, devido às oxidações ocorridas no TCA. Como durante o armazenamento ocorre maior demanda energética pelo aumento do metabolismo, justifica-se a diminuição dos ácidos orgânicos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Para o estudo da qualidade dos frutos, podem ser adotados vários parâmetros como cor, sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável e outros. Considerando a importância destes parâmetros para a definição de técnicas de manuseio pós-colheita, assim como para a boa aceitação do produto pelo mercado consumidor, o presente trabalho teve por objetivos verificar a influência do uso de atmosfera modificada na qualidade dos frutos de manga Tommy Atkins durante o armazenamento por 16 dias a 14 e 25 °C, por meio da caracterização da cor da polpa e da quantificação do teor de sólidos solúveis totais, pH e acidez total titulável.

1.2- MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR) localizado no Campus da Universidade Federal

de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

1.2.1- Obtenção da Matéria-prima

Foram utilizados no experimento frutos de mangueiras (*Mangifera indica L.*) variedade 'Tommy Atkins', provenientes do Município de Janaúba, Norte de Minas Gerais. Os frutos foram colhidos manualmente no estágio de maturação verde maduro. Os mesmos foram posteriormente selecionados, retirando-se as mangas danificadas ou com injúrias visíveis, a fim de se obter um produto homogêneo e de qualidade.

1.2.2- Tratamentos Aplicados

Feita a seleção, os frutos foram divididos em cinco lotes (Figura 1.1), no qual foram: (1) Testemunha (sem tratamento); (2) revestidos com cera de carnaúba; (3) embalados com filme de PVC (policloreto de vinila); (4) embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio; (5) embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno.

Os frutos que serviram como testemunha, foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido, totalizando 24 bandejas, com 3 frutos em cada.

Para a aplicação do revestimento comestível de cera de carnaúba foi utilizada o produto comercial emulsão de cera de carnaúba 18% (Meghwax ECF 224, Megh, Brasil). diluída na proporção 1:2 (v/v). A aplicação foi feita com o auxílio de um borrifador, sendo os frutos revirados para assegurar uma cobertura uniforme dos mesmos. Em seguida os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido com dimensão (24x18) cm, totalizando 24 bandejas com 3 frutos em cada.

Para os frutos embalados com filmes de PVC, foram utilizadas bandejas de poliestireno expandido, revestidas com uma camada de filme de PVC, espessura de 10 µm, da marca Filmito, sendo que cada bandeja continha 3 frutos.

Nos tratamentos que se utilizou absorvedores de oxigênio, os sachês contendo absorvedores de oxigênio com concentração de 600 cc com 8 gramas da marca SOFT POST®, foram colocados nas bandejas de poliestireno expandido e revestidas por uma camada de filme de PVC, totalizando 24 bandejas com 3 frutos em cada.

Os sachês contendo absorvedores de etileno foram feitos em laboratório, utilizando permanganato de potássio (KMnO₄) como reagente. Foram preparados os sachês com 8 g de permanganato e 5 g de vermiculita para cada sachê. Após ser

pesado, o KMnO_4 foi dissolvido em água destilada, sendo esta solução colocada em contato com a vermiculita e levada para estufa a $80\text{ }^\circ\text{C}$ a fim de proceder a secagem. Após a secagem, a vermiculita impregnada com permanganato de potássio foi pesada novamente em porções de 13 g para cada saquinho de TNT (material utilizado para confecção do sachê). Em seguida, os sachês foram armazenados em vidros hermeticamente fechados onde permaneceram até o momento da realização do experimento. Os frutos tratados com absorvedores de etileno foram embalados em bandejas de poliestireno expandido revestidas por filmes de PVC, contendo em seu interior o sachê com permanganato de potássio.



(1) Testemunha



(2) Cera de Carnaúba



(3) Filme PVC



(4) Filme PVC +
absorvedor de oxigênio



(5) Filme PVC +
absorvedor de etileno

Figura 1.1- Frutos de manga Tommy Atkins selecionados e acondicionados sob diferentes tratamentos pós-colheita: (1) Testemunha (sem tratamento); (2) revestidos com cera de carnaúba; (3) embalados com filme de PVC (policloreto de vinila); (4) embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio; (5) embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno.

Posteriormente, os frutos foram armazenados em duas temperaturas: $25 \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente) e à $14 \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ (temperatura utilizada para armazenamento de mangas), durante um período de 16 dias, em câmaras tipo BOD. A umidade relativa no interior das câmaras foi mantida em $85 \pm 5\%$. As análises dos frutos foram realizadas de dois em dois dias após o acondicionamento dos frutos. A obtenção de polpa de manga para as análises foi obtida em uma despolpadeira da marca Philips Walita.

1.2.3- Análises

1.2.3.1- Determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST)

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado pela leitura direta com o auxílio de um refratômetro portátil, marca Nova, modelo 113, e os resultados foram expressos em °Brix, conforme AOAC (2002).

1.2.3.2- Determinação do pH

O valor do pH presente na polpa de manga foi determinado utilizando-se um pHmetro digital (Modelo pH 21, Hanna Instruments), conforme AOAC (2002).

1.2.3.3- Determinação da acidez total titulável (ATT)

A acidez total titulável foi determinada em percentagem de ácido cítrico, pela titulação de um alíquota de 10 g de amostra em 90 mL de água destilada com solução 0,1N de NaOH, em presença de fenolftaleína (AOAC, 2002).

1.2.3.4- Evolução da cor da polpa de manga

A cor da polpa foi avaliada com o uso de um colorímetro tristímulo da marca MiniScan, com leitura direta de reflectância da coordenada L^* (luminosidade) em uma escala de 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco). A coordenada a^* (tonalidades vermelha/verde) e b^* (tonalidades amarela/azul) também foram mensuradas, empregando a escala Hunter-Lab (Figura 1.2) e utilizando o iluminante $10^\circ/D60$. As determinações foram feitas diariamente em três pontos equidistantes da zona equatorial de cada fruto.

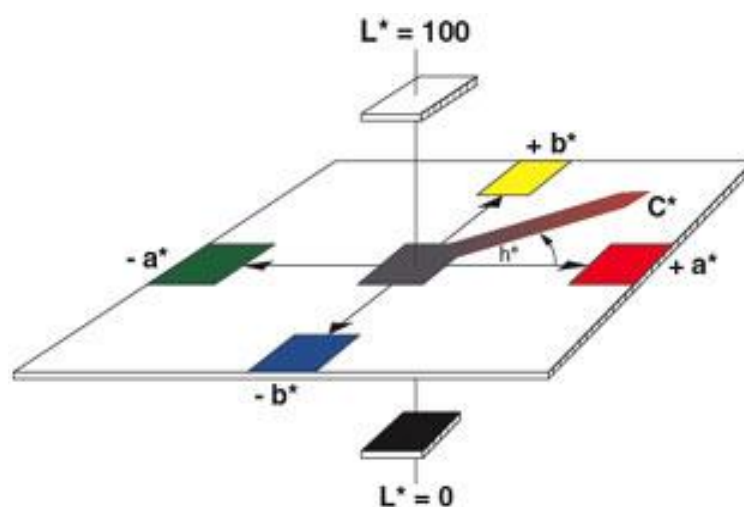


Figura 1.2- Sólido de cores do sistema CIE $L^*a^*b^*$ e descrição do ângulo hue (h^*) e do índice de saturação cromática (C^*).

A partir dos valores de L^* , a^* e b^* , foram calculados os índices colorimétricos: o croma (C^*), que define a intensidade e a pureza de uma cor (Equação 1.1); e o ângulo hue (h^*), que define a tonalidade da cor (Equação 1.2): 0° (vermelho), 90° (amarelo), 180° (verde) e 270° (azul). O ΔE , que é a diferença total de cor levando-se em consideração as condições iniciais de armazenamento dos frutos foi calculado pela Equação 1.3.

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (1.1)$$

$$h^* = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (1.2)$$

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \quad (1.3)$$

1.2.3.5- Análise estatística

O experimento foi realizado, para cada temperatura, em um esquema de parcela subdividida, para a análise de coloração das polpas da manga, sólidos totais, acidez titulável e pH, no delineamento inteiramente casualizado, em três repetições. Os dados experimentais foram interpretados por meio de análise de variância e regressão. Entre a testemunha e os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando o nível de 5 % de probabilidade, utilizando-se o programa SAEG[®]. Para a comparação do tempo de armazenamento, as médias foram submetidas à análise de regressão, utilizando-se o programa SIGMAPLOT 11.0. Os modelos foram escolhidos baseados no coeficiente de determinação (R^2), na significância dos parâmetros e nos fenômenos em estudo.

1.3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1- Armazenamento a 14 °C

1.3.1.1- Determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST)

O teor de SST ideal para manga varia entre 10% e 13%, podendo chegar até 18,5% ou mais (MEDLICOTT e REYNOLDS, 1988). Os teores de sólidos solúveis da manga Tommy Atkins, aumentou em todos os tratamentos aplicados pós colheita, incluindo o lote testemunha (Tabela 1.1). Estes valores são concordantes aos encontrados por KANESIRO et al., (1995).

Tabela 1.1. Valores médios de °Brix de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: testemunha, revestimento com cera de Carnáuba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, ao longo do armazenamento (16 dias) à 14 ± 1°C.

Tratamento					
Tempo (dias)	Testemunha	Cera	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
0	12.00a	12.00a	12.00a	12.00a	12.00a
2	16.13a	12.7b	13.77b	13.10b	12.77b
4	15.43a	13.7b	14.47ab	15.17ab	13.60b
6	17.77a	14.6b	15.57b	15.33b	14.67b
8	17.20a	15.9ab	17.10a	15.30b	16.33ab
10	17.33a	18.7a	16.67b	16.20b	16.43b
12	17.70a	17.7a	16.33a	16.87a	16.47a
14	17.47a	18.6a	16.33b	17.57ab	16.30b
16	16.53a	19.00b	16.73a	18.00b	18.00b

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Entre os frutos tratados com PVC, PVC + absorvedor de oxigênio e PVC + absorvedor de etileno não houve diferença estatística ao nível de 5 % de probabilidade, exceto no 8º e 16º dia, em que houve diferença nos frutos tratados com PVC e PVC + absorvedor de oxigênio. Verifica-se que o uso de atmosfera modificada, associada a refrigeração (14 °C) retardou o amadurecimento dos frutos de manga, quando comparados com o lote testemunha (Figura 1.3). Os valores obtidos variaram de 12,0 à 19,0 °Brix, semelhantes aos encontrados por ARAÚJO et al., (2009); CRUZ (2010).

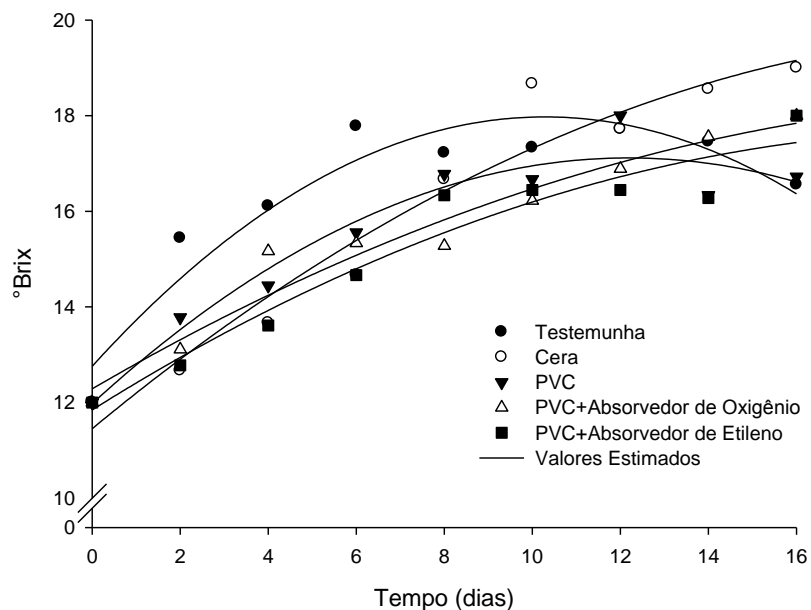


Figura 1.3- Valores observados e estimados de °BRIX de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: testemunha, revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

De acordo com SIGRIST (1992), o aumento no teor de SST durante a maturação é atribuído principalmente à hidrólise dos carboidratos de reserva acumulados durante o crescimento do fruto na planta. O resultado desta hidrólise é a produção de açúcares solúveis totais (AST). Um elevado teor de sólidos solúveis nos frutos, além de satisfazer a preferência do consumidor brasileiro, é muito importante quando o produto é industrializado, pois reduz a necessidade de adição de açúcar (LIMA et al., 2007).

Através da Tabela 1.2 é possível observar que houve uma boa correspondência entre o valor de °Brix e o tempo de armazenamento pois as equações apresentaram valores satisfatórios para o coeficiente de determinação ($R^2 > 0,90$).

Tabela 1.2- Equações ajustadas aos valores experimentais de °BRIX dos frutos de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R²).

Tratamento	Equação de regressão	R ²
Testemunha	$\hat{B} = 12,7585 + 1,0140 \times t - 0,0493 \times t^2$	0,9051
Cera	$\hat{B} = 11,4529 + 0,7609 \times t - 0,0175 \times t^2$	0,9465
PVC	$\hat{B} = 11,9761 + 0,8434 \times t - 0,0346 \times t^2$	0,9408
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{B} = 12,2862 + 0,5367 \times t - 0,0118 \times t^2$	0,9535
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{B} = 11,8451 + 0,5773 \times t - 0,0142 \times t^2$	0,9389

1.3.1.2- Determinação do Potencial Hidrogeniônico (pH)

De acordo com HULME (1971), as mudanças nos valores do pH estão associadas com a mudança no teor de ácidos nos frutos durante o seu amadurecimento. Conseqüentemente, um valor baixo de pH (2,0-4,0) corresponde a concentrações mais altas desses ácidos. Esses dois parâmetros também podem se correlacionar com os diferentes estágios de maturação que os frutos apresentam. A alteração do pH, durante o armazenamento dos frutos de manga Tommy Atkins sob atmosfera modificada, na temperatura de 14 °C, está representada pela Figura 1.4.

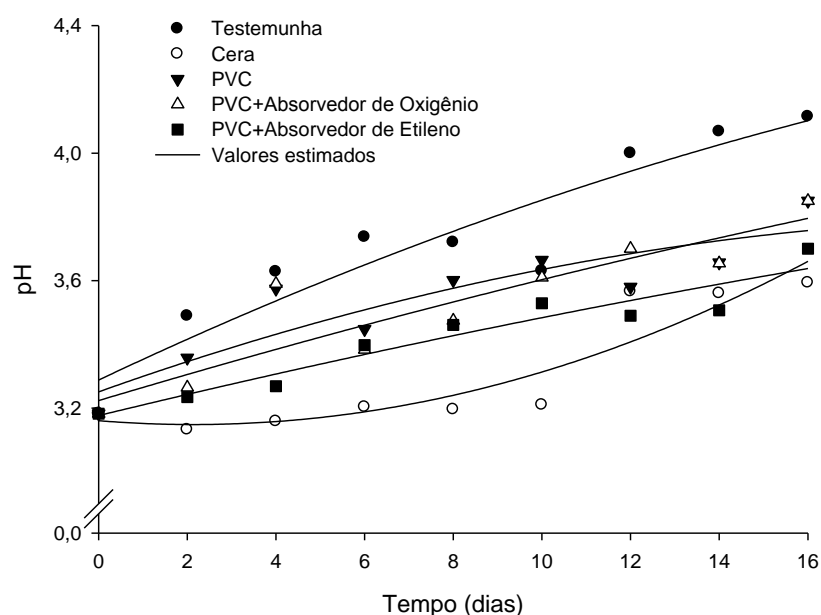


Figura 1.4- Valores observados e estimados de pH de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à 14 ± 1°C.

De uma maneira geral, observou-se que os valores de pH obtidos dos frutos aumentaram para todos os grupos variando de 3,18 (dia 0) até 4,12 (dia 16), no qual o maior aumento de pH foi verificado no lote testemunha, seguido do tratamento com filme PVC. Os resultados obtidos neste experimento mostram que houve diferença significativa entre os tratamentos, pois, a partir do segundo dia, ocorreu um acréscimo nos valores (Tabela 1.3).

Tabela 1.3- Valores médios de pH de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à 14 ± 1°C.

Tempo (dias)	Testemunha	cera	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
0	3.18a	3.18a	3.18a	3.18a	3.18a
2	3.49a	3.13c	3.36ab	3.26bc	3.24bc
4	3.63ab	3.21c	3.58ab	3.70a	3.46b
6	3.74a	3.06c	3.45b	3.38b	3.27b
8	3.72a	3.20d	3.60ab	3.47bc	3.40c
10	4.00a	3.22c	3.67b	3.61b	3.53b
12	3.63a	3.56a	3.86b	3.85b	3.70bc
14	4.07a	3.57b	3.66b	3.65b	3.51b
16	4.12a	3.59b	3.58b	3.59b	3.49b

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Outro fator importante a destacar é que, os valores encontrados de pH neste trabalho, independentes do tratamento aplicado aos frutos, estão coerentes com os encontrados na literatura para essa cultivar (Tommy Atkins) como verificado por LUCENA *et al.* (2007) que encontrou um valor de 3,52 para o estágio 2, enquanto ROCHA *et al.* (2001) encontrou 4,51 para o estágio 5. ARAÚJO *et al.*, (2009), trabalhando com manga Tommy Atkins encontrou valores de pH que variaram de 3,83 a 4,49.

A Tabela 1.4 apresenta as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de variação do pH dos frutos de Manga Tommy Atkins, ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 1.4- Equações ajustadas aos valores experimentais de potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamento	Equação de regressão	R^2
Testemunha	$p\hat{H} = 3,2880 + 0,0658 \times t - 0,0009 \times t^2$	0,8761
Cera	$p\hat{H} = 3,1605 - 0,0113 \times t + 0,0027 \times t^2$	0,8585
PVC	$p\hat{H} = 3,2510 + 0,0496 \times t - 0,0011 \times t^2$	0,8182
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$p\hat{H} = 3,2236 + 0,0416 \times t - 0,0004 \times t^2$	0,8245
PVC + Absorvedor de Etileno	$p\hat{H} = 3,1765 + 0,0339 \times t - 0,0003 \times t^2$	0,9154

As equações ajustadas aos valores experimentais do pH com o tempo de armazenamento foram bem representadas pelas equações de regressão polinomial de segunda ordem, apresentando elevados valores de coeficiente de determinação.

1.3.1.3- Determinação da acidez total titulável (ATT)

A perda da acidez é desejável em grande parte dos frutos e marcante no processo de amadurecimento. KAYS (1991) afirma que após a colheita e durante o armazenamento, a concentração de ácidos orgânicos tende a declinar na maioria dos frutos, em consequência da larga utilização dessas substâncias como substrato respiratório e como esqueletos de carbono, para a síntese de novos compostos. A acidez total titulável (Figura 1.5) diminuiu durante o armazenamento dos frutos para todos os tratamentos aplicados.

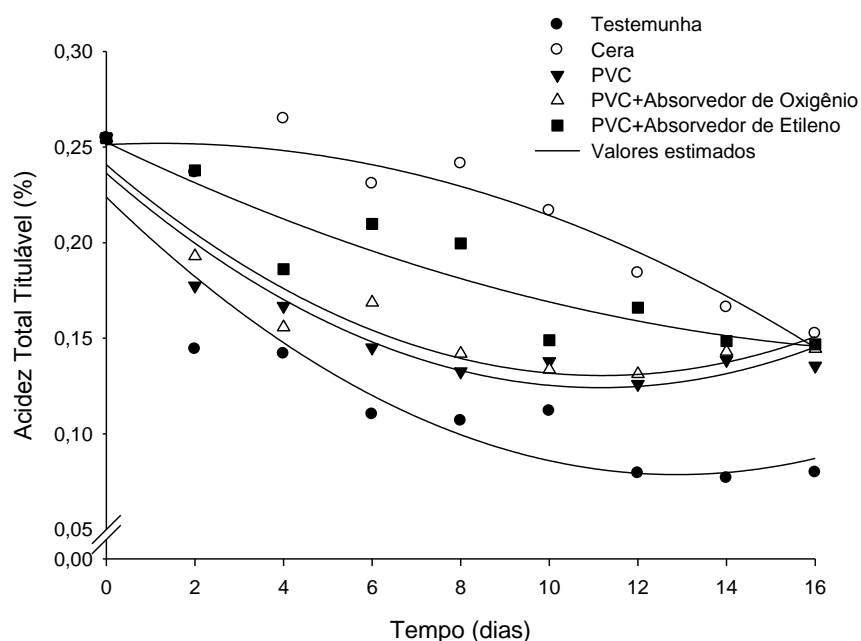


Figura 1.5- Valores observados e estimados de ATT (% de ácido cítrico) de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

Os teores de acidez titulável dos frutos no início do armazenamento foram de 0,26 % de ácido cítrico (Tabela 1.5). Estes teores reduziram até ao final do armazenamento, mas variaram entre todos os tratamentos. A redução nestes teores também foi verificada por JERONIMO e KANESIRO (2000) durante o armazenamento de mangas 'Palmer', e por JERONIMO et al., (2007), durante o armazenamento de mangas Tommy Atkins.

Percebe-se um aumento no 4º dia para os frutos tratados com cera de carnaúba, seguido de um decréscimo a partir do 8º dia. Os outros tratamentos sofreram decréscimo durante todo o armazenamento, exibindo um aumento no 14º dia. Os frutos submetidos a todos os tratamentos tiveram os valores de acidez total titulável reduzidos durante o armazenamento.

Tabela 1.5- Valores médios de ATT (% de ácido cítrico) de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Tratamento					
Tempo (dias)	Testemunha	Cera	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
0	0.26a	0.26a	0.26a	0.26a	0.26a
2	0.16b	0.24a	0.18ab	0.19ab	0.24a
4	0.14b	0.25a	0.17b	0.16b	0.19ab
6	0.12b	0.23a	0.14b	0.17ab	0.21a
8	0.11b	0.24a	0.13b	0.14b	0.20ab
10	0.11c	0.22a	0.14b	0.13bc	0.15b
12	0.08b	0.18a	0.13ab	0.13ab	0.15a
14	0.08b	0.16a	0.14ab	0.14ab	0.16a
16	0.08b	0.15a	0.14a	0.15a	0.15a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os tratamentos com Cera de Carnaúba, PVC, PVC + absorvedor de oxigênio e PVC + absorvedor de etileno foram mais efetivos em relação à redução da acidez total titulável (ATT). A menor variação da ATT dos frutos foi devido à atmosfera modificada pelo uso da embalagem (baixa permeabilidade dos filmes ao vapor de água) e do uso de revestimento comestível. O mesmo efeito foi verificado por SOUZA et al. (2002), em estudo de armazenamento de mangas em atmosfera modificada por filmes plásticos.

Abaixo encontram-se as equações de acidez titulável em função do tempo de armazenamento (Tabela 1.6):

Tabela 1.6- Equações ajustadas aos valores experimentais de ATT (% de ácido cítrico) dos frutos de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R²).

Tratamento	Equação de regressão	R ²
Testemunha	$\hat{A}T^* = 0,2238 - 0,0225 \times t + 0,0009 \times t^2$	0,8651
Cera	$\hat{A}T^* = 0,2512 + 0,0012 \times t - 0,0005 \times t^2$	0,9238
PVC	$\hat{A}T^* = 0,2363 - 0,0201 \times t + 0,0009 \times t^2$	0,9103
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{A}T^* = 0,2407 - 0,0197 \times t + 0,0009 \times t^2$	0,9165
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{A}T^* = 0,2525 - 0,0112 \times t + 0,0003 \times t^2$	0,8647

1.3.1.4- Evolução da cor da polpa de manga

A refrigeração exerce grande importância na manutenção da qualidade das frutas e/ou hortaliças, pois as temperaturas mais baixas reduzem a atividade biológica das frutas, retardando o processo de maturação, e conseqüentemente aumentando sua vida pós colheita. A tabela 1.7 apresenta os resultados obtidos para as coordenadas L*, a* e b* obtidos com o uso do colorímetro ao longo do armazenamento de 16 dias.

Tabela 1.7- Valores médios das coordenadas L*, a* e b* da polpa de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à 14 ± 1°C.

Tratamento	Testemunha	cera	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
Tempo (dias)	Coordenada L*				
0	63,99 a	63,99 a	63,99 a	63,99 a	63,99 a
2	63,68 a	59,89 a	62,32 a	62,05 a	63,21 a
4	63,01 a	60,29 a	60,96 a	61,31 a	62,26 a
6	62,02 a	58,11 b	60,95 ab	59,04 b	61,88 a
8	62,25 a	58,32 b	59,97 ab	59,74 ab	60,43 ab
10	61,19 a	58,12 b	59,75 ab	59,39 ab	60,09 ab
12	60,3 a	57,19 b	58,89 b	57,73 b	58,74 b

14	58,63 a	56,6 a	60,49 b	58,77 a	59,81 a
16	59,85 a	57,62 a	60,37 a	58,61 a	59,24 a
Coordenada a*					
0	11,14 a	11,14 a	11,14 a	11,14 a	11,14 a
2	11,44 a	16,61 b	13,94 ab	13,95 ab	11,44 a
4	12,53 b	16,8 a	15,12 a	13,71 b	13,08 b
6	13,16 b	17,07 a	14,58 ab	16,98 a	13,78 b
8	13,76 b	17,77 a	16,06 a	15,29 ab	15,20 ab
10	14,51 a	17,43 b	16,96 b	17,1 b	15,59 a
12	16,1 b	18,28 a	17,16 a	16,61 a	15,46 b
14	17,78 b	19,34 b	16,08 a	18,04 b	16,67 a
16	16,38 a	18,3 b	15,73 a	18,19 b	15,5 a
Coordenada b*					
0	49,78 a	49,78 a	49,78 a	49,78 a	49,78 a
2	52,96 a	56,13 a	54,77 a	55,52 a	53,76 a
4	51,77 a	57,74 b	57,43 b	57,53 b	54,60 ab
6	53,24 b	59,21 a	56,36 ab	56,07 ab	58,48 a
8	52,81 a	58,98 b	59,25 b	57,96 b	57,51 b
10	56,09 a	59,27 a	58,99 a	60,13 a	58,86 a
12	56,86 a	58,88 a	58,93 a	58,5 a	57,69 a
14	55,23 a	59,73 b	57,56 ab	60,65 b	57,22 ab
16	57,73 b	60,77 a	60,04 a	60,71 a	57,36 b

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A coordenada L*, sofreu variações ao longo do armazenamento, com tendência a um decréscimo nos seus valores durante o armazenamento para todos os tratamentos (Figura 1.6), retratando o escurecimento e a perda de brilho da coloração característica dos frutos.

As mudanças na coloração da polpa foram índices importantes no monitoramento do crescimento e da maturação da manga. LIMA et al., (2009), trabalhando com manga Tommy Atkins observaram decréscimos na luminosidade durante o amadurecimento dos frutos. A partir do 10^o dia de armazenamento nota-se que a taxa de variação diária foi baixa, indicando que ocorreu o amadurecimento dos frutos.

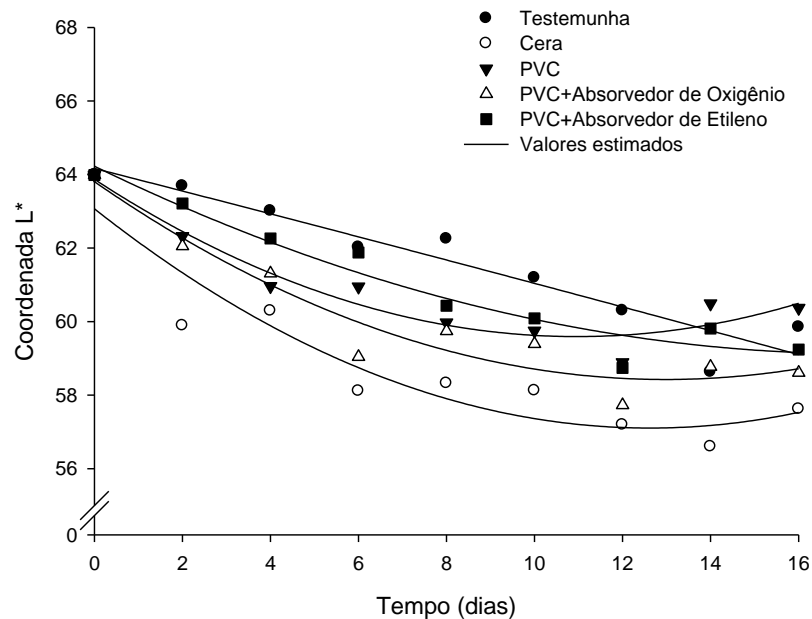


Figura 1.6- Valores observados e estimados da coordenada L^* da polpa dos frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

Analisando a Tabela 1.7, percebe-se que a coordenada a^* sofreu alteração em seus valores. Nos frutos do lote testemunha teve um acréscimo de 55,42 % enquanto para os frutos tratados com PVC + absorvedor de etileno esse aumento foi de 49,24 %. Já os frutos tratados com cera de carnaúba, esse incremento na coordenada a^* foi maior que o do lote testemunha, sendo de 73,61 %. Os frutos tratados com PVC, PVC + absorvedor de oxigênio e PVC + absorvedor de etileno, não diferiram entre si, ao nível de 5 % de probabilidade. Os frutos tratados com cera de carnaúba foram os que apresentaram maiores valores para a coordenada a^* durante todo o período de armazenamento e esta tendência é claramente visualizada pela Figura 1.7.

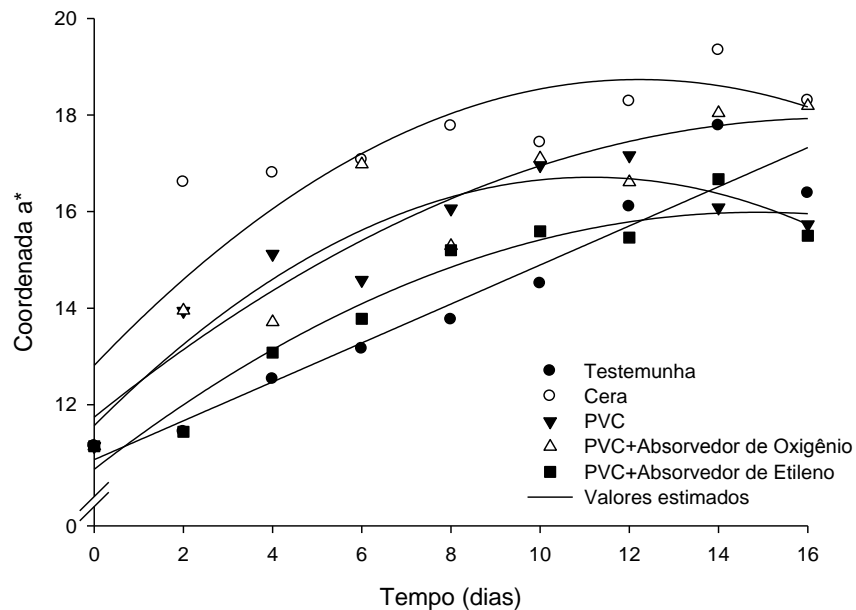


Figura 1.7- Valores observados e estimados da coordenada a^* da polpa dos frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

Como a coordenada a^* define a coloração entre verde e vermelho, é de se esperar que esta coordenada vá se alterar com maior evidência em relação às outras, uma vez que os frutos de manga, iniciam-se com uma coloração amarelo-esverdeado e quando maduros apresentam uma coloração laranja-avermelhado.

As variações da coordenada b^* em função do tempo de armazenamento podem ser observadas pela Figura 1.8.

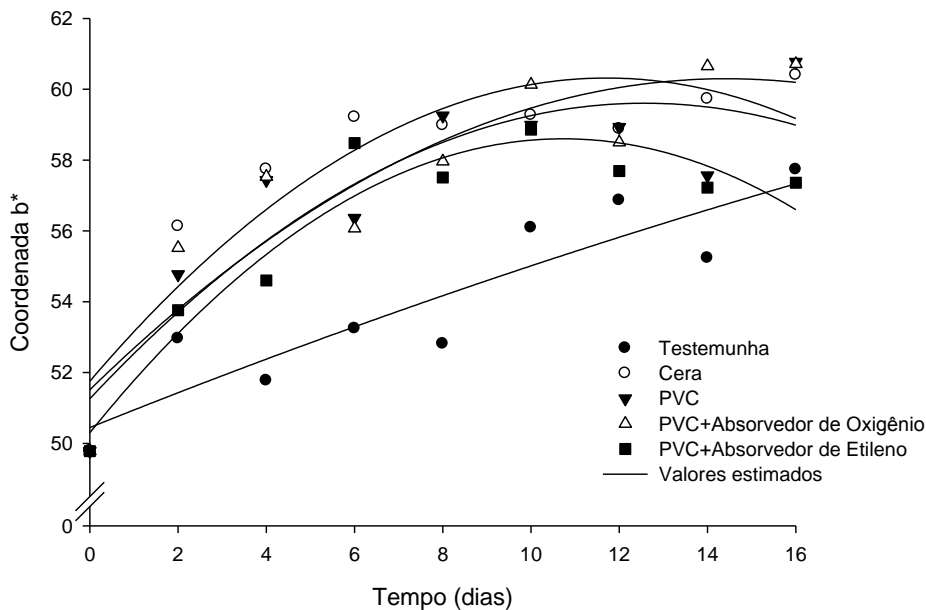


Figura 1.8- Valores observados e estimados da coordenada b^* da polpa dos frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

Observando a Figura 1.8, verifica-se que coordenada b^* apresentou um acréscimo médio de 15,97 % para o lote testemunha enquanto os frutos tratados com cera de carnaúba apresentaram um acréscimo de 22,01 % ao final do armazenamento. Os frutos tratados com filme PVC e PVC + absorvedor de oxigênio tiveram acréscimo médio parecidos, 20,61 % e 21,73 %, respectivamente. Os frutos tratados com PVC + absorvedor de etileno foram os que apresentaram menor acréscimo durante o armazenamento, 15,02 %. Sendo assim quanto menor o acréscimo dos valores desse parâmetro, melhor o poder de conservação do método utilizado, evidenciando que os frutos acondicionados com PVC + absorvedor de etileno foram, para esse parâmetro de avaliação, mais eficientes que os demais tratamentos.

A Tabela 1.8 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais das coordenadas L^* , a^* e b^* , bem como seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 1.8- Equações ajustadas aos valores experimentais das coordenadas L* (L*), a* (a*) e b* (b*) da polpa de manga Tommy Atkins , em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R²).

Tratamento	Equação de regressão	R ²
Testemunha	$\hat{L}^* = 64,1659 - 0,3062 \times t - 0,0006 \times t^2$	0,9119
Cera	$\hat{L}^* = 63,0690 - 0,9448 \times t + 0,0374 \times t^2$	0,8863
PVC	$\hat{L}^* = 63,8703 - 0,7805 \times t + 0,0356 \times t^2$	0,9287
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{L}^* = 63,8064 - 0,8291 \times t + 0,0319 \times t^2$	0,9232
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{L}^* = 64,2274 - 0,5828 \times t + 0,0166 \times t^2$	0,9463
Testemunha	$\hat{a}^* = 10,8623 + 0,4019 \times t + 0,0001 \times t^2$	0,9277
Cera	$\hat{a}^* = 12,8139 + 0,9691 \times t - 0,0397 \times t^2$	0,7848
PVC	$\hat{a}^* = 11,5673 + 0,9232 \times t - 0,0414 \times t^2$	0,9091
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{a}^* = 11,7413 + 0,7439 \times t - 0,0223 \times t^2$	0,8695
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{a}^* = 10,6618 + 0,7158 \times t - 0,0241 \times t^2$	0,9479
Testemunha	$\hat{b}^* = 50,4455 + 0,5006 \times t - 0,0044 \times t^2$	0,8278
Cera	$\hat{b}^* = 51,7532 + 1,4620 \times t - 0,0624 \times t^2$	0,8393
PVC	$\hat{b}^* = 51,2584 + 1,3277 \times t - 0,0528 \times t^2$	0,8213
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{b}^* = 51,5121 + 1,2176 \times t - 0,0422 \times t^2$	0,8461
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{b}^* = 50,2972 + 1,5476 \times t - 0,0721 \times t^2$	0,9203

Todos os parâmetros das equações propostas foram significativos (p< 0,05) e as equações apresentaram elevados coeficientes de determinação, indicando assim que o comportamento durante o armazenamento das variáveis foi bem explicado pelas equações apresentadas.

A Figura 1.9 mostra o comportamento do índice de saturação croma para a coloração da polpa das mangas Tommy Atkins ao longo do armazenamento, na temperatura de 14 °C.

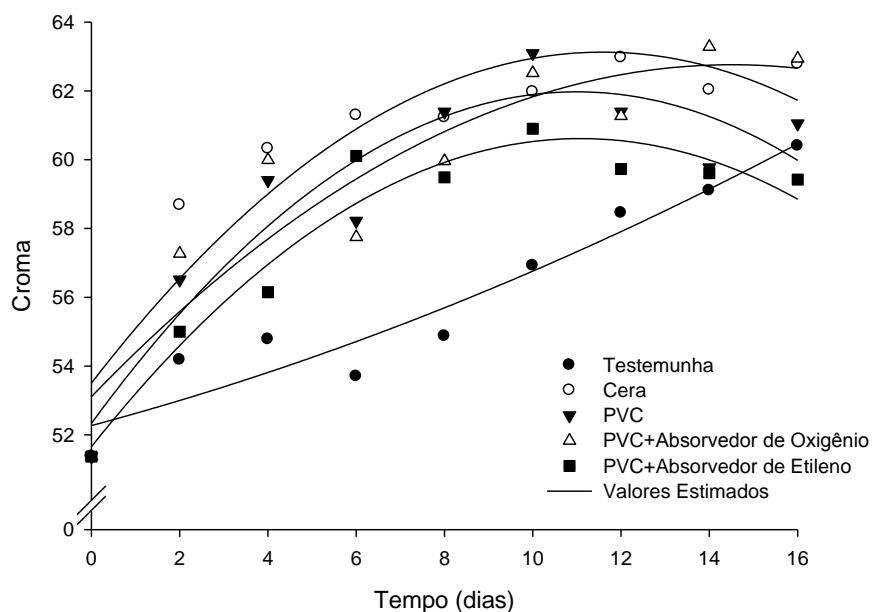


Figura 1.9- Valores observados e estimados do índice colorimétrico croma (C^*) da polpa dos frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

O comportamento deste índice foi de aumento ao longo do armazenamento, indicando um decréscimo da tonalidade da coloração da polpa dos frutos. Assim, o aumento nos valores de croma indica, juntamente com a evolução do ângulo hue, a tendência para o amadurecimento, levando a coloração a se tornar mais homogênea (menor tonalidade e aumento da pureza da cor), fato este esperado. Outros autores, trabalhando com diferentes frutos, também observaram este comportamento (MUSKOVICS *et al.*, 2006; HERNÁNDEZ *et al.*, 2007).

Analisando a Figura 1.9, podemos notar também que o croma da polpa dos frutos teve um comportamento semelhante entre os tratamentos, exceto para o lote testemunha. O croma obteve um aumento de 18,55 % para os frutos tratados com PVC + absorvedor de etileno, enquanto os frutos do lote testemunha tiveram um acréscimo de 17,58 %. Já para os frutos tratados com cera de carnaúba, PVC e PVC + absorvedor de etileno esse aumento foi maior, 22,58 %, 22,81 % e 23,18 %,

respectivamente (Tabela 1.9). Isso indica que ocorreu pouca alteração na coloração da polpa dos frutos, em vista também das pequenas diferenças nos valores de ângulo hue ao longo do armazenamento. Essa resposta corrobora com resultados encontrados por LIMA et al. (2009) e com JHA et al. (2006).

Tabela 1.9- Valores médios dos índices colorimétricos, croma (C*) e ângulo hue da polpa de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à 14 ± 1°C.

Tratamento	Testemunha	cera	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
Tempo (dias)	índice Croma (C*)				
0	51.37a	51.37a	51.37a	51.37a	51.37a
2	54.18b	61.29a	56.51ab	57.24ab	55.00b
4	51.38b	61.23a	59.40a	60.00a	56.15ab
6	54.87b	61.97a	58.22ab	57.75ab	60.12a
8	56.92b	62.97a	61.39ab	59.96ab	59.50ab
10	58.45a	62.03a	63.09a	62.52a	60.901a
12	59.10a	60.32a	61.39a	61.27a	59.73a
14	60.40a	62.78a	59.77a	63.28a	59.61a
16	54.78b	58.68ab	61.05a	62.95a	59.42ab
	ângulo hue (h*)				
0	78.33a	78.33a	78.33a	78.33a	78.33a
2	74.33a	74.30a	75.70ab	75.91ab	78.04b
4	75.92a	74.09a	75.27a	73.58a	76.54a
6	76.25ab	72.85b	75.50ab	76.33a	76.80a
8	76.03a	73.61a	74.84a	75.26a	75.21a
10	73.78a	72.84a	74.41a	74.13a	75.19a
12	74.19a	73.22a	73.78a	72.73a	75.01a
14	72.88a	72.06a	74.40a	73.44a	73.76a
16	74.71a	73.04a	75.07a	74.70a	74.88a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A Figura 1.10 mostra o comportamento do ângulo hue para a coloração da polpa das mangas ao longo do armazenamento, nas temperaturas de armazenamento de 14 °C.

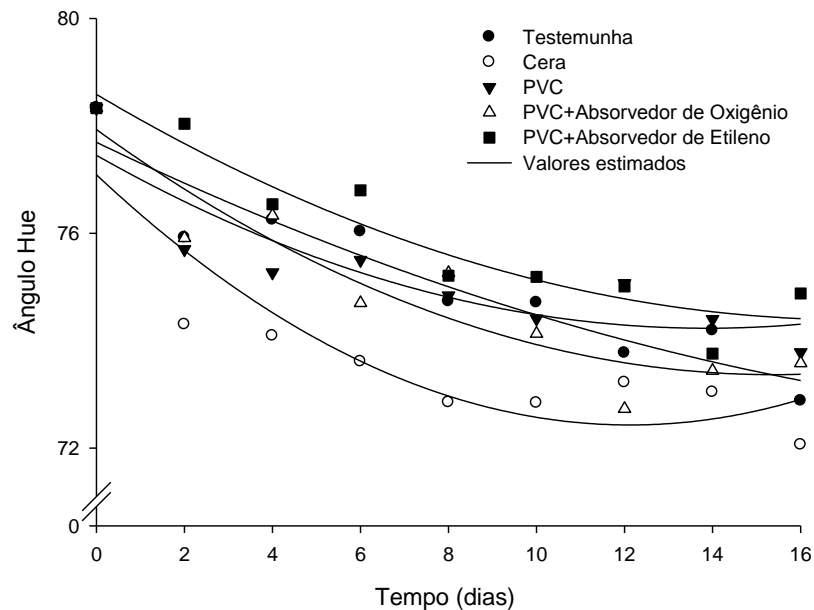


Figura 1.10- Valores observados e estimados do índice colorimétrico ângulo hue (h^*) da polpa de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

Os valores de ângulo hue observados na Figura 1.10 mostram a tendência da coloração da polpa de manga de se alterar do amarelo-esverdeado para o alaranjado. De acordo com FERRER *et al.* (2005), as mudanças na coloração de diversos frutos envolvem a perda de clorofila pela atividade da enzima clorofilase, além da síntese de novos pigmentos, como, por exemplo, os carotenoides e/ou as antocianinas, bem como o desmascaramento de outros pigmentos que foram formados anteriormente durante o desenvolvimento dos frutos. As baixas alterações na coloração da polpa dos frutos também foram observadas por LIMA *et al.* (2007) estudando as alterações dos frutos da mangueira ao longo do armazenamento.

A Tabela 1.10 contém as equações de regressão dos índices colorimétricos analisados, croma (C^*) e ângulo hue, da polpa de manga Tommy Atkins, e seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela 1.10- Equações ajustadas aos valores experimentais dos índices colorimétricos, croma (C^*) e ângulo hue da polpa de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamento	Equação de regressão	R^2
Testemunha	$\hat{C}^* = 52,2698 + 0,3443 \times t + 0,0105 \times t^2$	0,9248
Cera	$\hat{C}^* = 53,5035 + 1,6618 \times t - 0,0717 \times t^2$	0,8594
PVC	$\hat{C}^* = 52,3324 + 1,7535 \times t - 0,0797 \times t^2$	0,8792
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{C}^* = 53,1079 + 1,3301 \times t - 0,0458 \times t^2$	0,8494
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{C}^* = 51,6535 + 1,6170 \times t - 0,0729 \times t^2$	0,9460
Testemunha	$\hat{h}^* = 77,6950 - 0,3955 \times t + 0,0074 \times t^2$	0,8907
Cera	$\hat{h}^* = 77,0904 - 0,7686 \times t + 0,0317 \times t^2$	0,8011
PVC	$\hat{h}^* = 77,4524 - 0,4641 \times t + 0,0167 \times t^2$	0,7867
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{h}^* = 77,9317 - 0,5928 \times t + 0,0192 \times t^2$	0,8813
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{h}^* = 78,5864 - 0,4862 \times t + 0,0141 \times t^2$	0,9091

Para os dois índices, uma variação polinomial de 2ª ordem foi a que melhor representou seus comportamentos. As equações propostas apresentaram níveis satisfatórios de coeficientes de determinação, sendo, portanto aptas para descrever a variação dos índices durante o armazenamento.

A evolução da diferença total de cor para a coloração da polpa das mangas ao longo do armazenamento, está evidenciada na Figura 1.11.

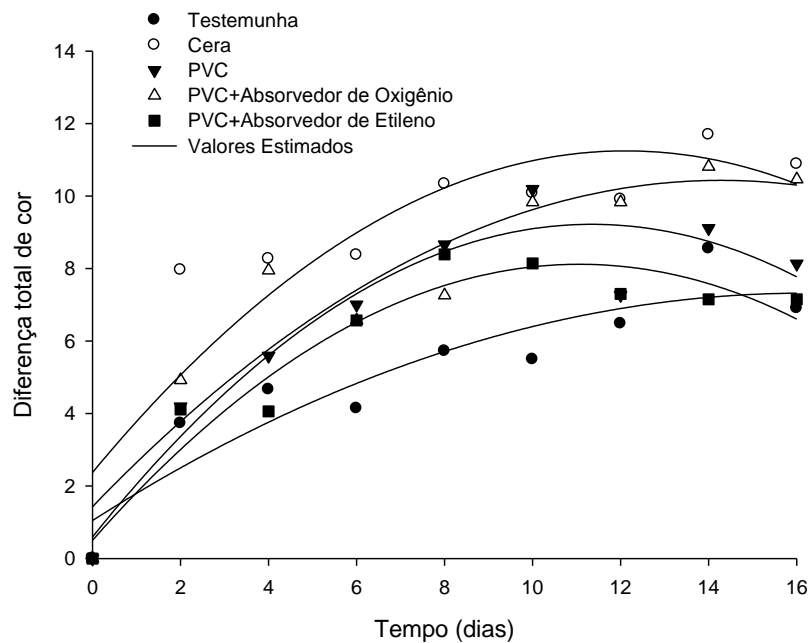


Figura 1.11- Valores observados e estimados da diferença de cor (ΔE) da polpa dos frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

Percebe-se pela Figura 1.11, que os valores de ΔE para os frutos tratados foram sempre maiores que os frutos testemunha, exceto para o 4º e 14º dia, para os frutos tratados com PVC + absorvedor de etileno. Em ambos os tratamentos houve um aumento ao longo do experimento, sendo em média de duas vezes para a polpa dos frutos. Pode-se observar também que a coloração da polpa tende a se estabilizar a partir do 3º dia de análise.

Os resultados das diferenças colorimétricas em relação ao tempo, utilizando-se a média das observações durante o armazenamento de 16 dias, estão apresentados na Tabela 1.11.

Tabela 1.11- Valores médios da diferença de cor (ΔE) da polpa de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tempo (dias)	Testemunha	cera	PVC	PVC+Oxigênio	PVC+Etileno
0	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
2	3.73a	7.96 b	4.19 a	4.92 ab	4.11 a
4	4.66 a	8.27 b	5.59 ab	7.95 b	4.06 a
6	4.14 a	8.37 b	7.00 ab	6.57 ab	6.57 ab
8	5.72 a	10.33 c	8.66 b	7.26 ab	8.39 b
10	5.49 a	10.08 c	10.19 c	9.83 bc	8.14 b
12	6.48 a	9.91 b	7.27 ab	9.83 b	7.30 ab
14	8.55 a	11.69 c	9.11 a	10.81 c	7.15 b
16	6.90 a	10.88 b	8.13 ab	10.46 b	7.15 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A análise de variância da diferença total de cor indicou que a mesma sofreu variações significativas ao longo do tempo de armazenamento pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os frutos do lote testemunha diferiram significativamente dos frutos tratados com cera de carnaúba ao longo de todo o armazenamento. Portanto, independentemente do tratamento aplicado, o desenvolvimento do fruto e as alterações pertinentes a esta transformação, tais como mudanças no sabor, cor, aroma e textura, ocorreram ao longo do tempo.

A tabela 1.12 contém as equações de regressão para a diferença total de cor da polpa dos frutos de manga em função do tempo de armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela 1.12- Equações ajustadas aos valores experimentais da diferença de cor (ΔE) da polpa de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamento	Equação de regressão	R^2
Testemunha	$\Delta \hat{E} = 1,0482 + 0,7733 \times t - 0,0238 \times t^2$	0,8522
Cera	$\Delta \hat{E} = 2,3724 + 1,4650 \times t - 0,0605 \times t^2$	0,8050
PVC	$\Delta \hat{E} = 0,5928 + 1,5203 \times t - 0,0670 \times t^2$	0,9178
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\Delta \hat{E} = 1,4301 + 1,2611 \times t - 0,0442 \times t^2$	0,8814
PVC + Absorvedor de Etileno	$\Delta \hat{E} = 0,5026 + 1,3759 \times t - 0,0622 \times t^2$	0,9279

1.3.2- Armazenamento à 25 °C

1.3.2.1- Determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST)

Com o amadurecimento dos frutos ocorre a transformação das reservas acumuladas durante a formação e o desenvolvimento dos mesmos em açúcares solúveis (CHITARRA e CHITARRA, 2005). O uso de atmosfera modificada através da embalagem, influi na velocidade das reações de hidrólise dos carboidratos em açúcares, que foi lenta e gradativa. O mesmo processo foi verificado por YAMASHITA et al., (2001), na conservação e no amadurecimento de mangas. De acordo com a Tabela 1.13, só houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, entre o lote testemunha e o tratamento com PVC + Absorvedor de etileno no 2º e 16º dia, em relação ao °Brix.

Tabela 1.13- Valores médios de °Brix de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à 25 ± 1°C.

Tratamento	Testemunha	Cera	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
Tempo (dias)					
0	8.8 a	8.8 a	8.8 a	8.8 a	8.8 a
2	12.1 a	11.7 ab	11.3 ab	11.3 ab	10.3 b
4	13.9 a	13.2 a	12.5 a	12.7 a	12.7 a
6	14.0 a	13.7 a	13.4 a	13.2 a	12.7 a
8	13.9 a	14.3 a	13.9 a	13.9 a	13.6 a
10	13.1 a	13.7 a	13.4 a	13.8 a	14.1 a
12	13.9 a	13.8 a	14.0 a	13.3 a	12.9 a
14	12.9 a	13.1 a	13.8 a	12.4 a	13.6 a
16	12.2 b	12.9 ab	12.6 ab	13.2 ab	13.8 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

O teor de sólidos solúveis varia de acordo com a cultivar, sendo que a cultivar 'Tommy Atkins' apresenta aproximadamente 12,0 °Brix no início do amadurecimento (LIMA, 1997). MANICA (2001), descrevendo as principais cultivares de manga no Brasil, constatou que o teor de sólidos solúveis varia de 13,50 a 17,47 °Brix, quando madura.

Com a maturação o teor de Sólidos Solúveis apresenta tendência de aumento, seja por biossíntese, pela degradação de polissacarídeos ou, ainda, pela excessiva perda de água dos frutos (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Este comportamento pode ser observado pela Figura 1.12. Porém a partir do dia 10, houve tendência de decréscimo no teor de sólidos para todos os tratamentos, provavelmente devido ao consumo de enzimas pelo próprio fruto.

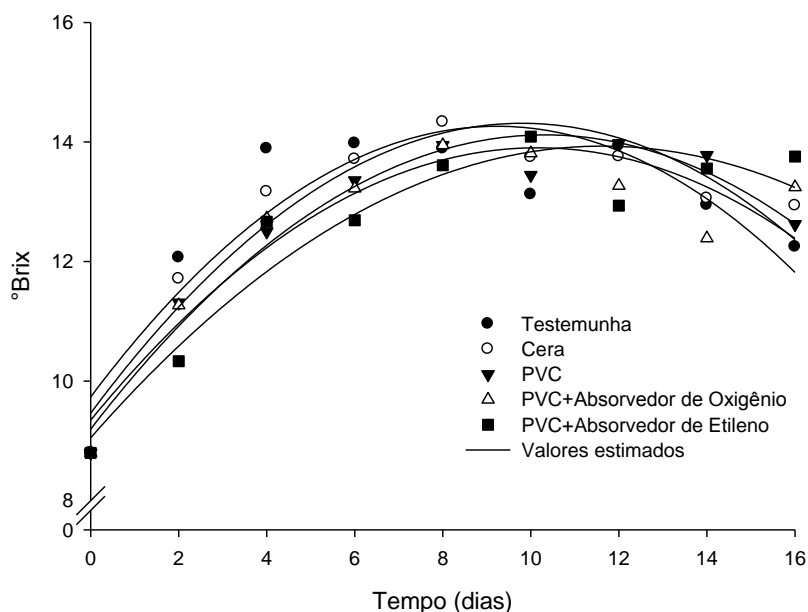


Figura 1.12- Valores observados e estimados de °BRIX de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Através da Tabela 1.14 é possível observar que houve uma boa correspondência entre o valor de °Brix e o tempo de armazenamento pois as equações apresentaram valores satisfatórios para o coeficiente de determinação.

Tabela 1.14- Equações ajustadas aos valores experimentais de °Brix dos frutos de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamento	Equação de regressão	R^2
Testemunha	$\hat{B} = 9,7328 + 0,9820 \times t - 0,0532 \times t^2$	0,8200
Cera	$\hat{B} = 9,4616 + 0,9905 \times t - 0,0506 \times t^2$	0,9158
PVC	$\hat{B} = 9,1956 + 0,9541 \times t - 0,0462 \times t^2$	0,9596
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{B} = 9,3452 + 0,8981 \times t - 0,0442 \times t^2$	0,8838
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{B} = 9,0496 + 0,8396 \times t - 0,0361 \times t^2$	0,9122

1.3.2.2- Determinação do Potencial Hidrogeniônico (pH)

A manga é considerada um fruto ácido, com a maioria das cultivares apresentando valores de pH abaixo de 4,5 (LIMA, 1997). Verificou-se que os tratamentos foram mais efetivos em relação à variação de pH durante os 16 dias (Tabela 1.15). Notou-se que a partir do 10º dia os frutos Testemunha apresentaram pH superior a 5, sendo que esse fato não ocorreu nos demais tratamentos. É possível observar que ao final do experimento (16 dias) os tratamentos PVC, PVC + Oxigênio e PVC + Etileno não diferiram significativamente a 5% de probabilidade, em relação aos valores de pH.

Tabela 1.15- Valores médios de pH de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tratamento	Testemunha	cera	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
Tempo (dias)					
0	3.44 a	3.44 a	3.44 a	3.44 a	3.44 a
2	3.55 a	3.61 a	3.48 a	3.50 a	3.42 a
4	4.06 a	3.75 b	3.61 b	3.68 b	3.62 b
6	4.26 a	4.17 a	3.84 b	3.85 b	3.63 b
8	4.93 a	4.83 a	3.94 b	4.03 b	4.04 b
10	5.18 a	4.76 b	3.99 c	4.02 c	4.01 c
12	5.44 a	4.44 b	4.49 b	3.99 c	3.88 c
14	5.45 a	4.72 b	4.03 c	3.92 c	4.17 c
16	5.59 a	4.85 b	4.39 c	4.29 c	4.10 c

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Segundo MORAIS et al (2002), durante o período de armazenamento dos frutos, espera-se um aumento do pH (Figura 1.13). Isso é melhor observado nos frutos do lote testemunha e nos frutos tratados com cera de carnaúba. ROCHA et al., (2001) e COCOZZA (2003), que trabalharam com a mesma cultivar, encontraram valores próximos a esses.

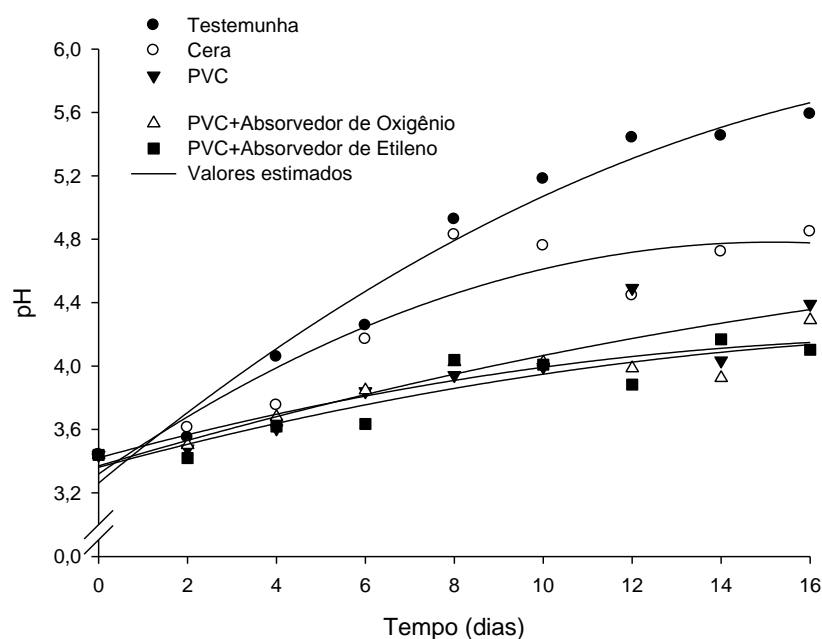


Figura 1.13- Valores observados e estimados de pH de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Nota-se na Tabela 1.16, que as equações que relacionam pH com o tempo de armazenamento apresentaram valores satisfatórios para o coeficiente de determinação, indicando que houve boa correspondência entre os dados observados e estimados pelas equações propostas.

Tabela 1.16- Equações ajustadas aos valores experimentais de potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamento	Equação de regressão	R^2
Testemunha	$p\hat{H} = 3,2620 + 0,2326 \times t - 0,0052 \times t^2$	0,9718
Cera	$p\hat{H} = 3,3192 + 0,1929 \times t - 0,0064 \times t^2$	0,8711
PVC	$p\hat{H} = 3,3701 + 0,0830 \times t - 0,0013 \times t^2$	0,8392
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$p\hat{H} = 3,4209 + 0,0767 \times t - 0,0019 \times t^2$	0,8639
PVC + Absorvedor de Etileno	$p\hat{H} = 3,3615 + 0,0761 \times t - 0,0017 \times t^2$	0,8618

1.3.2.3- Determinação da acidez total titulável (ATT)

Considerando a acidez como um fator de controle do amadurecimento, a aplicação de atmosfera controlada retardou o amadurecimento já que no final do experimento houve diferença significativa se comparado à Testemunha, a 5% de probabilidade, conforme pode ser observado pela Tabela 1.17.

Tabela 1.17- Valores médios de ATT (% de ácido cítrico) de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tratamento	Testemunha	Cera	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
Tempo (dias)					
0	0.26 a	0.26 a	0.26 a	0.26 a	0.26 a
2	0.22 bc	0.20 c	0.25 ab	0.24 bc	0.28 a
4	0.11 c	0.17 b	0.22 a	0.18 b	0.23 a
6	0.07 c	0.08 c	0.13 b	0.14 b	0.21 a
8	0.03 b	0.04 b	0.12 a	0.13 a	0.11 a
10	0.02 b	0.04 b	0.10 a	0.10 a	0.11 a
12	0.02 c	0.06 b	0.06 bc	0.11 a	0.12 a
14	0.02 b	0.04 b	0.10 a	0.10 a	0.12 a
16	0.02 c	0.04 bc	0.06 ab	0.07 ab	0.09 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

SALLES e TAVARES (1999), relatam que a diminuição da acidez está associada ao consumo de ácidos no processo respiratório, em decorrência da maturação, fato que pode ser observado pela Figura 1.14. Resultados parecidos foram encontrados por OLIVEIRA (2005). Sendo assim, quanto maior a acidez total titulável, melhor foi o tratamento aplicado aos frutos de manga Tommy Atkins, confirmando assim que os frutos tratados pós colheita tiveram melhores respostas em inibir o amadurecimento destes, principalmente para os frutos tratados com PVC + absorvedor de etileno, onde o decréscimo da acidez total titulável foi menor.

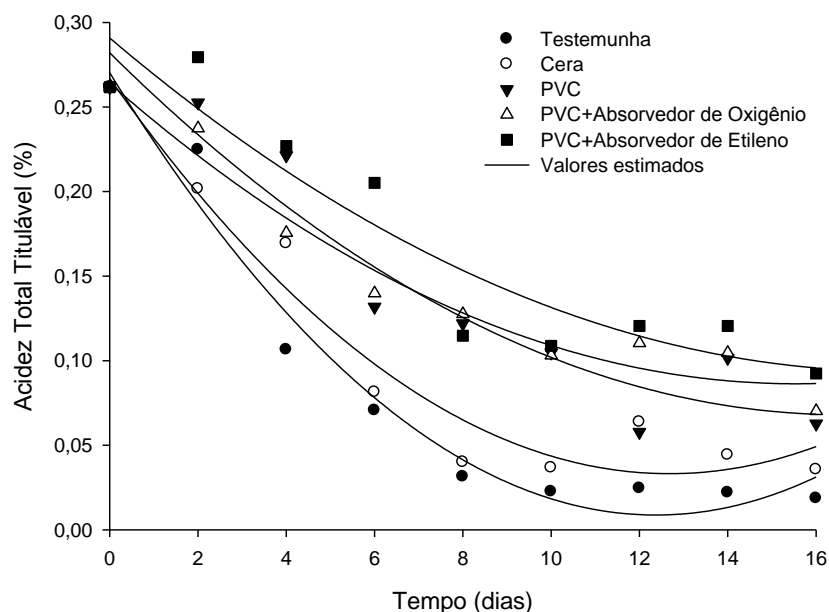


Figura 1.14- Valores observados e estimados de ATT (% de ácido cítrico) de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Abaixo encontram-se as equações de acidez titulável em função do tempo de armazenamento (Tabela 1.18).

Tabela 1.18- Equações ajustadas aos valores experimentais de ATT (% de ácido cítrico) dos frutos de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamento	Equação de regressão	R^2
Testemunha	$\hat{A}T^* = 0,2703 - 0,0423 \times t + 0,0017 \times t^2$	0,9680
Cera	$\hat{A}T^* = 0,2669 - 0,0369 \times t + 0,0015 \times t^2$	0,9507
PVC	$\hat{A}T^* = 0,2820 - 0,0258 \times t + 0,0008 \times t^2$	0,9236
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{A}T^* = 0,2640 - 0,0229 \times t + 0,0007 \times t^2$	0,9607
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{A}T^* = 0,2908 - 0,0222 \times t + 0,0006 \times t^2$	0,8830

1.3.2.4- Evolução da cor da polpa das mangas

A manga está incluída no grupo de frutos climatérios, em que seu amadurecimento ocorre mesmo após a sua colheita. Assim, a alteração na coloração da polpa dos frutos de manga se torna um importante avaliador não-destrutivo do estado de amadurecimento dos mesmos. A Tabela 1.19 apresenta os resultados obtidos para as coordenadas L*, a* e b* fornecidas pelo colorímetro.

Tabela 1.19- Valores médios das coordenadas L*, a* e b* da polpa de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à 25 ± 1°C.

Tratamento	Testemunha	cera	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
Tempo (dias)					
Coordenada L*					
0	64.82 a	64.82 a	64.82 a	64.82 a	64.82 a
2	62.04 b	35.62 c	63.87 ab	63.62 ab	64.93 a
4	57.29 b	60.44 a	62.72 a	61.79 a	62.08 a
6	58.66 b	58.14 b	60.25 ab	61.94 a	62.84 a
8	55.64 b	55.84 b	59.40 a	59.02 a	59.51 a
10	53.81 b	55.56 b	59.84 a	59.96 a	58.96 a
12	53.82 c	57.96 b	58.26 b	61.24 a	59.04 ab
14	53.28 c	56.66 b	58.63 ab	60.51 a	59.09 ab
16	53.03 a	56.88 b	58.33 b	60.19 b	60.49 b
Coordenada a*					
0	9.10 a	9.10 a	9.10 a	9.10 a	9.10 a
2	13.21 a	8.11 b	10.07 ab	10.94 ab	7.98 b
4	19.16 a	14.58 b	10.9 b	13.20 b	12.86 b
6	19.00 a	16.49 ab	14.35 bc	12.42 bc	11.52 c
8	22.19 a	19.19 ab	13.70 c	15.48 bc	14.35 c
10	23.31 a	19.15 ab	12.36 c	14.25 c	15.42 bc
12	22.72 a	17.53 b	17.23 b	13.70 b	15.04 b
14	22.74 a	17.51 b	15.10 bc	12.85 c	15.04 bc
16	21.45 a	16.73 b	14.90 b	13.97 b	13.03 b
Coordenada b*					
0	48.67 a	48.67 a	48.67 a	48.67 a	48.67 a
2	54.13 a	37.00 c	51.39 ab	52.16 ab	48.35 b

4	57.52 a	55.16 a	52.85 a	54.47 a	53.96 a
6	56.18 a	57.18 a	54.97 a	53.88 a	53.45 a
8	56.79 a	59.21 a	55.27 a	57.65 a	55.21 a
10	57.48 a	56.96 a	51.03 b	56.06 ab	57.32 a
12	58.04 a	55.96 a	56.97 a	54.62 a	57.60 a
14	57.29 a	57.12 a	56.77 a	54.91 a	57.29 a
16	55.89 a	56.59 a	56.17 a	53.27 a	52.43 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A luminosidade representa o brilho da superfície ou a quantidade de preto. Na manga 'Tommy Atkins', houve variação estatisticamente significativa da luminosidade da polpa durante o período estudado entre a testemunha e os tratamentos. A variação da luminosidade dos frutos de manga, ao longo do tempo de armazenagem, está apresentada na Figura 1.15.

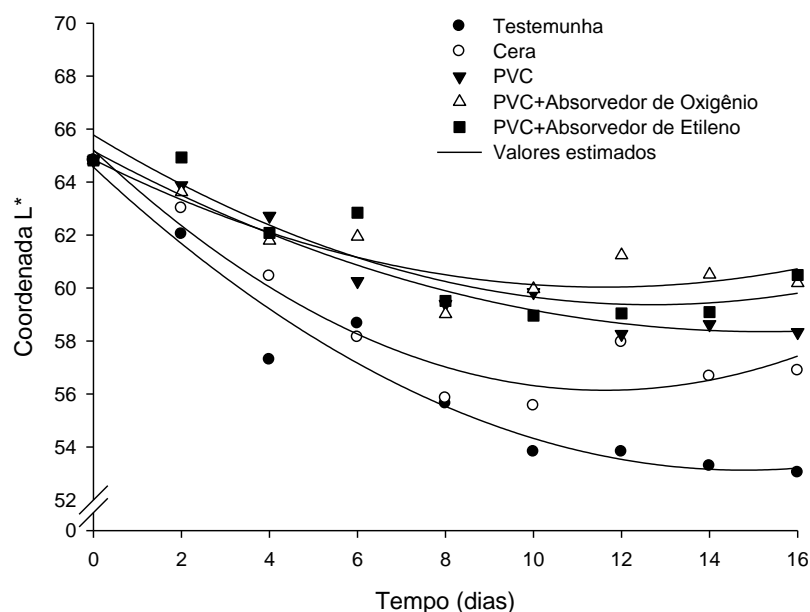


Figura 1.15- Valores observados e estimados da coordenada L* da polpa dos frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnáúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Em muitos frutos, a luminosidade é a característica da cor da polpa que varia mais significativamente durante o amadurecimento. É o que ocorre, por exemplo, nas mangas 'Lippens' e 'Smith', que reduz a luminosidade com o avanço da maturação,

conforme observado por MARIN e CANO (1992), embora cultivares como Tommy Atkins desenvolvam uma cor laranja intensa do mesocarpo, tornando o croma uma variação mais significativa (MITCHAM e McDONALD, 1992), o que pode ser constatado neste trabalho. LIMA et al., (2009), trabalhando com manga Tommy Atkins, verificou que a luminosidade decresceu com o tempo de armazenamento.

A evolução da coloração da polpa dos frutos de manga Tommy Atkins, através do estudo da coordenada a^* , está apresentada na Figura 1.16. A coordenada a^* apresentou um acréscimo de 156,15 % no 10º dia para os frutos testemunha enquanto para os tratamentos PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedor de Etileno a média foi de 76,00 %. Este aumento está diretamente relacionado ao amadurecimento dos frutos, comprovando que o uso da atmosfera modificada é favorável para retardar esse amadurecimento.

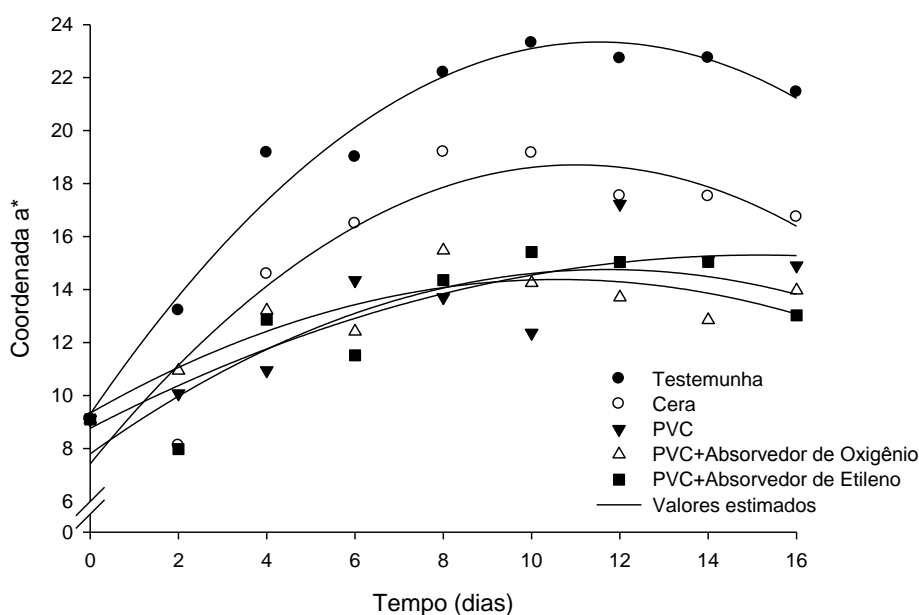


Figura 1.16- Valores observados e estimados da coordenadas a^* , da polpa dos frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Assim como a coordenada a^* , a coordenada b^* aumentou rapidamente no início das análises. Este fato pode ser comprovado pela Figura 1.17, que demonstra as alterações nesta coordenada ao longo do armazenamento dos frutos de manga armazenados a 25°C . Os valores da coordenada b^* , responsável pela coloração entre

amarela e azul, aumentaram em 19,25 % para os frutos testemunha. Observando a Figura 1.16, nota-se que inicialmente os valores desta coordenada foram maiores em relação entre o 8º e 12º dia de armazenamento. Este pico pode ser devido ao fato de um amadurecimento mais avançado, ocorre um aumento da concentração de carotenóides responsáveis pela coloração amarelada nos frutos (FRASER et al., 1994). Posteriormente, com a continuidade do amadurecimento através da síntese do β -caroteno (coloração laranja), esta coordenada demonstra o decaimento esperado.

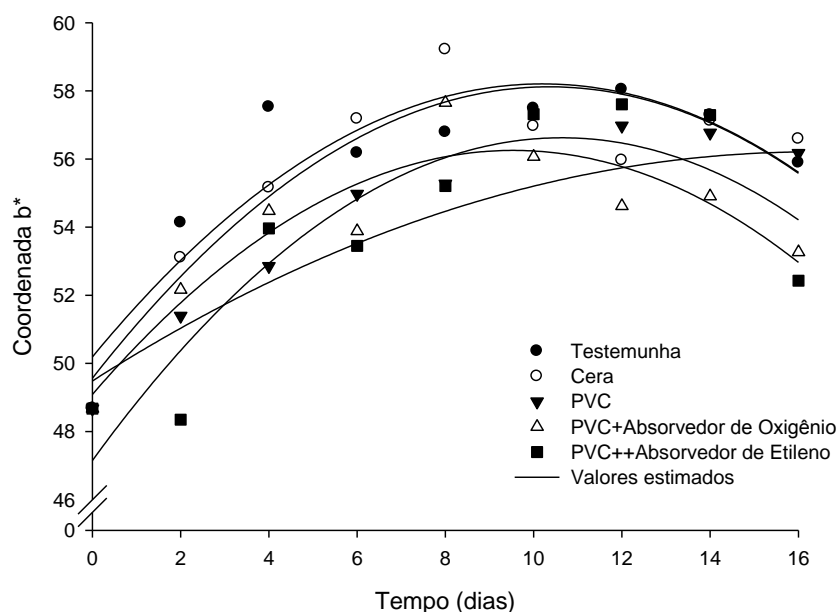


Figura 1.17- Valores observados e estimados da coordenada b^* da polpa dos frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

A Tabela 1.20 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de variação das coordenadas L^* , a^* e b^* ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 1.20- Equações ajustadas aos valores experimentais das coordenadas L* (L*), a* (a*) e b* (b*) da polpa de manga Tommy Atkins , em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R²).

Tratamento	Equação de regressão	R ²
Testemunha	$\hat{L}^* = 64,5655 - 1,5473 \times t + 0,0523 \times t^2$	0,9537
Cera	$\hat{L}^* = 65,2111 - 1,5613 \times t + 0,0672 \times t^2$	0,9260
PVC	$\hat{L}^* = 65,1754 - 0,8944 \times t + 0,0293 \times t^2$	0,9600
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{L}^* = 64,8531 - 0,8304 \times t + 0,0358 \times t^2$	0,8223
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{L}^* = 65,7790 - 1,0099 \times t + 0,0398 \times t^2$	0,8613
Testemunha	$\hat{a}^* = 9,2947 + 2,4391 \times t - 0,1059 \times t^2$	0,9726
Cera	$\hat{a}^* = 7,4166 + 2,0501 \times t - 0,0931 \times t^2$	0,8827
PVC	$\hat{a}^* = 8,7619 + 0,8629 \times t - 0,0285 \times t^2$	0,7749
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{a}^* = 9,3336 + 0,9517 \times t - 0,0449 \times t^2$	0,7969
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{a}^* = 7,7964 + 1,1890 \times t - 0,0508 \times t^2$	0,8065
Testemunha	$\hat{b}^* = 50,1889 + 1,5718 \times t - 0,0771 \times t^2$	0,8389
Cera	$\hat{b}^* = 49,5654 + 1,6518 \times t - 0,0797 \times t^2$	0,8675
PVC	$\hat{b}^* = 49,4840 + 0,8248 \times t - 0,0253 \times t^2$	0,6629
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{b}^* = 49,0873 + 1,5025 \times t - 0,0788 \times t^2$	0,8703
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{b}^* = 47,1491 + 1,7814 \times t - 0,0837 \times t^2$	0,8214

Nota-se, pela significância dos parâmetros das equações ajustadas e pelos altos valores do coeficiente de determinação, que houve uma boa correspondência entre o período de armazenamento e os valores das coordenadas L*, a* e b* (Tabela 1.20) em todos os tratamentos, com exceção para o tratamento PVC. No entanto, uma cor específica só é inteiramente definida quando o componente acromático (L*) é

mensurado conjuntamente com os componentes cromáticos (a^* e b^*). Ademais, SHEWFELT (1993) explica que a percepção da coloração pelos seres humanos é obtida em termos de luminosidade, ângulo hue e croma. Desta forma, calcularam-se também os índices croma (C^*) (Figura 1.18) e ângulo hue (h^*) (Figura 1.19).

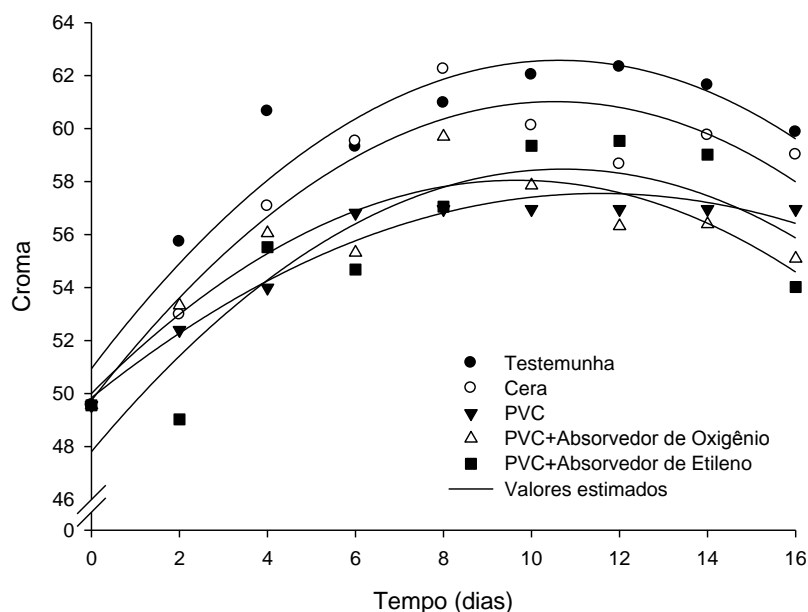


Figura 1.18- Valores observados e estimados do índice colorimétrico croma (C^*) da polpa dos frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

O índice colorimétrico croma aumentou gradativamente durante o tempo de armazenamento, sendo que houve diferenças significativas entre a testemunha e os demais tratamentos ($p < 0,05$) no 2º, 4º e 10º dia de armazenamento (Tabela 1.21). O tratamento também promoveu diferenças a 5 % pelo teste de Tukey para o ângulo hue, este decrescendo ao longo do tempo de armazenagem. O ângulo hue tendeu a decrescer com o tempo de armazenamento dos frutos de manga, sendo que este comportamento sugere a alteração da coloração da polpa dos frutos de manga de verde (amarelo esverdeado) para amarelo (laranja) (Figura 1.19). MORAIS (2002) também registrou aumento no valor do croma e redução no ângulo Hue (passagem do verde para o amarelo) em mangas 'Tommy Atkins'.

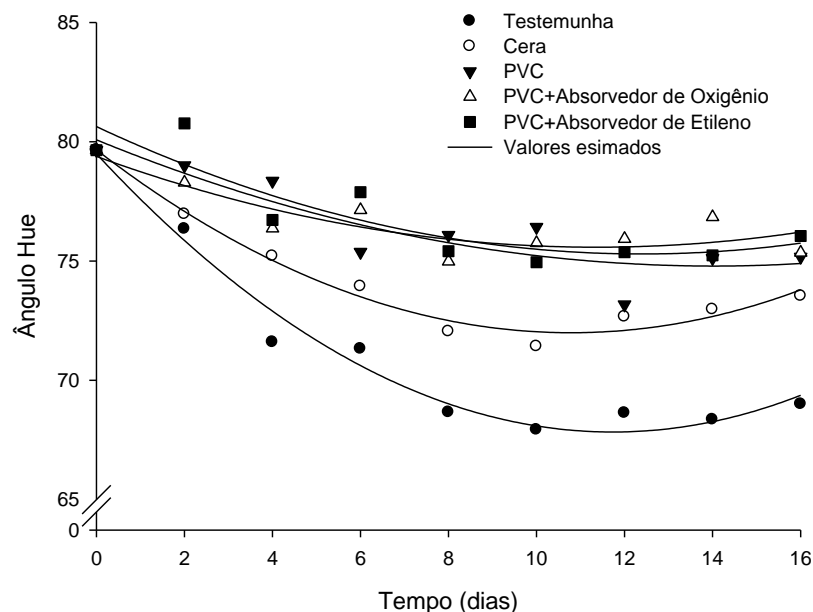


Figura 1.19- Valores observados e estimados do índice colorimétrico ângulo hue (h^*) da polpa dos frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

O aumento nos valores de croma indica, juntamente com a evolução do ângulo hue, a tendência para o amadurecimento, levando a coloração a se tornar mais homogênea (menor tonalidade e aumento da pureza da cor), fato este esperado. O estudo da coloração de frutos, através da análise dos componentes L^* (luminosidade) e de a^* e b^* que juntos resultam no valor de c^* (croma), é uma maneira de quantificar a característica cor.

Tabela 1.21- Valores médios dos índices colorimétricos, croma (C^*) e ângulo hue da polpa de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tratamento	Testemunha	cera	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
Tempo (dias)	índice Croma (C^*)				
0	49.56 a	49.56 a	49.56 a	49.56 a	49.56 a
2	55.73 a	38.94 c	52.39 ab	53.33 ab	49.03 b
4	60.65 a	57.07 ab	53.99 b	56.06 ab	55.52 ab

6	59.31 a	59.52 a	56.82 a	55.32 a	54.68 a
8	60.97 a	62.25 a	56.96 a	59.70 a	57.06 a
10	62.03 a	60.11 a	52.52 b	57.85 ab	59.35 a
12	62.33 a	58.66 a	59.53 a	56.32 a	59.54 a
14	61.64 a	59.75 a	58.75 a	56.39 a	59.02 a
16	59.87 a	59.01 a	58.14 a	55.09 a	54.02 a
ângulo hue (h*)					
0	79.65 a	79.65 a	79.65 a	79.65 a	79.65 a
2	76.34 b	64.41 c	79.01 ab	78.29 ab	80.77 a
4	71.60 b	75.20 ab	78.36 a	76.37 a	76.72 a
6	71.32 b	73.94 ab	75.37 ab	77.13 a	77.88 a
8	68.65 b	72.04 ab	76.08 a	74.98 a	75.41 a
10	67.92 c	71.42 bc	76.42 a	75.75 ab	74.95 ab
12	68.62 b	72.66 ab	73.17 a	75.93 a	75.37 a
14	68.35 b	72.97 a	75.12 a	76.84 a	75.24 a
16	69.00 b	73.53 a	75.17 a	75.35 a	76.05 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A Tabela 1.22 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de variação dos índices colorimétricos croma e ângulo hue ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 1.22- Equações ajustadas aos valores experimentais dos índices colorimétricos, croma (C^*) e ângulo hue da polpa de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamento	Equação de regressão	R^2
Testemunha	$\hat{C}^* = 50,9402 + 2,1892 \times t - 0,1030 \times t^2$	0,9113
Cera	$\hat{C}^* = 49,7371 + 2,1411 \times t - 0,1016 \times t^2$	0,9132
PVC	$\hat{C}^* = 49,8387 + 1,3337 \times t - 0,0576 \times t^2$	0,9630
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{C}^* = 50,0001 + 1,6663 \times t - 0,0862 \times t^2$	0,8647
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{C}^* = 47,8018 + 1,9921 \times t - 0,0930 \times t^2$	0,8250

Testemunha	$\hat{h}^* = 79,4966 - 1,9878 \times t + 0,0847 \times t^2$	0,9751
Cera	$\hat{h}^* = 79,6619 - 1,4223 \times t + 0,0659 \times t^2$	0,9764
PVC	$\hat{h}^* = 80,0806 - 0,7546 \times t + 0,0269 \times t^2$	0,8032
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{h}^* = 79,3852 - 0,6697 \times t + 0,0295 \times t^2$	0,7702
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{h}^* = 80,6348 - 0,8619 \times t + 0,0348 \times t^2$	0,8003

A variação dos índices colorimétricos para os diferentes tratamentos ao longo do tempo de armazenamento foi bem representada pelas equações de regressão exponencial, apresentando elevados valores de coeficiente de determinação (> 77,02 % para o ângulo hue e > 82,50 % para o croma).

A Figura 1.20 mostra o comportamento da diferença total de cor da polpa de manga em função do tempo de armazenamento.

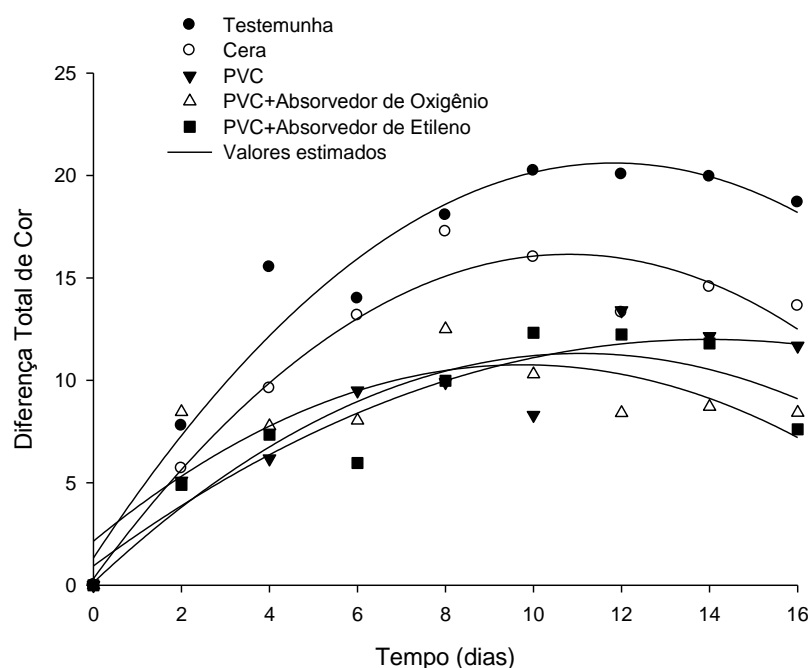


Figura 1.20- Valores observados e estimados da diferença de cor (ΔE) da polpa dos frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Percebe-se que a diferença total da cor da polpa de manga, aumentou até o 12º dia, onde houve um decréscimo em todos os tratamentos. Observa-se também que quanto menor a variação total da cor, melhor o método de conservação dos frutos de manga Tommy Atkins. Assim, podemos afirmar que os frutos armazenados sob atmosfera modificada retardaram o amadurecimento dos mesmos. E que, os frutos tratados com PVC, PVC + absorvedor de oxigênio e PVC + absorvedor de etileno foram mais efetivos que os frutos tratados com cera de carnaúba.

Os resultados das diferenças colorimétricas em relação ao tempo, estão apresentados na Tabela 1.23.

Tabela 1.23- Valores médios da diferença de cor (ΔE) da polpa de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tratamento	Testemunha	cera	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
Tempo (dias)		Diferença da cor (ΔE)			
0	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
2	7.78 b	4.40 a	5.09 b	8.46 b	4.90 b
4	15.52 a	9.61 a	6.18 a	7.76 a	7.35 a
6	13.99 a	13.16 a	9.49 a	8.04 a	5.97 a
8	18.06 a	17.25 a	9.91 a	12.50 a	9.98 a
10	20.23 a	16.01 a	8.30 a	10.30 a	12.32 a
12	20.05 a	13.31 a	13.41 a	8.40 a	12.24 a
14	19.94 a	14.55 a	12.15 a	8.71 a	11.80 a
16	18.68 a	13.63 a	11.68 a	8.42 a	7.61 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Analisando a Tabela 1.23 observa-se que, estatisticamente, só houve diferença no 2º dia, entre os frutos tratados com cera de carnaúba e os demais tratamentos. Observa-se também que, a velocidade de alteração da coloração dos frutos de manga, para todas as variáveis analisadas, foi maior para os frutos testemunha. A diferença total de cor sofreu variações significativas durante a armazenagem.

A Tabela 1.24 contém as equações de regressão para a diferença total de cor da periderme dos frutos de manga Tommy Atkins em função do tempo de armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela 1.24- Equações ajustadas aos valores experimentais da diferença de cor (ΔE) da polpa de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamento	Equação de regressão	R^2
Testemunha	$\Delta \hat{E} = 1,3287 + 3,2631 \times t - 0,1381 \times t^2$	0,9529
Cera	$\Delta \hat{E} = 0,3208 + 2,9300 \times t - 0,1356 \times t^2$	0,9453
PVC	$\Delta \hat{E} = 0,9392 + 1,5837 \times t - 0,0567 \times t^2$	0,8989
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\Delta \hat{E} = 2,1480 + 1,7675 \times t - 0,0907 \times t^2$	0,7128
PVC + Absorvedor de Etileno	$\Delta \hat{E} = 0,1290 + 2,0201 \times t - 0,0912 \times t^2$	0,8535

As equações ajustadas aos valores experimentais da diferença total de cor da polpa da manga com o tempo de armazenamento foi bem representada pelas equações de regressão polinomial de segunda ordem, apresentando elevados valores de coeficiente de determinação ($>0,71$).

1.4- CONCLUSÕES

As alterações fisiológicas que ocorrem nos frutos climatéricos após a colheita amadurecem os frutos, sendo este fato correlacionado com as propriedades físico-químicas e com a coloração da polpa dos frutos. Com base nos resultados obtidos e nas condições em que foram realizados os experimentos, conclui-se que:

1- O teor de sólidos solúveis totais aumentou no decorrer da maturação dos frutos em ambas as temperaturas, sendo constatado um decréscimo a partir do 14º dia para os frutos armazenados à 25 °C.

2- O pH dos frutos que foram submetidos a tratamento pós colheita e armazenados na temperatura de 14 °C, sofreram menor variação quando comparados com os frutos armazenados na temperatura de 25 °C.

3- A acidez total titulável total apresentou um decréscimo durante o armazenamento em ambas temperaturas. Sendo que os frutos armazenados sob atmosfera modificada, esse decréscimo foi menor quando comparado com o lote testemunha. Na medida que a acidez diminui o pH aumenta e vice versa;

4- O amadurecimento dos frutos de manga Tommy Atkins pôde ser analisado por meio da cor da polpa avaliada pela escala de Hunter (L*, a* e b*), variando seus valores durante o armazenamento.

5- O croma, o ângulo hue e a diferença total de cor variaram ao longo do armazenamento dos frutos da manga Tommy, sendo que para a temperatura de 25 °C estes índices tiveram maiores variações em seus valores em relação aos frutos armazenados.

6- Verificou-se que, a partir da análise colorimétricas que os frutos tratados com PVC, PVC + absorvedor de oxigênio e PVC + absorvedor de etileno quando comparados com os frutos tratados com cera de carnaúba, foram mais eficientes em retardar o amadurecimento dos frutos, independente da temperatura estudada. E entre os tratamentos, os frutos tratados com PVC + absorvedor de etileno foram os que conservaram de forma mais apropriada os frutos ao longo do armazenamento.

1.5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R.E. **Qualidade de acerolas submetidas a diferentes condições de congelamento, armazenamento e aplicação pós-colheita de cálcio**. 1999.135p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17thed. Washington: AOAC. 2002.

ARAÚJO, N. M.; GUSMÃO, M. T. A.; ROCHA, M. M. B.; SERRÃO, B. O. **Revista Ciências Agrárias**, n. 51, p.9-24, 2009.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita**. São Paulo: Nobel, 1993. 113 p.

AZEREDO, H. M. C. de. Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados: potencial da aplicação. **Boletim do CEPPA**. Curitiba, v. 21, n.2, 2003.

CHITARRA, A. B.; PRADO, M. E. T. Utilização de atmosfera modificada e controlada em frutos e hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE, p. 13-15, 23-25, 40-42, 2002.

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

COCOZZA, F.D.M. Maturação e conservação de manga 'Tommy Atkins' submetida à aplicação póscolheita de 1-metilciclopropeno. 2003. 175f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CRUZ, J. N. Estudo de tratamentos fitossanitários na manga (*mangífera indica* L.) para exportação. **Dissertação**. IPEN, USP. 2010.

FERRER, A., REMÓN, S., NEGUERUELA, A.I.; ORIA, R. 2005. Changes during the ripening of the very late season Spanish peach cultivar Calanda Feasibility of using CIELAB coordinates as maturity indices. **Scientia Horticulturae** 105: 435–446.

FRASER, P.D.; TRUESDALE, M.R.; BIRD, C.R.; SCHUCH, W.; BRAMLEY, P.M. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. **Plant Physiology**, v. 105, p. 405 – 413, 1994.

GENNADIOS, A.; WELLER, C. Edible Films and Coatings from Wheat and Corn Proteins. **Food Technology**. v. 44, n. 10, p.63-69, 1990.

HERNÁNDEZ, M. S.; MARTÍNEZ, M. S.; FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J. P. Behavior of arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) fruit quality traits during growth, development and ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 111, p. 220–227, 2007.

Hiluey L. J.; Gomes J. P.; Almeida, F. A. C.; Silva, M. S.; Hofsky, A. V. Avaliação do rendimento do fruto, cor da casca e polpa de manga tipo espada sob atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.2, p.151-157, 2005.

HILUEY, L.J.; GOMES, J.P.; ALMEIDA, F. de A.C.; SILVA, M.S.; ALEXANDRE, H.V. Avaliação do rendimento do fruto, cor da casca e polpa de manga tipo espada sob atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.7, p.151-157, 2005.

HOJO, E. T. D.; ABREU, C. M. P.; HOJO, R. H.; ASMAR, S. A.; CUNHA JUNIOR, L. C.; CORREA, A. D. Firmeza de mangas Palmer tratadas com 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1878-1883, 2007.

HULME, A.C. The mango. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. New York: Academic Press, v.2, cap.6, p.233-254, 1971.

JAGTIANI, J.; CHAN JR, H. T.; SAKAI, W. S. **Tropical fruit processing**. San Diego. (Food Science and Technology). 1988. 184p.

JERONIMO, E. M.; KANESIRO, M. A. B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas 'Palmer'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.22, n.2, p.237-243, 2000.

JERONIMO, E.M. et al. **Qualidade de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob atmosfera modificada**. Ciência e Agrotecnologia, v.31, n.4, p. 237- 243, 2007.

JHA, S. N.; KINGSLEY, A. R. P.; CHOPRA, S. Physical and mechanical properties of mango during growth and storage for determination of maturity. **Journal of Food Engineering**, Davis, v. 72, n. 1, p. 73-76, 2006.

KADER, A. (Ed.) **Postharvest technology of horticultural crops**. 3rd ed. Riverside: UC Regents, 2002. 535p.

KANESIRO, M.A.B; JERONIMO, E.M.; PARO, R.M.; MARQUES, M.O.; BERTINI, E.F.; TOSTES, D.R.D. Efeito de embalagem no armazenamento refrigerado de manga (*Mangifera indica*, L). In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 1995, Campinas. *Anais...* Campinas: FEA, 1995. p.94.

KAYS, J. S. **Postharvest physiology of perishables plant products**. New York: AVI., 1991. 543p.

LIMA, L. C. de O. Tecido esponjoso em manga 'Tommy Atkins': **Transformações químicas e bioquímicas no mesocarpo durante o armazenamento**. 151 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) -Universidade Federal de Lavras, Lavras. 1997.

LIMA, L.C.; DIAS, M.S.C.; CASTRO, M.V. de.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; SILVA. E. de B. Controle da antracnose e qualidade de mangas (*Mangifera indica*, L.) cv. Haden, após tratamento hidrotérmico e armazenamento refrigerado em atmosfera modificada. **Ciência agrotec.**,v. 31, n. 2, p. 298-304, 2007.

LIMA, M. A. C.; Silva, A. L.; Azevedo, S. S. N. Evolução de indicadores do ponto de colheita em Manga 'Tommy Atkins' durante o crescimento e a maturação nas

condições do Vale do São Francisco, Brasil. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 432-439, 2009.

LUCENA, E. M. P. de; ASSIS, J. S. de; ALVES, R. E.; SILVA, V. C. M. da; ENÉAS FILHO, J. Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas 'Tommy Atkins' no Vale do São Francisco, Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 96-101, 2007.

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; MALAVOLTA, E.; RAMOS, V. H. V.; OLIVEIRA Jr., M. E. de; CUNHA, M. M. da; JUNQUEIRA, N. T. V. **Manga: tecnologia, produção, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. 617p.

MARIN, M. A.; CANO, M. P. Patterns of peroxidase in ripening mango (*Mangifera indica*, L.) fruits. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 3, p. 690-692, 1992.

MEDLICOTT, A. P.; REYNOLDS, S. B. Harvest maturity effects on mango fruit ripening. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v.65, n.2, p.153-157, 1988.

MEDLICOTT, A.P.; SIGRIST, J.M.M.; REYNOLDS, S.B.; THOMPSON, A.K. Effects of ethylene and acetylene on mango fruit ripening. **Annual Applied Biology**, Harpenden, v.111, p.439-444, 1987.

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

MORAIS, P. L. D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; PINHO, J. L. N.; ALVES, R. E. **Ponto de colheita ideal de mangas 'Tommy Atkins' destinadas ao mercado Europeu**. Revista Brasileira de Fruticultura, v.24, n.3, p.671-675, dez. 2002.

MORAIS, P. L. D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; PINHO, J. L. N.; ALVES, R. E. **Ponto de colheita ideal de mangas 'Tommy Atkins' destinadas ao mercado Europeu**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.24, n.3, p.671-675, dez. 2002.

MOTA, W.F. et al. Uso de cera de carnaúba e saco plástico poliolefínico na conservação pós-colheita do maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.2, p.190-193, 2006.

MUSKOVICS, G., FELFÖLDI, J., KOVÁCS, E., PERLAKI, R., and KÁLLAY, T. Changes in physical properties during fruit ripening of Hungarian sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 40, p. 56–63, 2006.

OLIVEIRA, M. N. **Aplicação de biofilmes em pré-colheita para o controle da injúria provocada pelo látex em frutos de *Mangifera Indica* L.** Universidade Federal de Alagoas, Dissertação de Mestrado, UFAL, 2005.

ROCHA, R. H. C.; MENEZES, J. B.; MORAIS, E. A.; SILVA, G. G.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; ALVES, M. Z. Uso do índice de degradação de amido na determinação da

maturidade da manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p.302-305, 2001.

SALLES, J. R. J.; TAVARES, J. C. **Vida útil pós-colheita de manga cv. Tommy Atkins: influência da temperatura e estágio de maturação**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.21, n.2, p.171-176, 1999.

SHEWFELT, R.L. Measuring quality and maturity. Em: SHEWFELT, R.L.; PRUSSIA, S.E. (Eds.) **Postharvest handling: a systems approach**. New York, Academic Press, p. 99 – 124, 1993.

SIGRIST, J.M.M. **Respiração. Transpiração**. In: *Tecnologia pós-colheita de frutas tropicais*. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1992. p.19-32.

SOUSA, J. P. et al. Influência do armazenamento refrigerado em associação com atmosfera modificada por filmes plásticos na qualidade de mangas 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, p. 665-668, 2002.

YAMASHITA, F.; TONZAR, A. C.; FERNANDES, J. G.; MORIYA, S.; BENASSI, M. T. Embalagem individual de mangas cv. Tommy Atkins em filme plástico: efeito sobre a vida de prateleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, n.23, v.3, p.288-292, 2001.

CAPÍTULO 2

Efeito de tratamentos pós-colheita sobre as propriedades texturais dos frutos de Manga Tommy Atkins armazenada em duas temperaturas sob atmosfera modificada

2.1- INTRODUÇÃO

As características de textura da superfície do alimento são um dos primeiros parâmetros de qualidade avaliados pelos consumidores, sendo fundamental para a aceitação do produto, mesmo antes de o mesmo ser levado à boca. A textura, é composta por um conjunto de atributos sensoriais de elevada relevância, uma vez que estas influenciam ou determinam a aceitação/rejeição do alimento. É caracterizada por diferentes aspectos, como por exemplo, a firmeza, a fibrosidade, a resistência, a elasticidade e outros (CHITARRA e CHITARRA, 2005), sendo que suas propriedades se alteram durante o processo de amadurecimento (CHEN e RAMASWAMY, 2002).

O termo textura é de difícil definição, no entanto pode ser definido segundo a norma ISO (1992) como sendo: “o conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e de superfície de um produto, detectáveis pelos receptores mecânicos e táteis e, eventualmente pelos receptores visuais e auditivos”.

As propriedades texturais de um alimento são um grupo de características físicas relacionadas com a estrutura do alimento, que são avaliadas pelo tato e relacionadas com a deformação, desintegração e fluidez do alimento quando se submete a uma força (BOURNE, 1980). A textura dos alimentos é fundamentalmente uma propriedade sensorial que pode ser quantificada sem a reduzirmos à sua componente mecânica (STAMPANONI e NOBLE, 1991).

As alterações na firmeza são bastante representativas, podendo afetar a palatabilidade, a duração do período de armazenamento e a extensão da vida útil do fruto (KAYS, 1991; YOSHIOKA et al. 1994). O amolecimento aumenta através de perda de turgescência, degradação do amido ou degradação das paredes celulares. A perda de turgescência é um processo associado à desidratação pós-colheita do fruto, podendo adquirir importância comercial durante o armazenamento. No entanto, em geral, as alterações na firmeza durante o amadurecimento resultam, predominantemente, da desestruturação da parede celular (TUCKER, 1993). Uma vez iniciado o amolecimento, a taxa de mudança na firmeza é função do tipo de fruto e das condições nas quais é mantido (KAYS, 1991).

A maturação de frutos é um conjunto de alterações finamente coordenadas, geneticamente programadas e um fenômeno de natureza irreversível que envolve uma seqüência de eventos bioquímicos, fisiológicos e sensoriais que culminam com a obtenção de fruto com atributos de qualidade desejáveis. A definição de uma estratégia para promover um amadurecimento uniforme do fruto para consumo *in natura* depende do conhecimento das reações bioquímicas que ocorrem nesses componentes da célula (GONÇALVES et al., 2006). Enzimas atuantes na parede celular causam a despolimerização destes componentes e são as principais responsáveis pela perda de firmeza no decorrer da maturação e na pós-colheita de frutas. O amaciamento da polpa é o resultado de extensa modificação na parede celular que ocorre durante o amadurecimento de frutos e envolve mudanças na composição e organização das pectinas, hemiceluloses e polissacarídeos celulósicos da parede celular (DUAN et al., 2008).

As propriedades de textura, segundo MULLER (1969), citado por BOURNE (2002), podem ser subdivididas em dois grupos: a reologia e os aspectos sensoriais. Este último descreve a percepção do comportamento mecânico dos materiais, porém tem como inconvenientes o elevado custo e tempo de resposta, bem como a necessidade da criação e manutenção de um quadro de provadores, tornando-se um método inapropriado para análises rotineiras.

A relação da textura dos frutos com o estágio de amadurecimento pode ser obtida por meio de testes físicos e imitativos, que envolvem a ruptura do produto analisado (VOISEY, 1971). Entretanto, estes testes têm o inconveniente de serem destrutivos, impossibilitando a análise da textura do mesmo produto ao longo do tempo. Punção e cisalhamento são os principais testes destrutivos para a avaliação da textura em alimentos (ABBOTT, 1999; BOURNE, 2002). A compressão e a relaxação são os principais testes não-destrutivos. Ambas as análises destrutivas e não-destrutivas possibilitam a aquisição de dados relativos à consistência e resistência dos tecidos vegetais mediante a aplicação de uma força qualquer, relacionando-a com uma deformação específica ou com o tempo total de teste.

De acordo com RESENDE e CORRÊA (2007), a modelagem matemática é crucial na predição e simulação do comportamento dos materiais submetidos a determinado processo. Modelos específicos podem descrever satisfatoriamente a variação dos parâmetros reológicos durante o amadurecimento dos frutos, fornecendo não somente índices práticos de textura, como também características subjacentes aos processos de amadurecimento.

A manutenção da qualidade dos frutos deve-se a técnicas de armazenamento pós-colheita que reduzem as taxas respiratórias e retardam o amadurecimento e prevenção de desordens. A perda de água e a decomposição natural do fruto podem ser reduzidas pelo abaixamento da temperatura e modificação da atmosfera ambiente ou mesmo à combinação de ambos, imediatamente após a colheita (HILUEY, 2005). Frutos tropicais podem ter vida pós-colheita prolongada, devido à redução da taxa respiratória, da produção de etileno e, conseqüentemente, diminuição do amadurecimento por meio da modificação da atmosfera.

A atmosfera modificada pode se formar e ser mantida com o uso de filmes poliméricos e ceras comestíveis. No caso de filmes, o uso eficiente depende do atendimento de algumas exigências básicas. A princípio, devem ter permeabilidade à água e a gases suficientemente baixas para reduzir a perda de umidade e a atividade respiratória a níveis que permitam conservar o fruto por mais tempo (EXAMA et al., 1993; KHADER, 1992).

Diante do exposto, e no sentido de trazer uma contribuição a um melhor entendimento dos processos pós-colheita de manga Tommy Atkins, o presente trabalho teve como objetivo verificar a influência do uso de atmosferas modificadas sobre as propriedades texturais dos frutos e modelar os processo de relaxação dos mesmos, durante o armazenamento sob diferentes temperaturas.

2.2- MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), localizado no Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

2.2.1- Obtenção da Matéria-prima

Foram utilizados no experimento frutos de mangueiras (*Mangifera indica* L.) var. 'Tommy Atkins', provenientes do município de Janaúba, Norte de Minas Gerais. Os frutos foram colhidos manualmente no estágio de maturação verde maduro. Os mesmos foram posteriormente selecionados, retirando-se as mangas danificadas ou com injúrias visíveis, a fim de se obter um produto homogêneo e de qualidade.

2.2.2- Tratamentos Aplicados

Feita a seleção, os frutos foram divididos em cinco lotes (Figura 2.1), no qual foram: (1) Testemunha (sem tratamento); (2) revestidos com cera de carnaúba; (3) embalados com filme de PVC (policloreto de vinila); (4) embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio; (5) embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno.

Os frutos que serviram como testemunha, foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido, totalizando 24 bandejas, com 3 frutos em cada.

Para a aplicação do revestimento comestível de cera de carnaúba foi utilizada o produto comercial emulsão de cera de carnaúba 18% (Meghwax ECF 224, Megh, Brasil). diluída na proporção 1:2 (v/v). A aplicação foi feita com o auxílio de um borrifador, sendo os frutos revirados para assegurar uma cobertura uniforme dos mesmos. Em seguida os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido com dimensão (24x18) cm, totalizando 24 bandejas com 3 frutos em cada.

Para os frutos embalados com filmes de PVC, foram utilizadas bandejas de poliestireno expandido, revestidas com uma camada de filme de PVC, espessura de 10 µm, da marca Filmito[®], sendo que cada bandeja continha 3 frutos.

Nos tratamentos que se utilizou absorvedores de oxigênio, os sachês contendo absorvedores de oxigênio com concentração de 600 cc com 8 gramas da marca SOFT POST[®], foram colocados nas bandejas de poliestireno expandido e revestidas por uma camada de filme de PVC, totalizando 24 bandejas com 3 frutos em cada.

Os sachês contendo absorvedores de etileno foram feitos em laboratório, utilizando permanganato de potássio (KMnO₄) como reagente. Foram preparados os sachês com 8 g de permanganato e 5 g de vermiculita para cada sachê. Após ser pesado, o KMnO₄ foi dissolvido em água destilada, sendo esta solução colocada em contato com a vermiculita e levada para estufa a 80°C afim de proceder a secagem. Após a secagem, a vermiculita impregnada com permanganato de potássio foi pesada novamente em porções de 13 g para cada saquinho de TNT (material utilizado para confecção do sachê). Em seguida, os sachês foram armazenados em vidros hermeticamente fechados onde permaneceram até o momento da realização do experimento. Os frutos tratados com absorvedores de etileno foram embalados em bandejas de poliestireno expandido revestidas por filmes de PVC, contendo em seu interior o sachê com permanganato de potássio.



(1) Testemunha



(2) Cera de Carnaúba



(3) Filme PVC



(4) Filme PVC +
absorvedor de oxigênio



(5) Filme PVC +
absorvedor de etileno

Figura 2.1- Frutos de manga Tommy Atkins selecionados e acondicionados sob diferentes tratamentos pós-colheita: (1) Testemunha (sem tratamento); (2) revestidos com cera de carnaúba; (3) embalados com filme de PVC (policloreto de vinila); (4) embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio; (5) embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno.

Posteriormente, os frutos foram armazenados em duas temperaturas: $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperatura ambiente) e à $14\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperatura utilizada para armazenamento de mangas), durante um tempo de 16 dias, em câmaras tipo BOD. A umidade relativa no interior das câmaras foi mantida em $85 \pm 5\%$. As análises dos frutos foram realizadas de dois em dois dias após o acondicionamento dos frutos.

A obtenção de polpa de manga para as análises foi extraída em uma despulpadeira da marca Philips Walita. A polpa foi, então, acondicionada em potes plásticos de 100 mL e congelada à uma temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.2.3- Análises

2.2.3.1- Perda de massa

A porcentagem de perda de água dos frutos de manga 'Tommy Atkins' foi determinada por meio da diferença de massa no tempo analisado em relação ao tempo zero (Equação 2.1), sendo que as amostras foram pesadas diariamente.

$$P = \frac{M_{(t=0)} - M_{(t=t)}}{M_{(t=0)}} \times 100 \quad (2.1)$$

em que:

P : perda de água, %;

$M_{(t=0)}$: massa do fruto no tempo zero, g;

$M_{(t=t)}$: massa do fruto no tempo t , g.

2.2.3.2- Textura

A textura dos frutos foi avaliada por meio de ensaios de compressão, relaxação e punção, realizados em um Aparelho Universal de Testes, *TA.HD Texture Analyser*, *Stable Micro Systems*, também conhecido como texturômetro, dotado do *software Texture Expert for Windows*[®] com uma célula de carga de 500 N (Figura 2.2).

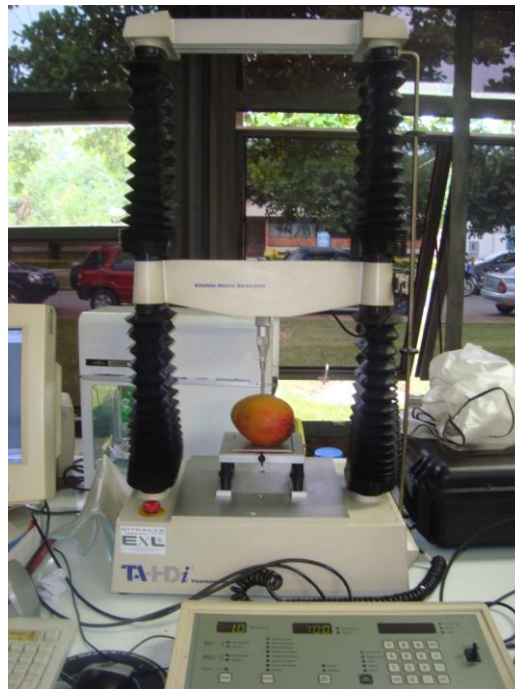


Figura 2.2- Aparelho Universal de Testes, TA.HD Texture Analyser, Stable Micro Systems utilizado para análise de textura.

Para avaliar as mudanças na textura nos frutos de manga, durante o armazenamento, realizaram-se testes destrutivos de penetração da polpa e da casca. Para o teste de penetração, utilizou-se um probe cilíndrico de 4 mm de diâmetro a uma velocidade de $0,1 \text{ m min}^{-1}$ (DESMET et al., 2004) com uma força máxima de 3 N (VAN

DIJK et al., 2006) e distância percorrida de 20 mm de profundidade. Os testes de punção forneceram as forças de rompimento da casca dos frutos de manga e a deformação requerida para este rompimento. As medições foram realizadas em três pontos equidistantes da região central de cada fruto, obtendo-se um valor médio da força máxima de penetração (N) que expressou a resistência da polpa à penetração.

Para o teste de compressão foi utilizado um probe de prato plano circular com 100 mm de diâmetro e a uma velocidade de teste de $0,02 \text{ m min}^{-1}$ (VAN DIJK et al., 2006; BATU, 2004). Baseado em testes preliminares foi utilizada uma deformação específica de 0,005 m através dos testes de compressão e relaxação, para o cálculo das propriedades mecânicas dos frutos de manga para cada situação investigada. Com a obtenção das curvas de compressão do produto (força em função da deformação), foram estimados os valores da força máxima sustentada pelo fruto (firmeza) e sua respectiva deformação. O módulo proporcional de deformação, que permite que comparações de resistência relativas entre diferentes materiais sejam feitas, foi calculado utilizando-se a expressão da ASAE (1994):

$$E_p = \frac{E}{1-\mu^2} = \frac{0.531F}{D^{3/2}} \left[2 \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right)^{1/3} \right]^{3/2} \quad (2.2)$$

em que:

- E_p : módulo proporcional de deformação, Pa;
- E : módulo de deformidade, Pa;
- F : força, N;
- μ : razão de Poisson;
- r : raio de curvatura no ponto de contato, m;
- R : raio equivalente do produto, m; e
- D : deformação total (elástica e plástica) do corpo nos pontos de contato com a placa superior e inferior, m.

O raio equivalente (R) e o de curvatura (r) dos frutos foram obtidos segundo as equações (2.3 e 2.4) (SILVA et al., 2002), considerando que as mangas sejam como elipsóides biaxiais. A medição dos eixos médios ortogonais dos frutos foi realizada com auxílio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm.

$$R \cong \frac{\sqrt[3]{ab^2}}{2} \quad (2.3)$$

$$r \cong \frac{b}{2} \quad (2.4)$$

em que:

- a: maior dimensão característica do fruto, m; e,
- b: menor dimensão característica do fruto, m.

Para o teste de relaxação, o mesmo probe utilizado no teste de compressão foi empregado com uma força constante de teste de 4 N e velocidade de 0,02 m min⁻¹ (ERRINGTON et al., 1997), durante 20 s. Os testes de relaxação forneceram os tempos de relaxação, bem como a força máxima exercida pelo fruto após os 20 s de teste.

2.2.3.3- Modelagem do processo de relaxação

Para a modelagem das curvas de relaxação da manga, empregou-se o modelo generalizado de Maxwell de quatro parâmetros contendo três elementos de Maxwell (STEFFE, 1996), descrito pela Equação 2.5:

$$\sigma_{(t)} = \sigma_e + A_1 \exp\left(\frac{-t}{\tau_1}\right) + A_2 \exp\left(\frac{-t}{\tau_2}\right) + A_3 \exp\left(\frac{-t}{\tau_3}\right) \quad (2.5)$$

em que:

- $\sigma_{(t)}$: força normalizada (razão entre a força no tempo t e a força máxima) no tempo t , adimensional;
- σ_e : força normalizada no equilíbrio ($t = \infty$), adimensional;
- A_1, A_2, A_3 : constantes do modelo, adimensionais;
- t : tempo, s; e
- τ_1, τ_2, τ_3 : tempo de relaxação, s.

2.2.3.4- Análise estatística

Para a análise da perda de massa, o experimento foi realizado, para cada temperatura, em um esquema de parcela subdividida, no delineamento inteiramente casualizado, em 3 repetições em triplicata. Para a análise de textura foi utilizado um esquema de parcela subdividida, em cada temperatura, em um delineamento

inteiramente casualizado, em 3 repetições em triplicata para as análises. Os dados experimentais foram interpretados por meio de análise de variância e regressão.

Entre a testemunha e os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando o nível de 5 % de probabilidade, utilizando-se o programa SAEG®. Para a comparação do tempo de armazenamento, as médias foram submetidas à análise de regressão. Os modelos foram escolhidos baseados no coeficiente de determinação (R^2), na significância dos parâmetros e nos fenômenos em estudo.

Para verificar o grau de ajuste do modelo generalizado de Maxwell, foi considerada a magnitude do coeficiente de determinação (R^2), do erro médio relativo (P) (Equação 2.6), do desvio padrão da estimativa (SE) (Equação 2.7) e da distribuição dos resíduos.

$$P = \frac{100}{n} \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (2.6)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (2.7)$$

em que:

P: Erro médio relativo, %;

Y: Valor observado experimentalmente;

\hat{Y} : Valor estimado pelo modelo;

n: Número de dados observados;

SE: Desvio padrão da estimativa, adimensional; e

GLR: Graus de liberdade do resíduo (número de dados observados menos o número de parâmetros do modelo).

2.3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1- Perda de Massa

2.3.1.1- Armazenamento à 14 °C

Houve perda de massa nos 16 dias sob armazenamento refrigerado (14 °C), em todos os tratamentos (Figura 2.3). Os tratamentos afetaram significativamente a perda de massa dos frutos de manga Tommy Atkins ao longo de todo o armazenamento, quando comparados com o lote testemunha.

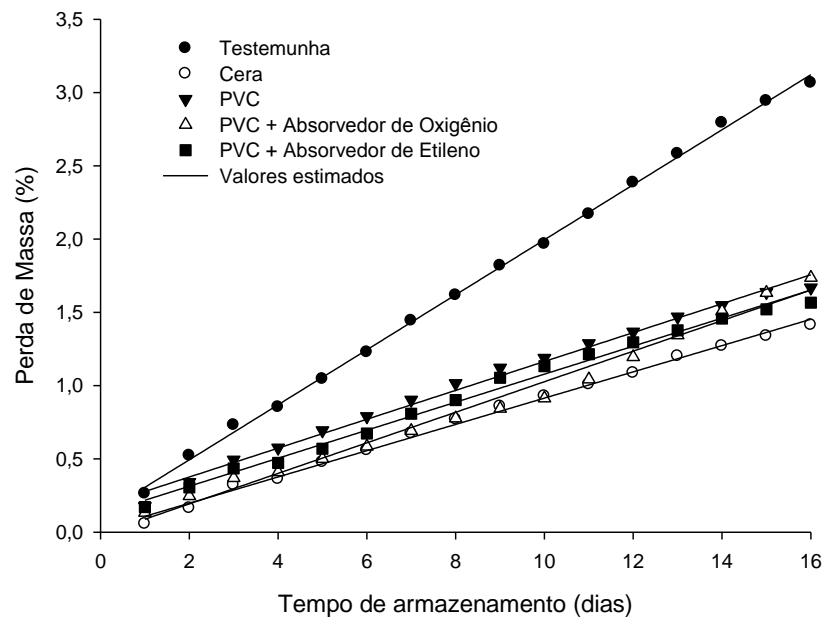


Figura 2.3- Valores observados e estimados de perda de massa (%) de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

Os frutos do lote testemunha, sofreram perda de massa de 3,07% ao final do armazenamento. No entanto os frutos tratados com cera de Carnaúba, PVC, PVC + absorvedor de oxigênio e PVC + absorvedor de etileno tiveram uma perda de 1,41%, 1,67%, 1,74% e 1,57%, respectivamente (Tabela 2.1), entre os tratamentos não houve diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade. A redução da perda de matéria fresca dos frutos sob atmosfera modificada é esperada, pois fornecem melhores propriedades de retenção de vapor d'água e barreira a gases, já que a perda de massa fresca está diretamente relacionada à taxa de respiração e transpiração do produto (SOUZA et al., 2002).

Tabela 2.1- Valores médios de perda de massa (%) de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tratamento	Testemunha	Cera	PVC	PVC+ AO	PVC+ AE
Tempo (dias)	Perda de Massa (%)				
1	0.26a	0.05a	0.18a	0.13a	0.17a
2	0.52a	0.16b	0.34ab	0.25ab	0.31ab
3	0.73a	0.32b	0.49ab	0.37b	0.44ab
4	0.85a	0.36b	0.58ab	0.41b	0.47b
5	1.05a	0.48b	0.69b	0.50b	0.57b
6	1.23a	0.56b	0.79b	0.58b	0.67b
7	1.44a	0.67b	0.90b	0.69b	0.81b
8	1.62a	0.77b	1.02b	0.78b	0.92b
9	1.82a	0.86b	1.12b	0.84b	1.05b
10	1.97a	0.93b	1.19b	0.91b	1.13b
11	2.17a	1.01b	1.29b	1.04b	1.21b
12	2.39a	1.09b	1.37b	1.19b	1.30b
13	2.58a	1.20b	1.47b	1.34b	1.38b
14	2.79a	1.27b	1.55b	1.51b	1.46b
15	2.94a	1.34b	1.64b	1.63b	1.52b
16	3.07a	1.41b	1.67b	1.74b	1.57b

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Dependendo do produto, perdas iguais ou superiores a 5%, são capazes de provocar enrugamento com conseqüente diminuição da aceitação do produto pelo consumidor (PANTASTICO, 1975). Considerando essa faixa de perda de massa, os frutos de manga Tommy Atkins, armazenados a 14°C , podem ser considerados comercializáveis ao final de 16 dias de armazenagem (Tabela 2.1). Outros autores trabalhando com manga Tommy Atkins encontraram comportamentos semelhantes (SOUZA et al. 2002; RIBEIRO et al. 2009).

Segundo JERÔNIMO et al. (2007), a aparência externa é um fator fundamental em frutos destinados ao mercado *in natura*, por ser fator de atratividade e exercer influência direta sobre a escolha do consumidor, que tem preferência por cultivares que tem casca de coloração com tendências à vermelha.

Na Tabela 2.2 encontram-se as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de perda de massa ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 2.2- Equações ajustadas aos valores experimentais de perda de massa (%) dos frutos de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamento	Equação de regressão	R^2
Testemunha	$P\hat{M} = 0,1184 + 0,1877 \times t$	0,9989
Cera	$P\hat{M} = 0,0183 + 0,0896 \times t$	0,9959
PVC	$P\hat{M} = 0,1792 + 0,0986 \times t$	0,9913
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$P\hat{M} = -0,0157 + 0,1043 \times t$	0,9839
PVC + Absorvedor de Etileno	$P\hat{M} = 0,1222 + 0,0956 \times t$	0,9920

2.3.1.2- Armazenamento à 25 °C

A perda de massa dos frutos é associada principalmente à perda de água ocasionada tanto pela transpiração como pela respiração das frutas (SIGRIST, 1992), sendo esta perda superior quando as frutas são armazenadas em altas temperaturas e/ou baixa umidade relativa (BOTREL et al., 2001).

Verifica-se na Tabela 2.3, que os tratamentos foram mais efetivos em relação à redução de perda de massa durante os 16 dias, e que até o 5º dia de armazenamento os frutos não diferiram significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade e apresentaram perda de massa menor quando comparados aos frutos do lote testemunha durante todo o armazenamento. Nota-se também que a partir do 8º dia os frutos testemunha apresentaram perda de massa superior à 5%, sendo que esse fato não ocorreu nos demais tratamentos, com exceção do tratamento com cera de carnaúba a partir do 14º dia.

Tabela 2.3- Valores médios de perda de massa (%) de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à 25 ± 1°C.

Tempo (dias)	Testemunha	Cera	PVC	PVC+AO	PVC+ AE
1	0,51 a	0,13 a	0,20 a	0,19 a	0,25 a
2	0,95 a	0,24 a	0,39 a	0,39 a	0,46 a
3	1,82 a	0,42 a	0,70 a	0,75 a	0,85 a
4	2,58 a	0,60 a	0,97 a	1,08 a	1,17 a
5	3,15 a	0,75 a	1,19 a	1,32 a	1,42 a
6	3,86 a	0,93 b	1,50 ab	1,65 ab	1,74 ab
7	4,47 a	1,09 b	1,77 b	1,94 b	2,03 ab
8	5,17 a	1,29 b	2,10 b	2,29 b	2,40 ab
9	5,76 a	1,99 b	2,41 b	2,63 b	2,72 b
10	6,28 a	3,15 b	2,69 b	2,86 b	3,01 b
11	6,86 a	3,46 b	2,95 b	3,13 b	3,31 b
12	7,34 a	4,17 b	3,18 b	3,38 b	3,59 b
13	7,88 a	4,60 b	3,44 b	3,65 b	3,88 b
14	8,43 a	6,19 ab	3,66 b	3,92 b	4,19 b
15	9,09 a	7,56 a	3,97 b	4,25 b	4,60 b
16	9,72 a	8,13 a	4,29 b	4,55 b	4,99 b

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Segundo CHITARRA e CHITARRA (2005) a perda de massa está intimamente associada à perda de água, minimizada no armazenamento sob atmosfera modificada, devido ao aumento da umidade relativa no interior da embalagem, saturando a atmosfera ao redor do fruto, o que proporciona a diminuição do déficit de pressão de vapor d'água em relação ao ambiente de armazenamento, minimizando a taxa de transpiração. A Figura 2.4 mostra o comportamento da perda de massa dos frutos de manga, ao longo dos 16 dias de armazenamento à 25°C.

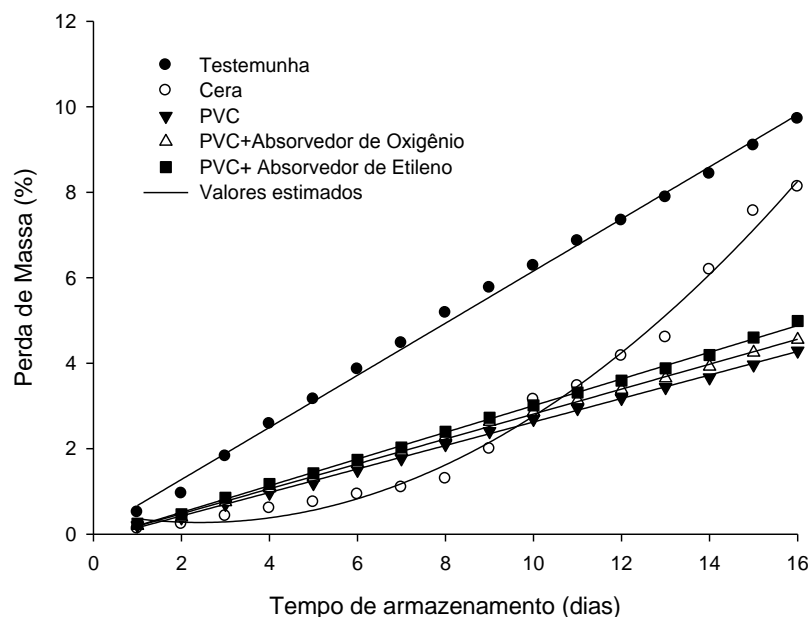


Figura 2.4- Valores observados e estimados de perda de massa (%) de frutos de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Praticamente não foi observada diferença entre os frutos embalados pelo PVC, PVC+Absorvedores de Oxigênio e PVC+Absorvedores de etileno em relação à perda de massa dos frutos (Figura 2.4). Observa-se que, ao final dos 16 dias de armazenamento, todos os frutos tratados com PVC, PVC+Absorvedores de Oxigênio e PVC+Absorvedores de etileno obtiveram perdas inferiores a 5%. Além disso, a perda de massa diária dos frutos dos lotes testemunha e dos revestidos com cera de carnaúba foi de 0,61 % e 0,51 %, respectivamente, enquanto a perda de massa diária dos frutos embalados com filme de PVC, PVC + absorvedor de oxigênio e PVC + absorvedor de etileno foi de 0,27 %, 0,28 % e 0,31 % respectivamente. Resultados parecidos foram observados por JERONIMO et al., (2007) em frutos de manga Tommy Atkins.

As equações que relacionam a perda de massa com o tempo de armazenamento, apresentaram valores satisfatórios para o coeficiente de determinação ($R^2 > 0,99$), indicando que houve boa correspondência entre os dados observados e estimados pelas equações propostas (Tabela 2.4).

Tabela 2.4- Equações ajustadas aos valores experimentais de perda de massa (%) dos frutos de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R²).

Tratamento	Equação de regressão	R ²
Testemunha	$\hat{PM} = 0,0591 + 0,6097 \times t$	0,9971
Cera	$\hat{PM} = 0,5258 - 0,2090 \times t + 0,0433 \times t^2$	0,9910
PVC	$\hat{PM} = -0,1236 + 0,2748 \times t$	0,9990
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{PM} = -0,1052 + 0,2916 \times t$	0,9988
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{PM} = -0,1148 + 0,3122 \times t$	0,9990

Nota-se na Tabela 2.4, que as equações que relacionam a perda de massa com o tempo de armazenamento apresentaram valores satisfatórios para o coeficiente de determinação (>0,99), indicando que houve boa correspondência entre os dados observados e estimados pelas equações propostas.

2.3.2- Adequabilidade do modelo generalizado de Maxwell para descrever a relaxação dos frutos de manga Tommy Atkins

Na Tabela 2.5 estão apresentados os parâmetros estatísticos do modelo generalizado de Maxwell (Equação 2.5) para descrever o processo de relaxação dos frutos de mangas armazenadas à 14 °C nos tempos 0, 2, 4, 8, 12 e 16 de armazenamento.

Tabela 2.5- Valores de coeficientes (σ_e , A_1 , A_2 , A_3 , τ_1 , τ_2 e τ_3), do desvio padrão da estimativa (SE), erro médio relativo (P) e coeficiente de determinação (R²) do modelo generalizado de Maxwell obtidos pelo ajuste aos dados experimentais do processo de relaxação dos frutos de manga Tommy Atkins, armazenados à 14 ± 1 °C.

Tempo	Parâmetro	25 °C				
		Test	Cera	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	σ_e	0,7659	0,7659	0,7659	0,7659	0,7659
	A_1	0,0624	0,0624	0,0624	0,0624	0,0624
	A_2	0,0223	0,0223	0,0223	0,0223	0,0223
	A_3	0,1487	0,1487	0,1487	0,1487	0,1487

	$\tau_1(s)$	1,0345	1,0345	1,0345	1,0345	1,0345
	$\tau_2(s)$	0,1803	0,1803	0,1803	0,1803	0,1803
	$\tau_3(s)$	8,4740	8,4740	8,4740	8,4740	8,4740
	SE	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	P (%)	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	R^2	0,9832	0,9832	0,9832	0,9832	0,9832
4	σ_e	0,6931	0,6604	0,6668	0,6622	0,6810
	A_1	0,0897	0,0959	0,0989	0,1016	0,0903
	A_2	0,0354	0,0464	0,0393	0,0448	0,0386
	A_3	0,1812	0,1954	0,1941	0,1893	0,1886
	$\tau_1(s)$	1,0114	1,2230	1,0659	1,2196	1,0130
	$\tau_2(s)$	0,1855	0,2155	0,1817	0,2134	0,1864
	$\tau_3(s)$	8,5874	10,2157	9,2154	10,2145	7,9166
	SE	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
	P (%)	1,32	1,57	0,76	0,68	0,96
	R^2	0,9736	0,9672	0,9911	0,9915	0,9875
	σ_e	0,6669	0,6025	0,6230	0,6632	0,6351
	A_1	0,0973	0,1114	0,1130	0,1013	0,1054
	A_2	0,0343	0,0595	0,0556	0,0500	0,0524
A_3	0,2012	0,2222	0,2069	0,1836	0,2040	
8	$\tau_1(s)$	0,7256	1,2837	1,1456	1,2251	1,2333
	$\tau_2(s)$	0,1416	0,2236	0,2133	0,2264	0,2315
	$\tau_3(s)$	6,0688	11,2141	8,6765	9,3907	9,1500
	SE	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	P (%)	1,51	0,76	1,25	0,69	0,87
	R^2	0,9753	0,9951	0,9877	0,9943	0,9922
	σ_e	0,6193	0,6262	0,5920	0,5845	0,6501
12	A_1	0,1154	0,0863	0,1300	0,1262	0,1048
	A_2	0,0631	0,0631	0,0598	0,0557	0,0486
	A_3	0,1998	0,2154	0,2146	0,2329	0,1939
	$\tau_1(s)$	1,3115	1,2653	1,4765	1,2194	1,3233
	$\tau_2(s)$	0,2276	0,3886	0,2664	0,2115	0,2322
	$\tau_3(s)$	10,5027	8,1002	11,4083	10,5487	10,9875

16	SE	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
	P (%)	1,52	1,71	1,32	1,53	0,90
	R ²	0,9789	0,9745	0,9850	0,9804	0,9900
	σ_e	0,5837	0,6269	0,5818	0,6035	0,5723
	A ₁	0,1332	0,1075	0,1303	0,1196	0,1716
	A ₂	0,0545	0,0572	0,0578	0,0503	0,0156
	A ₃	0,2270	0,2070	0,2278	0,2246	0,2284
	τ_1 (s)	1,3767	1,2974	1,2593	1,1065	1,2097
	τ_2 (s)	0,2434	0,2132	0,2212	0,1995	0,2587
	τ_3 (s)	9,8427	11,3000	10,2154	9,2165	10,2514
	SE	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
	P (%)	0,88	0,90	1,36	1,17	2,23
	R ²	0,9940	0,9887	0,9865	0,9868	0,9717

Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

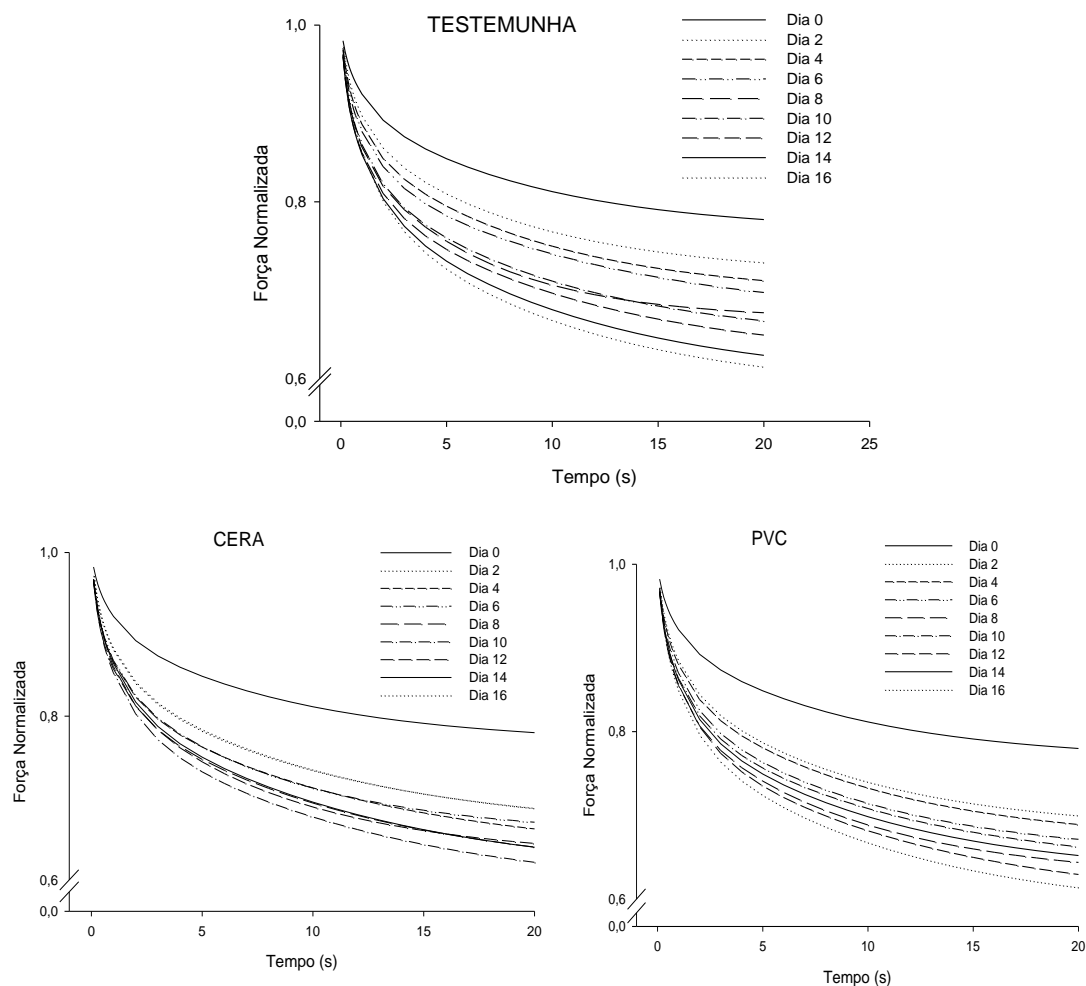
De acordo com os dados apresentados na Tabela 2.5, observa-se que o ajuste do modelo generalizado de Maxwell apresentou valores de coeficiente de determinação acima de 96,72 % e que todos os coeficientes, em todas as condições experimentais, foram significativos, indicando assim um bom ajuste desse modelo aos dados experimentais. Verifica-se por meio da mesma tabela que os valores de P e SE foram satisfatórios, indicando que o modelo representa satisfatoriamente o comportamento das curvas de relaxação dos frutos de Manga Tommy ao longo do tempo de armazenamento.

Outros autores, utilizando o modelo de Maxwell com diferentes números de elementos, também reportaram a melhor representação dos dados experimentais de relaxação de diferentes produtos por meio desta equação (DEL NOBILE et al., 2007; RODRÍGUEZ-SANDOVAL et al., 2009; BHATTACHARYA, 2010; CAMPUS et al., 2010). Este fato demonstra a larga utilização deste modelo para o estudo das alterações viscoelásticas.

Nota-se que os frutos armazenados na temperatura de 14 °C do lote testemunha são mais elásticos que os frutos submetidos a tratamentos pós colheita até o 8º dia. Sendo que no 12º e 16º dia os frutos tratados com cera de carnaúba são mais elásticos, uma vez que o parâmetro σ_e representa o componente elástico de maior magnitude do modelo (BELLIDO & HATCHER, 2009). Logo, maiores valores de

σ_e denotam produtos mais elásticos e de melhor qualidade. Os frutos tratados com cera de carnaúba apresentaram melhores resultados com relação a elasticidade, visto que ao final do armazenamento o valor da força normalizada no equilíbrio (σ_e) do modelo ajustado de Maxwell foi de 0,6269, seguido dos frutos embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio, com σ_e igual à 0,6035.

Nos gráficos da Figura 2.5 estão representados as curvas de relaxação, dos valores estimados pelo modelo generalizado de Maxwell, dos frutos da manga Tommy Atkins do lote testemunha, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, com PVC+Absorvedor de oxigênio e com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento a 14 °C.



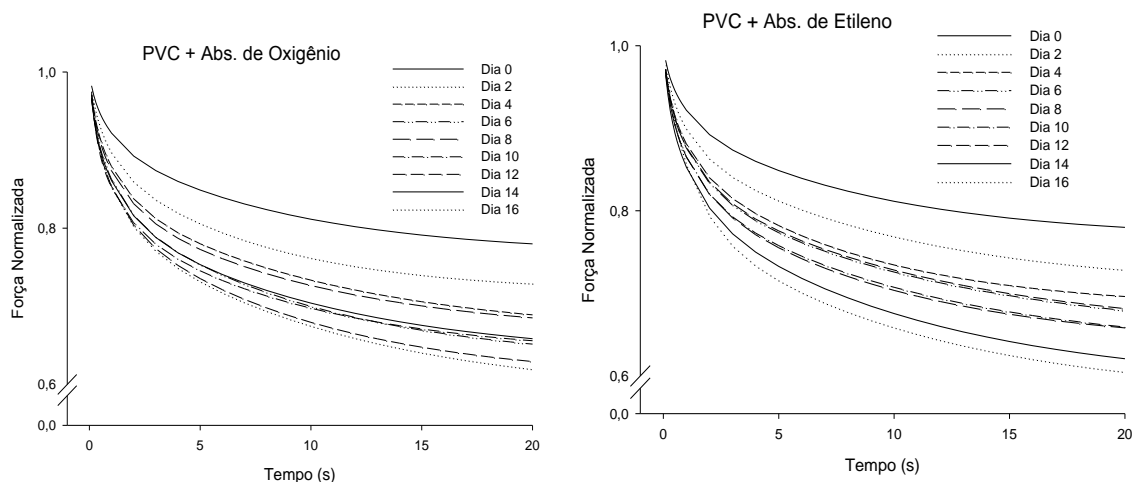


Figura 2.5- Curvas de relaxação, dos valores estimados pelo modelo generalizado de Maxwell, dos frutos de manga Tommy Atkins não submetidos a tratamento pós colheita (Testemunha), revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, com PVC+Absorvedor de oxigênio e com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento à 14 °C.

Analisando estes gráficos verifica-se que a força normalizada diminuiu com o tempo de conservação. Isso se deve ao fato dos frutos estarem, nos primeiros dias de armazenamento, mais firmes que os frutos dos dias posteriores, pois a cada dia os frutos estão mais maduros, com sua estrutura menos rígida, com uma menor força normalizada. Observa-se na Figura que os frutos tratados com cera de carnaúba e com PVC + absorvedor de oxigênio, estão ligeiramente acima das curvas dos frutos do lote testemunha e dos demais tratamentos, no que diz respeito à força normalizada em um tempo de teste específico. Isso demonstra que os frutos tratados com cera de carnaúba e com PVC + absorvedor de oxigênio, foram melhor conservados que os demais frutos, quando se trata de propriedades texturais.

Na Tabela 2.6 estão apresentados os parâmetros estatísticos do modelo generalizado de Maxwell (Equação 2.5) para descrever o processo de relaxação dos frutos de mangas armazenadas à 25°C nos tempos 0, 2, 4, 8, 12 e 16 de armazenamento.

Tabela 2.6- Valores dos coeficientes (σ_e , A_1 , A_2 , A_3 , τ_1 , τ_2 e τ_3); desvio padrão da estimativa (SE), erro médio relativo (P) e coeficiente de determinação (R^2) do modelo generalizado de Maxwell obtidos pelo ajuste aos dados experimentais do processo de relaxação dos frutos de manga Tommy Atkins, armazenados à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tempo	Parâmetro	25 °C				
		Test	Cera	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	σ_e	0,8422	0,8422	0,8422	0,8422	0,8422
	A_1	0,0405	0,0405	0,0405	0,0405	0,0405
	A_2	0,0133	0,0133	0,0133	0,0133	0,0133
	A_3	0,1024	0,1024	0,1024	0,1024	0,1024
	τ_1 (s)	1,0727	1,0727	1,0727	1,0727	1,0727
	τ_2 (s)	0,2094	0,2094	0,2094	0,2094	0,2094
	τ_3 (s)	8,3486	8,3486	8,3486	8,3486	8,3486
	SE	0,0033	0,0033	0,0033	0,0033	0,0033
	P (%)	0,2505	0,2505	0,2505	0,2505	0,2505
	R^2	0,9943	0,9943	0,9943	0,9943	0,9943
4	σ_e	0,6843	0,7092	0,7476	0,6946	0,7094
	A_1	0,0414	0,0791	0,0682	0,0861	0,0813
	A_2	0,0864	0,0375	0,0260	0,0430	0,0386
	A_3	0,1845	0,1716	0,1570	0,1726	0,1669
	τ_1 (s)	0,2277	1,2463	0,9664	1,4760	1,2744
	τ_2 (s)	1,2847	0,2278	0,1719	0,2488	0,2378
	τ_3 (s)	10,0564	9,8058	7,9759	11,2348	9,8882
	SE	0,0064	0,0090	0,0119	0,0138	0,0053
	P (%)	0,5280	0,7667	1,0319	1,2814	0,4477
	R^2	0,9942	0,9870	0,9725	0,9704	0,9953
8	σ_e	0,6436	0,6391	0,6547	0,6484	0,6937
	A_1	0,1014	0,0994	0,0948	0,0965	0,0867
	A_2	0,0527	0,0536	0,0368	0,0523	0,0423

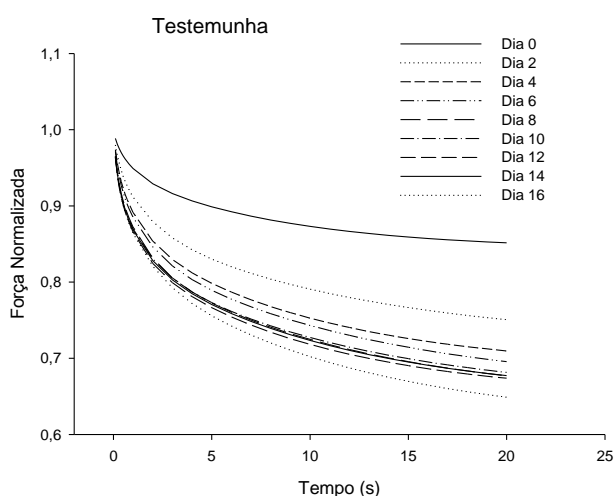
	A_3	0,1976	0,2034	0,2122	0,1996	0,1756
	$\tau_1(s)$	1,3290	1,3279	0,8989	1,2980	1,0620
	$\tau_2(s)$	0,1984	0,2163	0,1495	0,2119	0,1730
	$\tau_3(s)$	11,2144	10,9578	9,5214	10,7000	8,8522
	SE	0,0082	0,0074	0,0128	0,0035	0,0064
	P (%)	0,7630	0,7528	1,2724	0,3152	0,5862
	R^2	0,9920	0,9939	0,9811	0,9985	0,9941
12	σ_e	0,6496	0,6417	0,5522	0,6778	0,6558
	A_1	0,0542	0,1017	0,1232	0,0959	0,0950
	A_2	0,0976	0,0497	0,0716	0,0630	0,0515
	A_3	0,1949	0,2055	0,2564	0,1599	0,1966
	$\tau_1(s)$	0,1795	1,0097	1,2311	1,7925	1,0070
	$\tau_2(s)$	1,1423	0,1681	0,2118	0,2551	0,1651
	$\tau_3(s)$	9,5671	8,5385	9,4682	10,8954	8,2994
	SE	0,0085	0,0108	0,0108	0,0104	0,0064
	P (%)	0,7282	1,0676	1,0904	0,9960	0,5574
	R^2	0,9918	0,9880	0,9925	0,9854	0,9955
16	σ_e	0,6126	0,5683	0,4909	0,5353	0,6516
	A_1	0,0607	0,1149	0,1480	0,0606	0,0800
	A_2	0,1021	0,0606	0,0645	0,1049	0,0209
	A_3	0,2204	0,2459	0,2931	0,2807	0,2457
	$\tau_1(s)$	0,2128	1,6720	1,5018	0,4931	0,6795
	$\tau_2(s)$	1,3820	0,3020	0,2368	1,8655	0,1105
	$\tau_3(s)$	11,0993	12,1111	11,2548	10,9845	6,0701
	SE	0,0065	0,0052	0,0096	0,0070	0,0119
	P (%)	0,6359	0,5278	1,0087	0,6223	0,9451
	R^2	0,9958	0,9979	0,9957	0,9970	0,9884

* Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste "t".

Observa-se na Tabela 2.6 que o ajuste do modelo generalizado de Maxwell apresentou valores de coeficiente de determinação acima de 97,25%, e que todos os coeficientes, em todas as condições experimentais, foram significativos, indicando assim um bom ajuste desse modelo aos dados experimentais. O emprego isolado do coeficiente de determinação não deve ser usado como critério de avaliação de modelos não lineares (KASHANINEJAD et al. 2007). Sendo assim, foram calculados os valores de P e SE (Equações 2.6 e 2.7). A capacidade de um modelo para descrever fielmente um processo físico é inversamente proporcional aos valores de SE. Verifica-se através da Tabela 2.6 que os valores de P e SE foram satisfatórios, indicando que o modelo representa o comportamento das curvas de relaxação dos frutos de manga ao longo do tempo de armazenamento.

Analisando a Tabela 2.6, e levando em consideração a força normalizada no equilíbrio, os frutos embalados com PVC + absorvedor de etileno foram os que obtiveram maiores valores desse parâmetro ao final dos 16 dias de armazenamento, com σ_e igual à 0,6516 e o que obtiveram menores valores foram os frutos embalados com filme PVC, 0,4909.

Nos gráficos da Figura 2.6 estão representados as curvas de relaxação, dos valores estimados pelo modelo generalizado de Maxwell, dos frutos de manga Tommy não submetidos a tratamento pós colheita (Testemunha), revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento à 25°C.



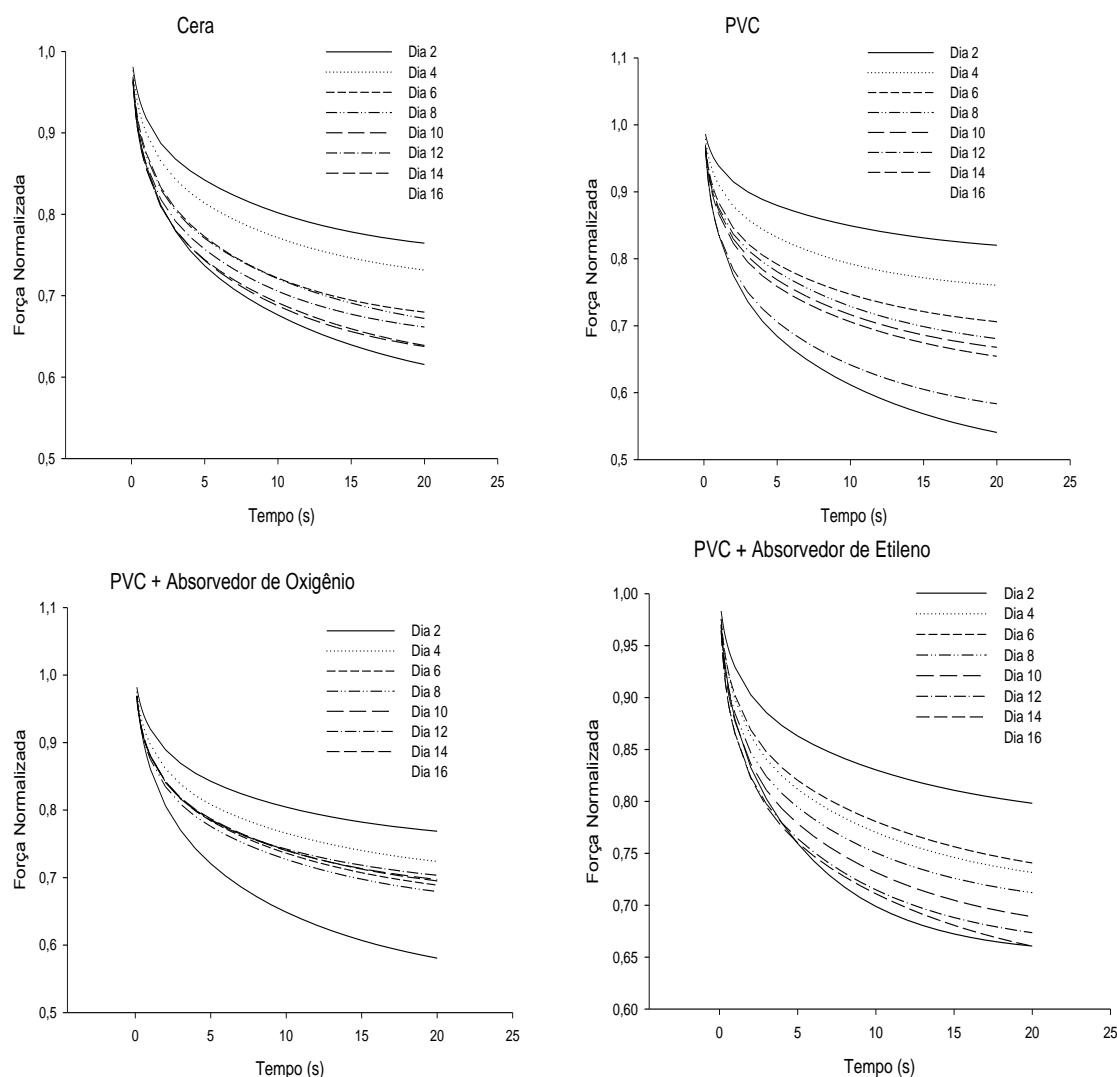


Figura 2.6- Curvas de relaxação, dos valores estimados pelo modelo generalizado de Maxwell, dos frutos de manga Tommy Atkins não submetidos a tratamento pós colheita (Testemunha), revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, com PVC+Absorvedor de oxigênio e com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento à 25 °C.

Analisando as curvas de cada gráfico verifica-se que as forças normalizadas relativas ao dia 0, em um determinado tempo de teste, é maior que as forças normalizadas referentes ao segundo dia de armazenamento, e assim consecutivamente. Isso deve ao fato dos frutos dos primeiros dias de armazenamento estarem mais firmes que os frutos dos dias posteriores, pois a cada dia os frutos estão mais maduros, com sua estrutura menos rígidas, com uma menor força normalizada.

Os testes de relaxação, representados pelas curvas de relaxação apresentadas nos gráficos (Figura 2.6), são dependentes da composição do produto analisado e do

estagio de maturação dos frutos. Comparando estas figuras com a Figura 2.7, observa-se que os frutos de manga se comportam como um material sólido viscoelástico, significando que os frutos sofrem simultaneamente deformações elásticas e viscosas durante a compressão. Dessa forma, por serem viscoelásticos, os frutos de manga podem, teoricamente, retornar a sua conformação inicial após sofrerem pequenas deformações. Os materiais elásticos ideais não relaxam com o tempo, ao passo que um material viscoso ideal relaxaria instantaneamente. Os materiais sólidos viscoelásticos relaxam gradualmente até atingirem uma força de equilíbrio maior que zero, e os líquidos viscoelásticos apresentam uma força residual nula.

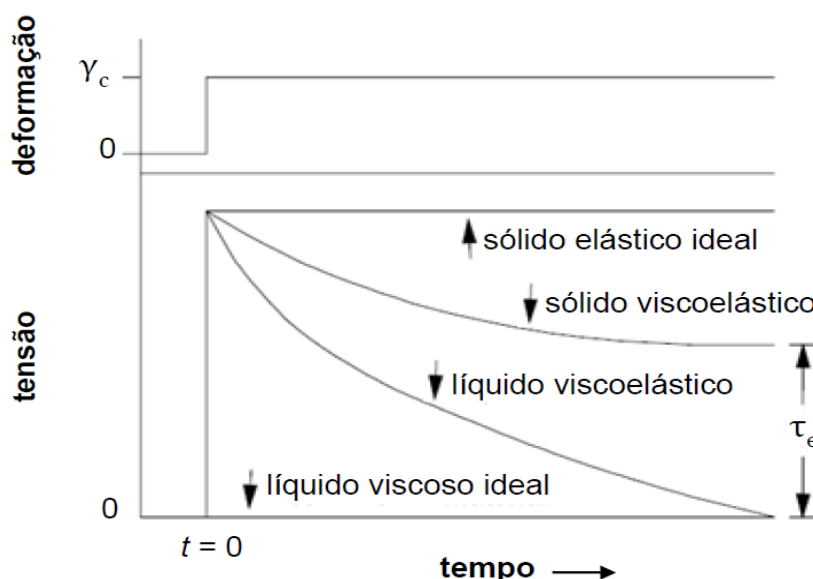


Figura 2.7- Curvas de tensão e relaxação. Fonte: Adaptado de Steffe, 1996.

2.3.3- Propriedades mecânicas dos frutos armazenados a 14 °C

2.3.3.1- Análises não-destrutivas

A partir do teste de compressão foi possível verificar uma diferença entre os frutos do lote testemunha e os frutos que sofreram tratamento. O tempo de armazenamento teve um efeito significativo sobre a força necessária para provocar uma deformação específica de 0,005 m nos frutos de manga Tommy Atkins. A Figura 2.8 contém os valores médios observados da força máxima necessária para promover uma deformação específica de 0,005 m nos frutos submetidos a uma compressão

uniaxial na posição natural de repouso, em todos os tratamentos aplicados e no lote testemunha na temperatura de 14 °C.

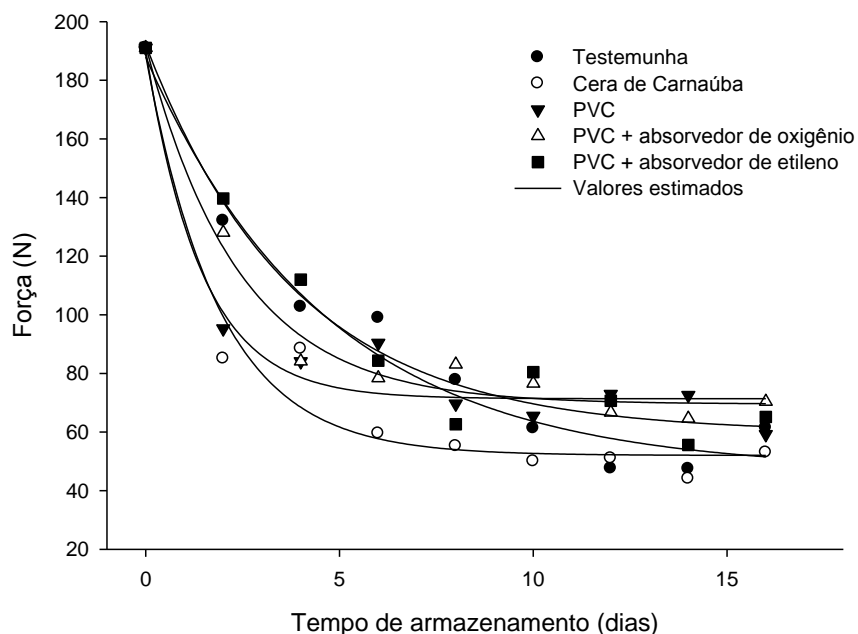


Figura 2.8- Valores médios observados e estimados da firmeza dos frutos de manga Tommy Atkins não submetidos a tratamento pós colheita (Testemunha), revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento à 14 °C.

Os frutos tratados com PVC e PVC + absorvedor de oxigênio, apresentaram um efeito negativo para a firmeza dos fruto até o 6º dia quando comparados com o lote testemunha. E os frutos tratados com cera de carnaúba, apresentaram valores inferiores ao longo de todo o armazenamento, quando comparado com os demais tratamentos, incluindo o lote testemunha. Os frutos tratados com PVC + absorvedor de etileno, foram os que obtiveram melhores resultados ao longo do armazenamento. Os valores médios observados da força máxima necessária para promover uma deformação específica de 0,005 m nos frutos de manga variaram entre 191,03 N (dia 0) e 65,14 N (dia 16) para o tratamento PVC + Absorvedor de etileno, já os frutos tratados com cera de carnaúba tiveram valores variando entre 191,03 N (dia) e 52,98 N (dia 16).

A perda de firmeza é relacionada à quebra das membranas e das paredes celulares dos frutos. A quebra das membranas está associada diretamente com a perda de turgescência (perda de massa), enquanto as alterações enzimáticas nas

células causam a perda da integridade do produto ao longo do tempo (VAN DIJK & TIJSKENS, 2000). Este fato também é explicável pelo metabolismo climatérico dos frutos de manga, que faz com que as pectinas da parede celular sofram degradação enzimática, o que reduz a firmeza (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Segundo Couto et al. (2002), no estudo do comportamento mecânico de um material, o módulo de deformidade é considerado mais significativo que o de elasticidade, visto que, quando um produto é comprimido, a deformação total é que tem aplicação prática. A Figura 2.9 apresenta os valores médios observados e estimados do módulo proporcional de deformidade (MPa) para os frutos de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento, para uma deformação específica de 0,005 m.

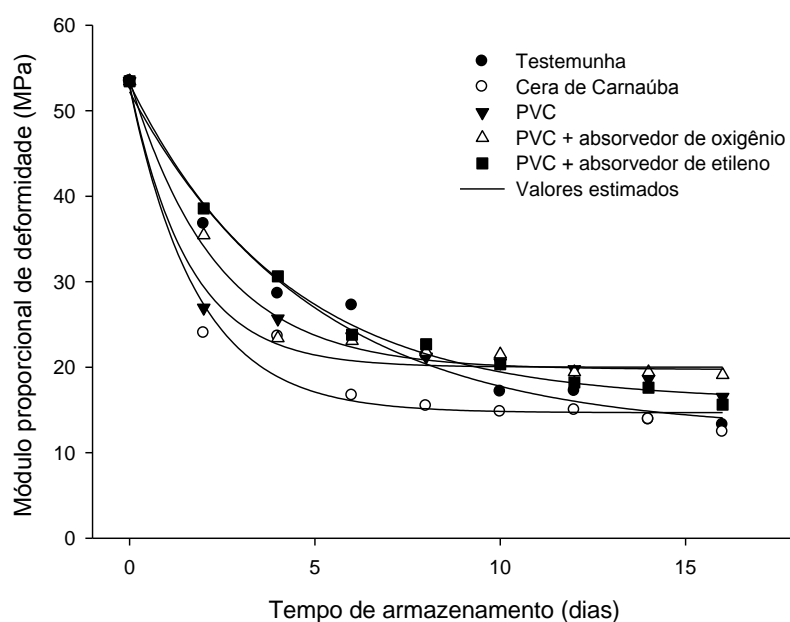


Figura 2.9- Valores médios observados e estimados do módulo proporcional de deformidade para os frutos de manga Tommy Atkins não submetidos a tratamento pós colheita (Testemunha), revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento à 14 °C.

Pela Figura 2.9 observa-se que o módulo proporcional de deformidade apresentou um comportamento semelhante ao da força de compressão. Percebe-se que, na temperatura utilizada neste experimento, os frutos tratados com cera de carnaúba apresentaram menores valores de módulo proporcional de deformidade ao

final dos 16 dias de armazenamento. Os valores do módulo proporcional de deformidade para os frutos tratados com cera de carnaúba variaram entre 53,43 a 12,42 MPa. E os frutos tratados com PVC + absorvedor de oxigênio, foram os que apresentaram maiores valores ao final do armazenamento, variando de 53,43 para 19,10 MPa.

A Figura 2.10 apresenta os valores médios observados da energia referentes a uma deformação específica de 0,005 m nos frutos de manga submetidos a tratamento pós colheita e os do lotes testemunha, submetidos a uma compressão uniaxial na posição natural de repouso, ao longo do armazenamento. Os valores da energia referentes ao teste de compressão dos frutos de manga variaram entre 390,00 e 130,00 mJ, para os frutos tratados com cera de carnaúba. A energia apresentou comportamento semelhante ao da força e ao do módulo proporcional de deformidade, ou seja, diminuíram seus valores com o tempo de armazenagem.

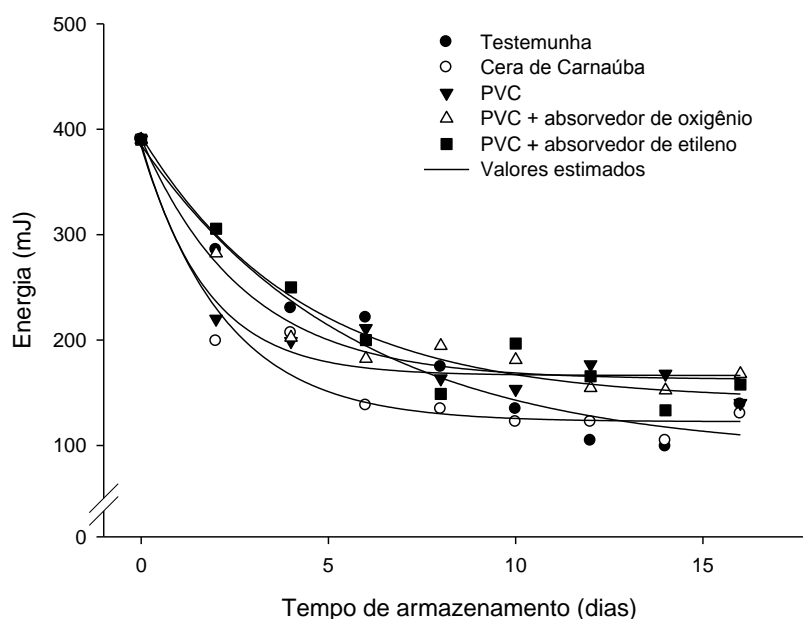


Figura 2.10- Valores médios observados e estimados da energia necessária de compressão para uma deformação específica de 0,005 m para os frutos de manga Tommy Atkins não submetidos a tratamento pós colheita (Testemunha), revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento à 14 °C.

A Tabela 2.7 contém as equações de regressão ajustadas aos valores experimentais de compressão (firmeza), do módulo proporcional de deformidade e da energia dos frutos de manga Tommy Atkins.

Tabela 2.7- Equações ajustadas aos valores experimentais da força de compressão (F), do módulo proporcional de deformidade (E_p) e da energia (ξ) dos frutos de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamentos	Equação de regressão	R^2
Testemunha	$\hat{F} = 46,8465 + 141,07 \times \exp(-0,2126 \times t)$	0,9705
	$\hat{E}_p = 12,5219 + 39,6936 \times \exp(-0,2024 \times t)$	0,9838
	$\hat{\xi} = 92,5376 + 292,50 \times \exp(-0,1758 \times t)$	0,9606
Cera	$\hat{F} = 52,03 + 136,49 \times \exp(-0,5290 \times t)$	0,9595
	$\hat{E}_p = 14,6773 + 38,1824 \times \exp(-0,5516 \times t)$	0,9695
	$\hat{\xi} = 122,45 + 261,20 \times \exp(-0,4425 \times t)$	0,9520
PVC	$\hat{F} = 71,392 + 118,86 \times \exp(-0,6974 \times t)$	0,9573
	$\hat{E}_p = 20,0020 + 33,0372 \times \exp(-0,6280 \times t)$	0,9610
	$\hat{\xi} = 166,4036 + 220,4510 \times \exp(-0,5720 \times t)$	0,9377
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{F} = 69,52 + 122,31 \times \exp(-0,4137 \times t)$	0,9811
	$\hat{E}_p = 19,7331 + 33,8947 \times \exp(-0,4273 \times t)$	0,9885
	$\hat{\xi} = 162,5708 + 228,7785 \times \exp(-0,3619 \times t)$	0,9764
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{F} = 59,8167 + 132,33 \times \exp(-0,2602 \times t)$	0,9550
	$\hat{E}_p = 15,9866 + 37,1694 \times \exp(-0,2373 \times t)$	0,9956
	$\hat{\xi} = 142,7680 + 250,58 \times \exp(-0,2329 \times t)$	0,9748

Observa-se na Tabela 2.7 que tanto a força como a energia para romper a periderme dos frutos decresceu exponencialmente durante o armazenamento nas condições deste trabalho. Ademais, as equações de regressão apresentaram valores satisfatórios de coeficiente de determinação ($R^2 > 0,93$), indicando que as mesmas são aptas para representar o fenômeno estudado.

2.3.3.2- Análises destrutivas

O teste de penetração foi capaz de diferenciar os frutos testemunha dos que sofreram o tratamento. A Figura 2.11 apresenta os valores médios observados da força de penetração da periderme dos frutos de manga Tommy Atkins submetidos e não submetidos a tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento a 14 °C.

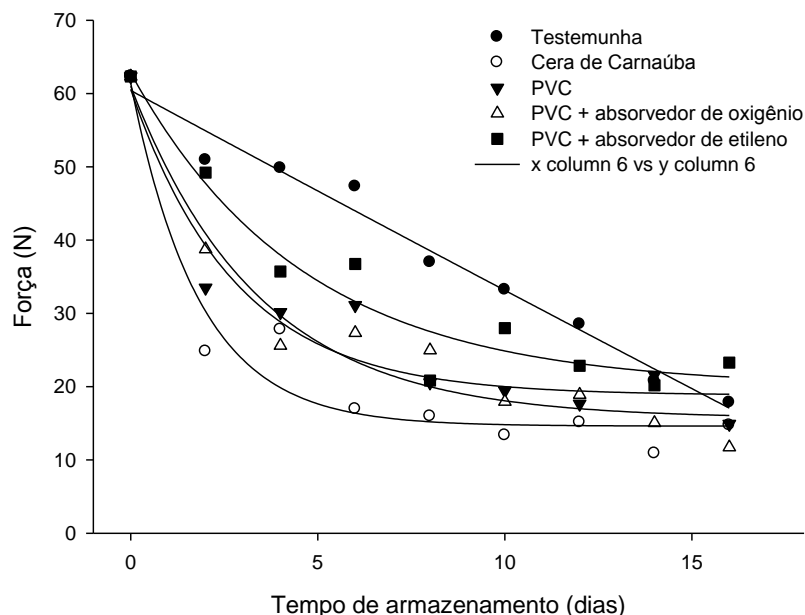


Figura 2.11- Valores médios observados e estimados da força de penetração da periderme dos frutos de manga Tommy Atkins não submetidos a tratamento pós colheita (Testemunha), revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento à 14 °C.

Os valores da força de penetração da periderme dos frutos de manga variaram entre 62,33 e 11,73 N. Os valores de força de penetração diminuíram durante o armazenamento, fato explicado pelo amadurecimento dos frutos durante o armazenamento. Os frutos tratados com PVC + absorvedor de etileno, foram os que apresentaram maior variação durante o armazenamento, decrescendo de 62,33 N para 14,91. Os frutos que sofreram menor variação, foram os tratados com PVC + absorvedor de etileno, variando de 62,33 N a 23,27 N, ao final dos 16 dias. A força de penetração da polpa dos frutos decresceu durante o armazenamento para todos os tratamento, indicando o amadurecimento do produto.

Assim como aconteceu com a força, a energia (Figura 2.12) para romper a periderme dos frutos de manga decresceu significativamente com o tempo de armazenamento. Os valores de energia encontrados variaram entre 145,56 a 23,33 mJ. Os frutos de manga Tommy Atkins tratados com PVC + absorvedor de etileno

foram os que apresentaram menor variação nos valores médios de energia, decrescendo de 145,56 para 72,22 mJ.

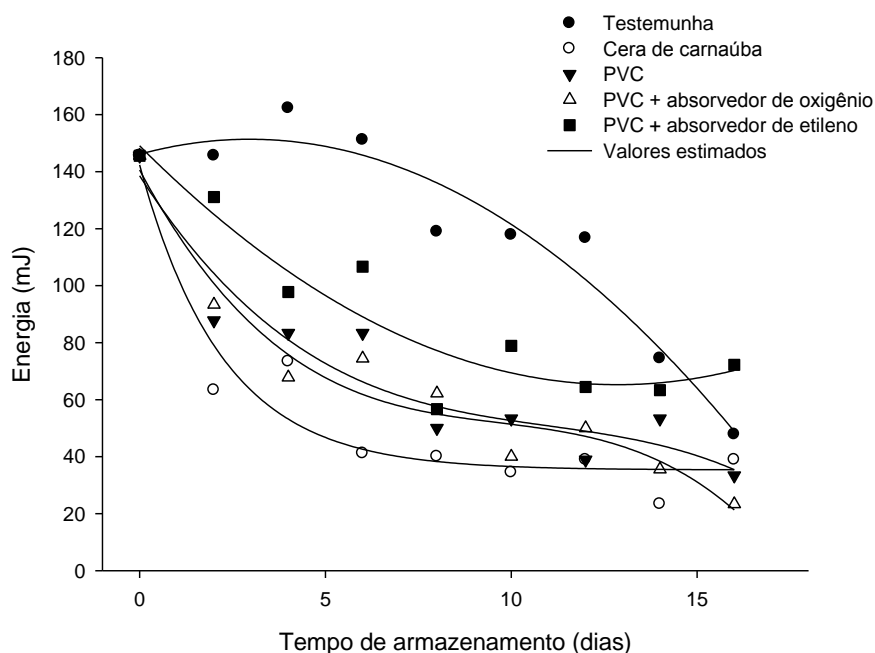


Figura 2.12- Valores médios observados e estimados da energia necessária para romper a periderme dos frutos de manga Tommy Atkins não submetidos a tratamento pós colheita (Testemunha), revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento à 14 °C.

A Tabela 2.8 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de força e energia de rompimento da periderme dos frutos de manga Tommy, ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 2.8- Equações ajustadas aos valores experimentais da força de penetração (F) e da energia (ξ) dos frutos de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamentos	Equação de regressão	R^2
Testemunha	$\hat{F} = 60,4189 - 2,7567 \times t + 0,0030t^2$	0,9794
	$\hat{\xi} = 146,10 + 3,5652 \times t - 0,6025 \times t^2$	0,9365
Cera	$\hat{F} = 14,6191 + 46,7798 \times \exp(-0,5466 \times t)$	0,9453
	$\hat{\xi} = 35,3236 + 107,0798 \times \exp(-0,4477 \times t)$	0,9231

PVC	$\hat{F} = 18,8304 + 41,7511 \times \exp(-0,3568 \times t)$	0,9286
	$\hat{\xi} = 138,5634 - 20,2796 \times t + 1,6765 \times t^2 - 0,0507 \times t^3$	0,9099
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{F} = 15,6487 + 45,3462 \times \exp(-0,2929 \times t)$	0,9546
	$\hat{\xi} = 140,5836 - 24,2543 \times t + 2,3388 \times t^2 - 0,0806 \times t^3$	0,9534
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{F} = 19,9977 + 42,8419 \times \exp(-0,2173 \times t)$	0,9711
	$\hat{\xi} = 149,0707 - 13,0356 \times t + 0,5069 \times t^2$	0,8835

Observa-se que, tanto as equações de regressão para a força de penetração da periderme dos frutos de manga quanto as equações para a energia utilizada para este rompimento a uma deformação específica de 0,005 m, apresentaram valores satisfatórios de coeficiente de determinação, indicando que as mesmas são aptas para representar o fenômeno estudado.

2.3.4- Propriedades mecânicas dos frutos armazenados a 25 °C

2.3.4.1- Análises não-destrutivas

Os tratamentos pós colheita apresentaram um efeito significativo para a firmeza dos frutos na temperatura de 25 °C, somente variando seus valores durante o armazenamento. Os valores médios observados da força máxima necessária para promover uma deformação específica de 0,005 m nos frutos de manga variaram entre 221,63 N (Dia 0) e 11,97 N (Dia 16) para o tratamento PVC + Absorvedor de Oxigênio, conforme apresentado na Figura 2.13.

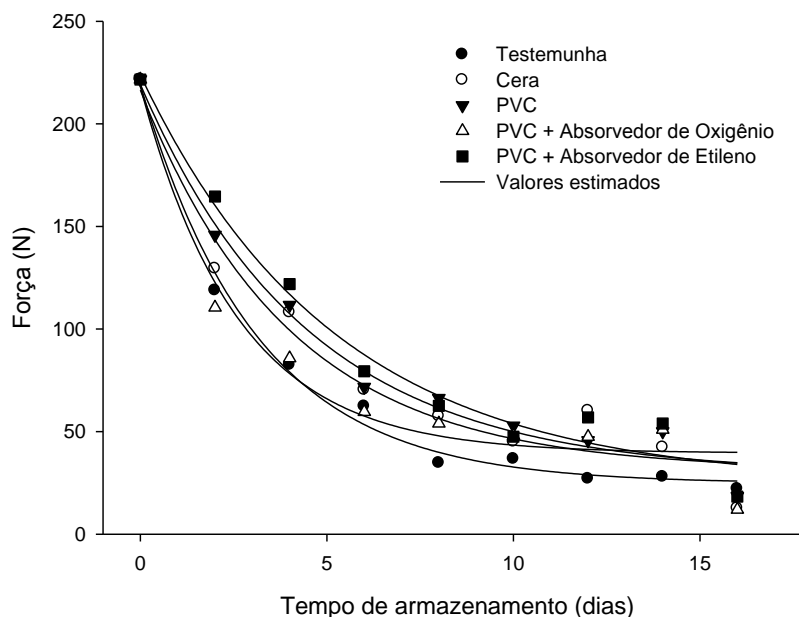


Figura 2.13- Valores médios observados e estimados da firmeza dos frutos de manga Tommy Atkins não submetidos a tratamento pós colheita (Testemunha), revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento à 25°C.

Nota-se que a firmeza dos frutos, expressa pela força máxima sustentada pelos mesmos para uma dada deformação, decresceu durante o armazenamento, como observado na Figura 2.13. Esta força é um indicador das propriedades mecânicas do produto, sendo inversamente proporcional ao amadurecimento dos frutos e, portanto, pode ser utilizada como indicador do amadurecimento (MOHSENIN, 1986). Outros autores também relatam a diminuição de firmeza de frutos diversos com o amadurecimento dos mesmos (HERTOG et al., 2004; SILVA e MENEZES, 2001).

Analisando a Figura 2.13, observa-se que os frutos tratados pós colheita, foram eficientes na conservação da firmeza durante o amadurecimento desses frutos, em comparação com os frutos do lote testemunha. Nos frutos tratados com PVC + absorvedor de etileno, foram os que apresentaram melhores resultados em relação a firmeza dos frutos de manga, durante o armazenamento à 25 °C. Também, pode-se perceber que a partir do 12º dia, os frutos tratados com PVC e com PVC + absorvedor de oxigênio, apresentaram valores próximos a 50 N.

A Figura 2.14 apresenta os valores médios observados e estimados do módulo proporcional de deformidade (MPa) em função do tempo de armazenamento, para uma deformação específica de 0,005 m.

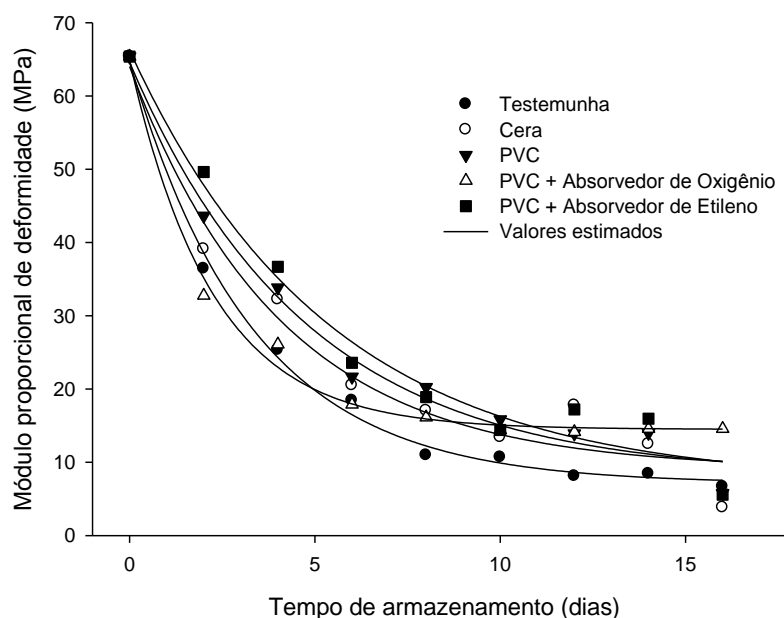


Figura 2.14- Valores médios observados e estimados do módulo proporcional de deformidade para os frutos de manga Tommy Atkins não submetidos a tratamento pós colheita (Testemunha), revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento à 25°C.

Pela Figura 2.14 observa-se que o módulo proporcional de deformidade apresentou um comportamento semelhante ao da força de compressão. COUTO et al. (2002), argumentam que quanto maior o módulo proporcional de deformidade, maior a força necessária para promover uma determinada deformação em um produto. Percebe-se que, na temperatura utilizada neste experimento, os frutos tratados com cera de carnaúba apresentaram menores valores de módulo proporcional de deformidade ao final dos 16 dias de armazenamento. Os valores do módulo proporcional de deformidade variaram entre 68,04 a 3,82 MPa.

A energia referente ao teste de compressão dos frutos de manga Tommy Atkins decresceu ao longo do armazenamento, apresentando valores entre 448,88 e 31,11 mJ (Figura 2.15). A energia apresentou comportamento semelhante ao da força e ao do módulo proporcional de deformidade, ou seja, diminuíram seus valores com o tempo de armazenagem e se comportam diferentemente para cada tratamento.

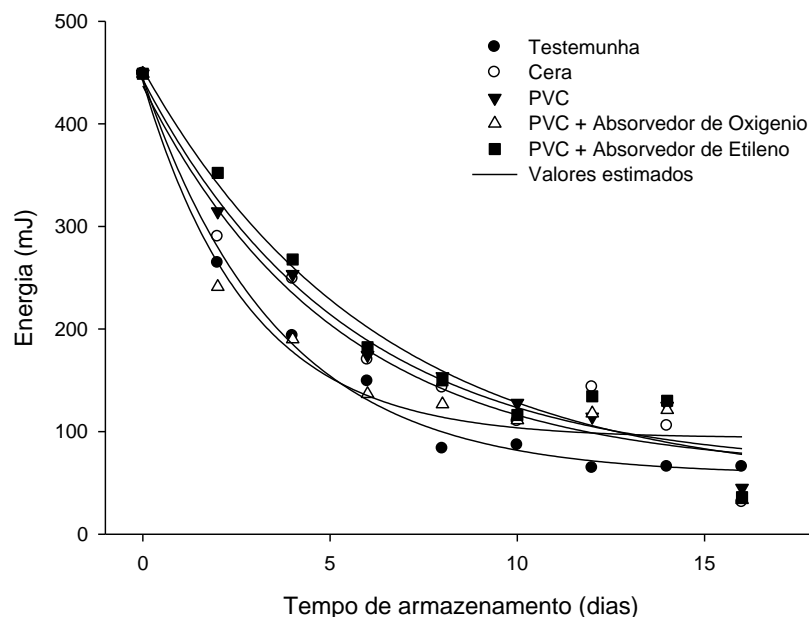


Figura 2.15- Valores médios observados e estimados da energia necessária de compressão para uma deformação específica de 0,005 m para os frutos de manga Tommy Atkins não submetidos a tratamento pós colheita (Testemunha), revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento à 25°C.

A Tabela 2.9 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de compressão (firmeza), energia e do módulo proporcional de deformidade dos frutos de manga Tommy Atkins.

Tabela 2.9- Equações ajustadas aos valores experimentais da força de compressão (F), da energia (ξ) e do módulo proporcional de deformidade (E_p) dos frutos de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamentos	Equação de regressão	R^2
Testemunha	$\hat{F} = 24,6820 + 194,3013 \times \exp(-0,3183 \times t)$	0,9931
	$\hat{\xi} = 57,6309 + 386,8614 \times \exp(-0,2774 \times t)$	0,9925
	$\hat{E}_p = 7,0895 + 57,6106 \times \exp(-0,3018 \times t)$	0,9955
Cera	$\hat{F} = 31,2426 + 185,2197 \times \exp(-0,2498 \times t)$	0,9614
	$\hat{\xi} = 61,9824 + 375,0678 \times \exp(-0,1935 \times t)$	0,9533
	$\hat{E}_p = 9,0347 + 54,9831 \times \exp(-0,2446 \times t)$	0,9639

PVC	$\hat{F} = 29,3931 + 189,8822 \times \exp(-0,2222 \times t)$	0,9821
	$\hat{\xi} = 63,5916 + 379,6174 \times \exp(-0,1847 \times t)$	0,9746
	$\hat{E}_p = 8,1259 + 56,4897 \times \exp(-0,2097 \times t)$	0,9846
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{F} = 39,4903 + 178,6829 \times \exp(-0,3817 \times t)$	0,9591
	$\hat{\xi} = 93,7181 + 347,8620 \times \exp(-0,350 \times t)$	0,9493
	$\hat{E}_p = 14,4950 + 50,3816 \times \exp(-0,4453 \times t)$	0,9926
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{F} = 24,8573 + 199,0343 \times \exp(-0,1926 \times t)$	0,9759
	$\hat{\xi} = 46,6972 + 406,5623 \times \exp(-0,1606 \times t)$	0,9632
	$\hat{E}_p = 7,0804 + 59,1658 \times \exp(-0,1863 \times t)$	0,9748

Observa-se na Tabela 2.9 que tanto a força como a energia para romper a periderme dos frutos decresceu exponencialmente durante o armazenamento nas condições deste trabalho. Ademais, as equações de regressão apresentaram valores satisfatórios de coeficiente de determinação, indicando que as mesmas são aptas para representar o fenômeno estudado.

2.3.4.2- Análises destrutivas

A Figura 2.16 apresenta os valores médios observados da força de penetração da periderme dos frutos de manga Tommy Atkins submetidos e não submetidos a tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento a 25 °C.

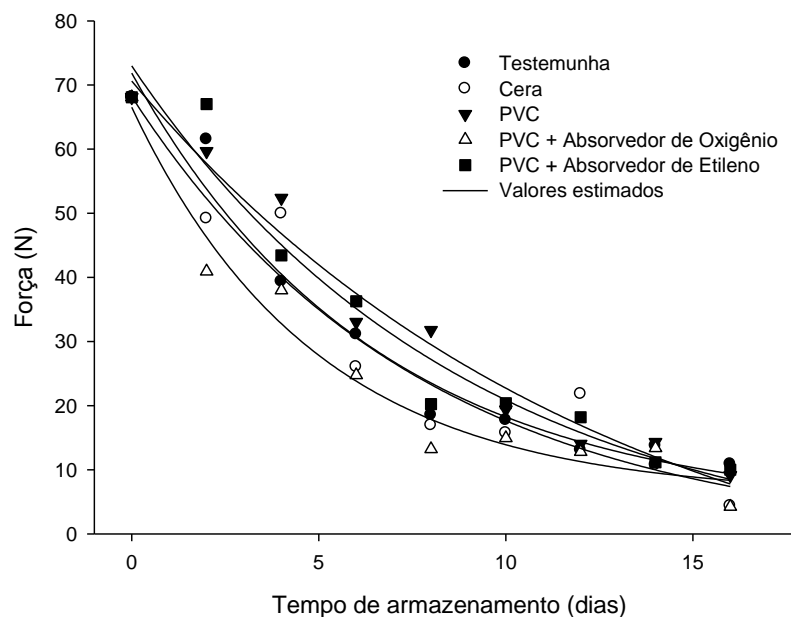


Figura 2.16- Valores médios observados e estimados da força de penetração da periderme dos frutos de manga Tommy Atkins não submetidos a tratamento pós colheita (Testemunha), revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento à 25 °C.

O teste de penetração foi capaz de diferenciar os frutos testemunha dos que sofreram o tratamento. Os valores da força de penetração da periderme dos frutos de manga variaram entre 68,08 e 4,23 N. Os valores de força de penetração diminuíram durante o armazenamento, fato explicado pelo amadurecimento dos frutos durante o armazenamento, as variações da força de penetração são devidas principalmente à perda de massa dos frutos, alterando a turgescência dos frutos. Outro aspecto inerente à força de rompimento da periderme dos frutos da manga é em relação ao amadurecimento dos mesmos. É sabido que a periderme dos frutos verdes requer uma maior força para que ocorra seu rompimento, decrescendo seus valores ao passo que os frutos se tornam maduros (BATU, 2004). Este fato está de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, em que a força de penetração da periderme dos frutos decresceu durante o armazenamento, indicando o amadurecimento do produto.

Assim como aconteceu com a força, a energia (Figura 2.17) para romper a periderme dos frutos de manga decresceu significativamente com o tempo de armazenamento. Os valores de energia encontrados variaram entre 165,56 a 14,00 mJ.

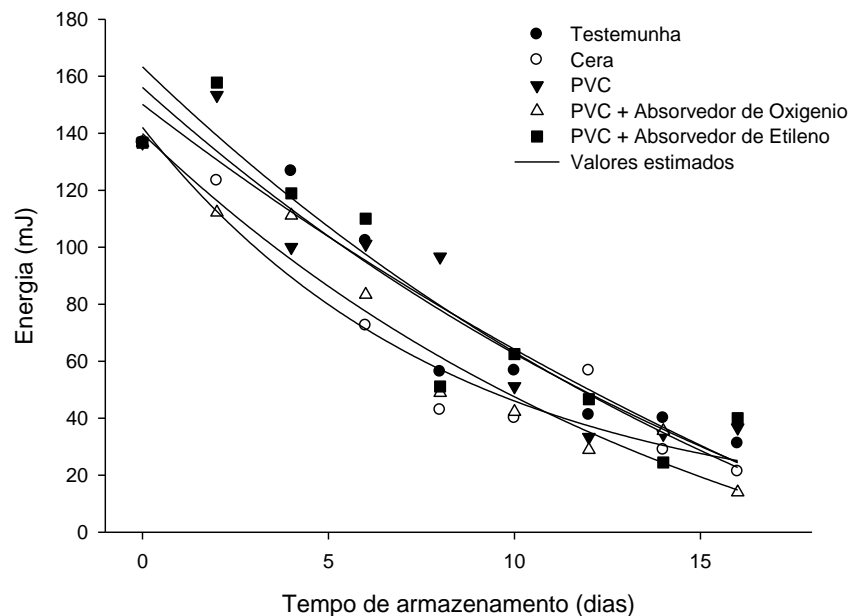


Figura 2.17- Valores médios observados e estimados da energia necessária para romper a periderme dos frutos de manga Tommy Atkins não submetidos a tratamento pós colheita (Testemunha), revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento à 25 °C.

A Tabela 2.10 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de força e energia de rompimento da periderme dos frutos de manga Tommy, ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 2.10- Equações ajustadas aos valores experimentais da força de penetração (F) e da energia (ξ) dos frutos de manga Tommy Atkins, em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamentos	Equação de regressão	R^2
Testemunha	$\hat{F} = 3,5175 + 68,3475 \times \exp(-0,1535 \times t)$	0,9706
	$\hat{\xi} = -96,8288 + 260,1638 \times \exp(-0,0486 \times t)$	0,8657
Cera	$\hat{F} = -1,2871 + 69,4978 \times \exp(-0,1300 \times t)$	0,9310
	$\hat{\xi} = 5,6390 + 136,4393 \times \exp(-0,1217 \times t)$	0,9401
PVC	$\hat{F} = -16,5791 + 87,2021 \times \exp(-0,0797 \times t)$	0,9754
	$\hat{\xi} = -163,2061 + 313,3716 \times \exp(-0,0321 \times t)$	0,8921

PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{F} = 6,0388 + 60,4968 \times \exp(-0,2040 \times t)$	0,9642
	$\hat{\xi} = -54,0682 + 193,9812 \times \exp(-0,0647t)$	0,9573
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{F} = -4,4662 + 77,4550 \times \exp(-0,1117 \times t)$	0,9565
	$\hat{\xi} = -91,1931 + 247,2942 \times \exp(-0,0474 \times t)$	0,8748

Observa-se que, assim como para a compressão (firmeza), módulo proporcional de deformidade e energia necessária para manter uma deformação específica de 0,005 m para os frutos armazenados a 25 °C, a força de penetração da periderme dos frutos de manga e a energia para este rompimento também apresentaram um comportamento exponencial ao longo do armazenamento. Verifica-se também que as equações de regressão apresentaram valores satisfatórios de coeficiente de determinação, indicando que as mesmas são aptas para representar o fenômeno estudado.

As análises destrutivas para o estudo das alterações em frutos, cereais, dentre outros, vem sendo empregada juntamente com as análises não-destrutivas de forma a se obter, para cada produto, aquela que melhor retrata as alterações físico químicas destes produtos ao longo de sua vida de prateleira. ABBOTT (1999) e DE KETELAERE et al. (2006) relatam que a força resultante da penetração é reflexo de alterações nas propriedades mecânicas de materiais biológicos. Portanto, a sua utilização é um importante indicador da firmeza e amadurecimento destes produtos (WANG et al., 2006).

2.4- CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que foi realizado o experimento, conclui-se que os frutos de manga Tommy Atkins tratados com filme de PVC + absorvedor de etileno, nas duas temperaturas (14 e 25 °C), foram os que apresentaram melhores resultados, tanto para a perda de massa quanto para as propriedades texturais (compressão, relaxação e penetração). No entanto para a temperatura de 14 °C e 25 °C, os frutos tratados com cera de carnaúba e os frutos tratados com PVC + absorvedor de oxigênio, respectivamente, foram os que apresentaram os piores resultados para a conservação do fruto de manga. De forma geral, os frutos armazenados a 14 °C obtiveram melhores repostas com relação à conservação das características texturais e a perda de massa. O modelo generalizado de Maxwell representa bem o processo de relaxação em todas as condições estudadas, descrevendo adequadamente as alterações dos frutos de manga Tommy Atkins ao longo do armazenamento.

2.5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, J.A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 3, p. 207 – 225, 1999.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. **Agricultural Engineers Yearbook of Standards**, St. Joseph, 819 p., 1994.

BATU, A. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 471-475. 2004.

BELLIDO, G.G.; HATCHER, D.W. Stress relaxation behaviour of yellow alkaline noodles: Effect of deformation history. **Journal of Food Engineering**, v. 93, n. 4, p. 460 – 467, 2009.

BHATTACHARYA, S. Stress relaxation behaviour of moth bean flour dough: Product characteristics and suitability of model. **Journal of Food Engineering**, v. 97, n. 4, p. 539 – 546, 2010.

BOTREL, N., SILVA, O.F.; BITTENCOURT, A.M. Procedimentos pós-colheita. In: MATSUURA, F.C.A.U.; FOLEGATTI, M.I.S. da (Ed.). **Banana pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.32-39, 2001.

BOURNE, M. C. Texture evaluation of horticultural crops. **Hort. Science**, v.15, p. 51-56, 1980.

BOURNE, M. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, 2002. 427 p.

CAMPUS, M.; ADDIS, M.F.; CAPPUCCINELLI, R.; PORCU, M.C.; PRETTI, L.; TEDDE, V.; SECCHI, N.; STARA, G.; ROGGIO, T. Stress relaxation behaviour and structural changes of muscle tissues from Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata* L.) following high pressure treatment. **Journal of Food Engineering**, v. 96, n. 2, p. 192-198, 2010.

CHEN, C.R.; RAMASWAMY, H.S. Color and texture change kinetics in ripening bananas. **LWT – Food Science and Technology**, v. 35, n. 5, p. 415 – 419, 2002.

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

COUTO, S.M.; BATISTA, C.S.; PEIXOTO, A.B.; DEVILLA, I.A. Comportamento mecânico de frutos de café: módulo de deformidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 285 – 294, 2002.

DE KETELAERE, B.; HOWARTH, M.S.; CREZEE, L.; LAMMERTYN, J.; VIAENE, K.; BULENS, I.; DE BAERDEMAEKER, J. Postharvest firmness changes as measured by acoustic and low-mass impact devices: a comparison of techniques. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p. 275 – 284. 2006.

DEL NOBILE, M.A.; CHILLO, S.; MENTANA, A.; BAIANO, A. Use of the generalized Maxwell model for describing the stress relaxation behavior of solid-like foods. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 3, p. 978 – 983, 2007.

DESMET, M.; LAMMERTYNA, J.; VAN LINDEN, V.; VERLINDEN, B.E.; DARIUS, P.; NICOLAÏ, B.M. The relative influence of stem and fruit properties on stem puncture injury in tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, p. 101–109. 2004.

DUAN, X.; CHENG, G.; YANG, E.; YI, C.; RUENROENGLIN, N.; LU, W.; LU, Y.; JIANG, Y. Modification of pectin polysaccharides during ripening of postharvest banana fruit. **Food Chemistry**, Washington, v. 111, p. 144-148, 2008.

ERRINGTON, N.; MITCHELL, J.R.; TUCKER, G.A. Changes in the force relaxation of tomatoes during ripening: the effect of continual testing and polygalacturonase activity. **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, n. 2, p. 141 – 147, 1997.

EXAMA, A.; ARUL, J.; LENCKI, Z.L. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v.58, n.6, p.1365-1370, 1993.

GONÇALVES, C. A. A.; LIMA, L. C. de O. LOPES, P. S. N.; PRADO, M. E. T. Caracterização física, físico-química, enzimática e de parede celular em diferentes estádios de desenvolvimento da fruta de figueira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 220-229, 2006.

HILUEY, L.J.; GOMES, J.P.; ALMEIDA, F. de A.C.; SILVA, M.S.; ALEXANDRE, H.V. Avaliação do rendimento do fruto, cor da casca e polpa de manga tipo espada sob atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.7, p.151-157, 2005.

JERONIMO, E.M. **Qualidade de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob atmosfera modificada**. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, n.4, p. 237- 243, 2007.

KASHANINEJAD, M.; MORTAZAVI, A.; SAFEKORDI, A.; TABIL, L.G. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 98 - 108, 2007.

KAYS, J. S. **Postharvest physiology of perishables plant products**. New York: AVI., 1991. 543p.

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

MOHSENIN, N. **Physical properties of plant and animal materials**. 2 ed. New York: Gordon and Breach, 1986. 534 p.

PANTÁSTICO, E.B. **Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1975, 560p.

RESENDE, O.; CORRÊA, P.C. Modelagem matemática do processo de hidratação de sementes de feijão. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 29, n. 3, p. 373 – 378, 2007.

RIBEIRO, T. P.; LIMA, M. A. C. de; TRINDADE, D. C. G. da; SANTOS, A. C. N. dos; AMARIZ, A. Uso de revestimentos à base de dextrina na conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 343-351, 2009.

RODRÍGUEZ-SANDOVAL, E.; FERNÁNDEZ-QUINTERO, A.; CUVÉLIER, G. Stress relaxation of reconstituted cassava dough. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 202 – 206, 2009.

SIGRIST, J.M.M. **Respiração. Transpiração**. In: *Tecnologia pós-colheita de frutas tropicais*. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p.19-32, 1992.

SILVA, A. V. C. da; MENEZES, J. B. Caracterização físico-química da manga 'Tommy Atkins' submetida a aplicação de cloreto de cálcio pré-colheita e armazenamento refrigerado. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.67-72, 2001.

SOUSA, P. J.; PRAÇA, E. F.; ALVES, R. E.; NETO, F. B.; DANTAS; F. F. Influência do armazenamento refrigerado em associação com atmosfera modificada por filmes plásticos na qualidade de mangas 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 665-668, 2002.

STAMPANONI, C. R.; NOBEL, A. C. The influence of fat, acid and salt on the perception selected taste and texture attributes of cheese analogs: a scalar study. **Journal of Texture Studies**, v. 22, p. 367-380, 1991.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. Michigan: Freeman Press, 1992.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, p. 1-51, 1993.

VAN DIJK, C.; BOERIU, C.; PETER, F.; STOLLE-SMITS, T.; TIJSKENS, L.M.M. The firmness of stored tomatoes (cv. Tradiro). 1. Kinetic and near infrared models to describe firmness and moisture loss. **Journal of Food Engineering**, v. 77, p. 575–584, 2006.

VOISEY, P.W. The Ottawa texture measuring system. **Canadian Institute of Food Science and Technology**, v. 4, p. 91 – 103, 1971.

WANG, J.; TENG, B.; YU, Y. The firmness detection by excitation dynamic characteristics for peach. **Food Control**, v. 17, p. 353 – 358. 2006.

YOSHIOKA, H.; KASHIMURA, Y.; KANEKO, K. Solubilization and distribution of neutral sugar residues derived from polyuronides during the softening in apple fruit. **Journal of Japanese Society of Horticultural Science**, v. 63, n. 1, p. 173-182, 1994.

CAPÍTULO 3

Efeito de tratamentos pós colheita sobre o comportamento do escoamento da polpa de Manga Tommy Atkins armazenada em duas temperaturas sob atmosfera modificada

3.1- INTRODUÇÃO

A vida pós-colheita da manga é limitada pela deterioração fisiológica causada pelo excessivo amadurecimento da fruta e pela multiplicação de patógenos que ocasionam podridões. Segundo JERÔNIMO e KANESIRO (2000), o emprego da refrigeração prolonga o período de conservação dos frutos e o uso de atmosfera modificada durante o armazenamento pode reduzir os danos ocasionados pela respiração e pela transpiração, como perda de massa e mudança na aparência. Nos últimos anos várias técnicas de conservação pós-colheita têm sido usadas para garantir a conservação, frescor e qualidade dos alimentos, dentre elas pode ser citada a embalagem em atmosfera modificada combinadas com baixas temperaturas (ALMENAR et al., 2009).

De acordo com CHITARRA e CHITARRA (2005) as respostas fisiológicas e/ou bioquímicas, bem como os processos de deterioração e conseqüente perda de qualidade e valor nutricional de frutas frescas, estão diretamente influenciadas pelas condições atmosféricas no ambiente de armazenamento.

A atmosfera modificada possibilita o estabelecimento de uma composição de gases ideal dentro da embalagem, onde a atividade respiratória do produto seja a menor possível, prolongando sua vida-de-prateleira (PEREIRA et al, 2003). A atmosfera modificada pode ser obtida com o uso de filmes plásticos, como cloreto de polivinila (PVC), ou de revestimentos à base de cera-de-carnaúba, polissacarídeos, proteínas e lipídios, entre outros. Quando revestidas de forma adequada, as frutas têm reduzida perda de umidade e menor incidência de micro-organismos patogênicos, aumentando o período de conservação e melhorando a aparência pelo incremento do brilho superficial.

CHITARRA e CHITARRA (2005) relatam que a composição da atmosfera interna irá depender da permeabilidade do material da embalagem e da velocidade de consumo ou de liberação de gases pelo produto. Para cada tipo de vegetal, existe um tipo de Atmosfera Modificada específico para aumentar e maximizar sua vida útil. O

sistema de embalagem deve ser testado previamente para seleção das melhores condições. A ideal é aquela que apresenta as melhores concentrações de gases para reduzir as alterações bioquímicas e fisiológicas do produto, notadamente a respiração e a produção de etileno, mantendo as características de qualidade (cor, textura, sabor, valor nutritivo, etc.). Resultados promissores quanto ao uso de atmosfera modificada associada a refrigeração têm sido evidenciado em trabalhos com mamões (TEIXEIRA et al., 2001) e melões (VILAS BOAS et al., 2004).

A escolha do tipo de filme utilizado para embalagem é fundamental para o êxito do armazenamento, uma vez que a embalagem deve manter a atmosfera protegida durante o maior tempo possível, para se obter a vida útil máxima do produto. Devido à taxa respiratória, a composição gasosa no interior da embalagem varia com o tempo até alcançar uma atmosfera de equilíbrio, que é função, basicamente, do tipo e quantidade do produto, das características do filme utilizado, da atmosfera inicial e da temperatura de armazenamento (SOUZA, 2006).

A resposta das indústrias alimentícias é o investimento em novas tecnologias que satisfaçam esta demanda. Por isso, é grande a atenção ao condicionamento em atmosfera modificada, porque atende à crescente demanda dos consumidores por alimentos frescos e de qualidade, com maior vida útil, porém, sem conservantes e aditivos.

A compreensão dos processos fisiológicos de amadurecimento dos frutos fornece subsídios para solução de problemas que afetam a produção e a comercialização e contribui para o aumento da produtividade e da manutenção da sua qualidade, desenvolvendo produtos que atendam às exigências do mercado. A estabilidade e aparência dos alimentos dependem das características reológicas e de sua composição química. A reologia desempenha um importante papel na formulação, fabricação e processamento de produtos alimentícios (HAMINIUK, 2005).

O conhecimento do comportamento reológico de qualquer fluido é muito importante e está relacionada com as etapas na industrialização dos alimentos: engenharia de processos, controle de qualidade, no desenvolvimento de novos produtos, avaliação sensorial e estrutura de alimentos. As propriedades de escoamento dos alimentos são necessárias para conseguir um desempenho ótimo nas diferentes operações unitárias de transporte, concentração, evaporação, pasteurização, pulverizadores, mistura que compõem as distintas etapas do

processo. A viscosidade contribui na determinação estrutural e composição dos alimentos, assim como para prever as mudanças estruturais durante o processo de acondicionamento e elaboração (VIDIGAL, 2009).

Modelos específicos podem descrever satisfatoriamente a variação dos parâmetros reológicos durante o amadurecimento dos frutos, fornecendo não somente índices práticos de textura, como também características subjacentes aos processos de amadurecimento (RIBEIRO, 2006). Produtos de frutas e hortaliças são considerados como fluidos de comportamento não-newtoniano, seguindo o modelo de Ostwald-de-Waele ou Lei de Potência (3.1), modelo de Herschel-Bulkley (3.2) e Modelo de Casson (3.3):

$$\tau = K(\dot{\gamma})^n \quad 3.1$$

em que:

- τ : tensão de cisalhamento (Pa);
- K : índice de consistência (Pa.s);
- $\dot{\gamma}$: taxa de deformação (s^{-1});
- n : índice de escoamento do comportamento (adimensional).

Muitos autores utilizaram o modelo de Ostwald-De-Waele para descrever o comportamento reológico de produtos alimentícios, entre esses produtos estão: polpa de jabuticaba e polpa de gabirola (SATO e CUNHA, 2009; OLIVEIRA et al, 2011).

$$\tau = \tau_0 + K_H (\dot{\gamma})^{n_H} \quad 3.2$$

em que:

- τ : tensão de cisalhamento (Pa);
- τ_0 : tensão crítica (Pa);
- $\dot{\gamma}$: taxa de deformação (s^{-1});
- K_H : índice de consistência (Pa.s);
- n_H : índice de escoamento do comportamento (adimensional).

Diversos estudos mostraram que as polpas de frutas comportam-se como um fluido pseudoplástico, como resultado de complexas interações entre os açúcares solúveis, substâncias pecticas e sólidos suspensos. OLIVEIRA et al. (2011) e PELEGRINE et al. (2000), ao estudarem o comportamento da polpa de goiaba e da

polpa de manga integral, respectivamente, verificaram que, o modelo de Herschel-Bulkley foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais.

$$(\tau)^{0,5} = K_{OC} + K_C(\dot{\gamma})^{0,5} \quad 3.3$$

em que:

- τ : tensão de cisalhamento (Pa);
- K_{OC} : tensão inicial (Pa);
- K_C : viscosidade plástica de Casson;
- $\dot{\gamma}$: taxa de deformação (s^{-1});

BRANCO e GASPARETTO (2005), ao estudarem o comportamento reológico de misturas de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura, utilizaram o modelo de Casson para descrever o comportamento reológico da mistura.

O potencial de crescimento que a cultura da manga Tommy Atkins representa para o Brasil e a escassez de informações sobre o comportamento reológico de seus derivados justificam a realização do presente trabalho. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento do escoamento da polpa de manga, sob a influência da atmosfera modificada e revestimento comestível nas temperaturas de 14 e 25 °C, durante o armazenamento.

3.2- MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Ciência de Produtos de Frutas e Hortaliças, do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), localizado no Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

3.2.1- Obtenção da Matéria-prima

Foram utilizados no experimento frutos de mangueiras (*Mangifera indica* L.) var. 'Tommy Atkins', provenientes do Município de Janaúba, Norte de Minas Gerais. Os frutos foram colhidos manualmente no estágio de maturação verde maduro. Os mesmos foram posteriormente selecionados, retirando-se as mangas danificadas ou com injúrias visíveis, a fim de se obter um produto homogêneo e de qualidade.

3.2.2- Tratamentos Aplicados

Feita a seleção, os frutos foram divididos em cinco lotes, no qual foram: (1) Testemunha (sem tratamento); (2) revestidos com cera de carnaúba; (3) embalados com filme de PVC (policloreto de vinila); (4) embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio; (5) embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno (Figura 3.1).

Os frutos que serviram como testemunha, foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido, totalizando 24 bandejas, com 3 frutos em cada.

Para a aplicação do revestimento comestível de cera de carnaúba foi utilizada o produto comercial emulsão de cera de carnaúba 18% (Meghwax ECF 224, Megh, Brasil). diluída na proporção 1:2 (v/v). A aplicação foi feita com o auxílio de um borrifador, sendo os frutos revirados para assegurar uma cobertura uniforme dos mesmos. Em seguida os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido com dimensão (24x18) cm, totalizando 24 bandejas com 3 frutos em cada.

Para os frutos embalados com filmes de PVC, foram utilizadas bandejas de poliestireno expandido, revestidas com uma camada de filme de PVC, espessura de 10 μm , da marca Filmito, sendo que cada bandeja continha 3 frutos.

Nos tratamentos que se utilizou absorvedores de oxigênio, os sachês contendo absorvedores de oxigênio com concentração de 600 cc com 8 gramas da marca SOFT POST[®], foram colocados nas bandejas de poliestireno expandido e revestidas por uma camada de filme de PVC, totalizando 24 bandejas com 3 frutos em cada.

Os sachês contendo absorvedores de etileno foram feitos em laboratório, utilizando permanganato de potássio (KMnO_4) como reagente. Foram preparados os sachês com 8 g de permanganato e 5 g de vermiculita para cada sachê. Após ser pesado, o KMnO_4 foi dissolvido em água destilada, sendo esta solução colocada em contato com a vermiculita e levada para estufa a 80°C afim de proceder a secagem. Após a secagem, a vermiculita impregnada com permanganato de potássio foi pesada novamente em porções de 13 g para cada saquinho de TNT (material utilizado para confecção do sachê). Em seguida, os sachês foram armazenados em vidros hermeticamente fechados onde permaneceram até o momento da realização do experimento. Os frutos tratados com absorvedores de etileno foram embalados em bandejas de poliestireno expandido revestidas por filmes de PVC, contendo em seu interior o sachê com permanganato de potássio.



(1) Testemunha



(2) Cera de Carnaúba



(3) Filme PVC



(4) Filme PVC +
absorvedor de oxigênio



(5) Filme PVC +
absorvedor de etileno

Figura 3.1- Frutos de manga Tommy Atkins selecionados e acondicionados sob diferentes tratamentos pós-colheita: (1) Testemunha (sem tratamento); (2) revestidos com cera de carnaúba; (3) embalados com filme de PVC (policloreto de vinila); (4) embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio; (5) embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno.

Posteriormente, os frutos foram armazenados em duas temperaturas: $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperatura ambiente) e à $14\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperatura utilizada para armazenamento de mangas), durante um tempo de 16 dias, em câmaras tipo BOD. A umidade relativa no interior das câmaras foi mantida em $85 \pm 5\%$. As análises dos frutos foram realizadas de dois em dois dias após o acondicionamento dos frutos.

A obtenção de polpa de manga para as análises foi extraída em uma despulpadeira da marca Philips Walita. A polpa foi, então, acondicionada em potes plásticos de 100 mL e congelada à uma temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.2.3- Comportamento do escoamento da polpa de Manga

O comportamento do escoamento da polpa de manga Tommy Atkins armazenadas nas duas temperaturas (25 e 14) $^{\circ}\text{C}$, foi determinado por um reômetro rotacional de cilindros coaxiais tipo Searle marca Brookfield, modelo R/S plus SST 2000, fabricado por Brookfield Engineering Laboratories, Inc., E.U.A, utilizando-se o sensor DG Din (Figura 3.2) para todas as amostras. As medidas foram feitas na temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. As medidas de tensão de cisalhamento (τ) e a estimativa da

viscosidade aparente (η_a) foram realizadas aplicando uma rampa contínua de taxa de deformação ($\dot{\gamma}$) variado de 0 a 400 s⁻¹ durante um tempo de 120 s para a curva ascendente e 120 s para a curva descendente. As medidas foram tomadas a cada 4 s, por um software, totalizando 30 pontos em cada ensaio, sendo assumido o valor médio da tensão de cisalhamento em cada valor de taxa de deformação. Para que fosse eliminada a influência da tixotropia no comportamento reológico da polpa da Manga, todas as amostras sofreram cisalhamento (quebra da tixotropia) durante um período de 180 s, a uma taxa de deformação de 100 s⁻¹.

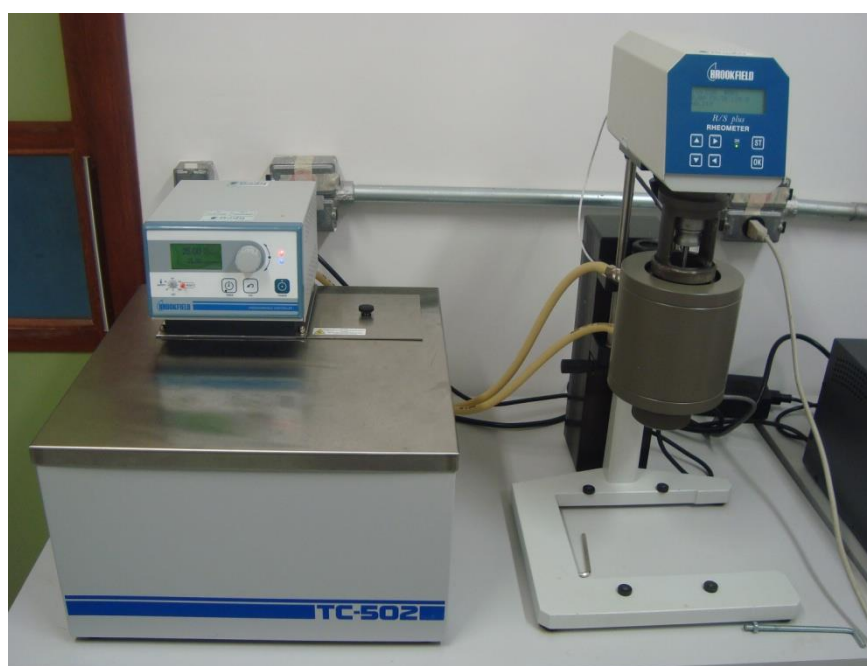


Figura 3.2- Reômetro rotacional de cilindros concêntricos tipo Searle marca Brookfield, modelo R/S plus SST 2000.

Os modelos de Ostwald-de-Walle (3.1), Hershel-Bulkley (3.2) e Casson (3.3) foram ajustados aos dados reológicos obtidos. O valor da viscosidade aparente (η_a) foi calculada utilizando os parâmetros da equação do modelo Hershel-Bulkley (3.4), pois foi o modelo que teve melhor ajuste.

$$\eta_a = k_H(\dot{\gamma})^{n_H-1} + \frac{\tau_0}{\dot{\gamma}} \quad (3.4)$$

em que:

η_a : Viscosidade aparente (Pa.s);

- τ_0 : Tensão de cisalhamento inicial (Pa);
 $\dot{\gamma}$: Taxa de deformação (s^{-1});
 k_H : índice de consistência ($Pa \cdot s^{n_H}$)
 n_H : índice de comportamento reológico;

Essa é a equação utilizada para determinação de viscosidade aparente para os fluidos que se adequam ao modelo de Hershel-Bulkley. Muitos autores utilizam este modelo para descrever o comportamento reológico de produtos tais como: misturas ternárias de polpa de morango, amora e framboesa (HAMINIUK et al., 2007) e polpa de açaí em diferentes concentrações (PEREIRA *et al.*, 2003).

3.2.4- Análise estatística

O experimento foi realizado, para cada temperatura, em um esquema de parcela subdividida, para a análise do comportamento do escoamento da polpa de manga, no delineamento inteiramente casualizado, em três repetições em triplicata.

Para ajustar os modelos aos dados experimentais foi utilizado o pacote estatístico SAS[®] (Statistical Analysis System – SAS Institute Inc., North Carolina, USA 1999) versão 9.1, licenciado pela Universidade Federal de Viçosa. Para escolha do melhor modelo foram comparados os valores de coeficiente de determinação (R^2), nível de significância e quadrado médio do erro (QME).

3.3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1- Comportamento do escoamento da polpa de Manga

Os modelos de Ostwald-de-Walle (3.1), Hershel-Bulkley (3.2) e Casson (3.3) foram ajustados aos dados reológicos obtidos, para descrever o comportamento reológico da polpa de Manga Tommy Atkins, submetidos a diferentes tratamentos pós colheita, e armazenadas por 16 dias nas temperaturas de (14 e 25) °C.

3.3.1.1- Armazenamento à 14 °C

Dentre os modelos reológicos estudados para descrever o comportamento do escoamento de polpa de manga, o modelo de Herschel-Bulkley (3.2) foi o que proporcionou os melhores parâmetros estatísticos para os ajustes dos dados experimentais, obtendo assim os valores dos parâmetros para a tensão crítica (τ_0), o

índice de consistência (K_H) e o índice de escoamento do comportamento (η_H), para todas as amostras.

Nas Figuras de 3.3 a 3.7, em que a tensão de cisalhamento obtida experimentalmente se encontra em função da taxa de deformação aplicada para as amostras de polpa de manga, estão apresentados os reogramas típicos de um fluido pseudoplástico com tensão crítica (τ_0), que diz que, para que ocorra o escoamento do fluido, é necessário aplicar uma tensão de cisalhamento maior que a tensão inicial.

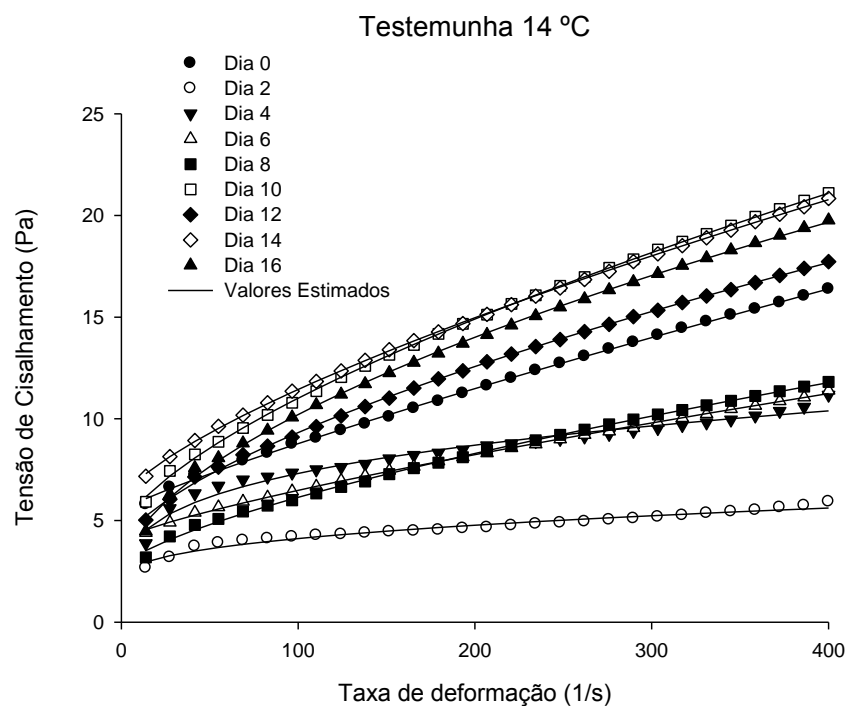


Figura 3.3- Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para frutos de manga Tommy Atkins (Testemunha), ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

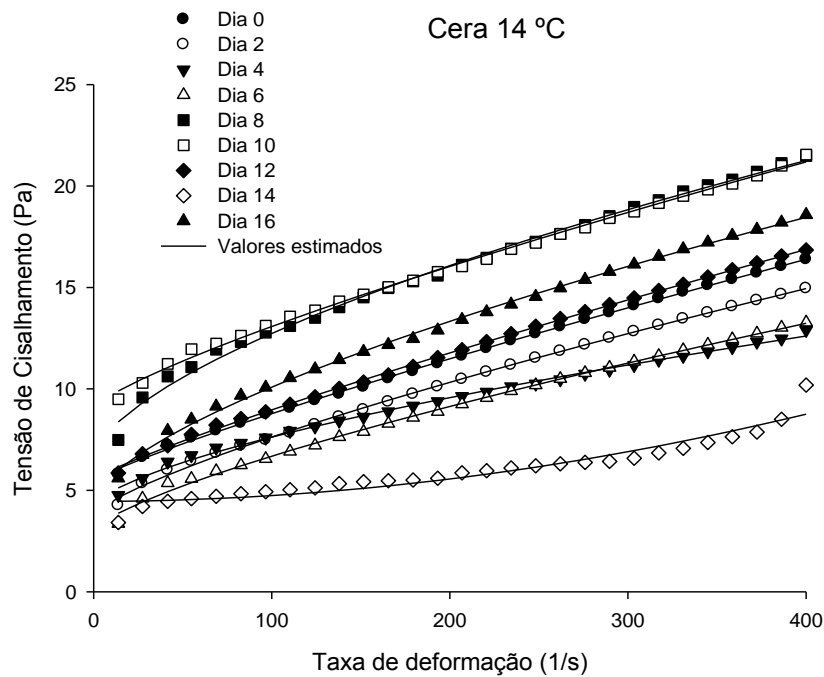


Figura 3.4- Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para frutos de manga Tommy Atkins (Cera de carnaúba), ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

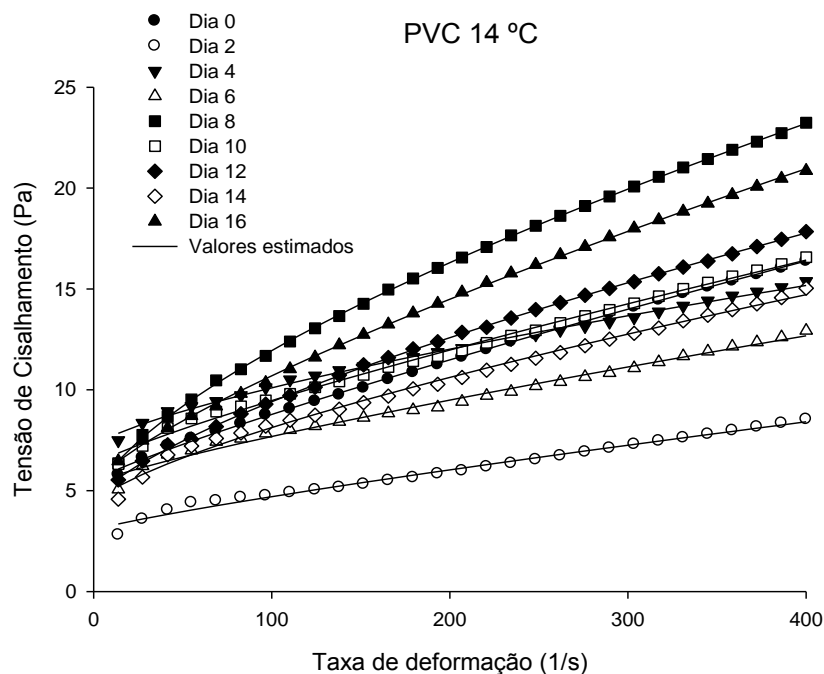


Figura 3.5- Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para frutos de manga Tommy Atkins (PVC), ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

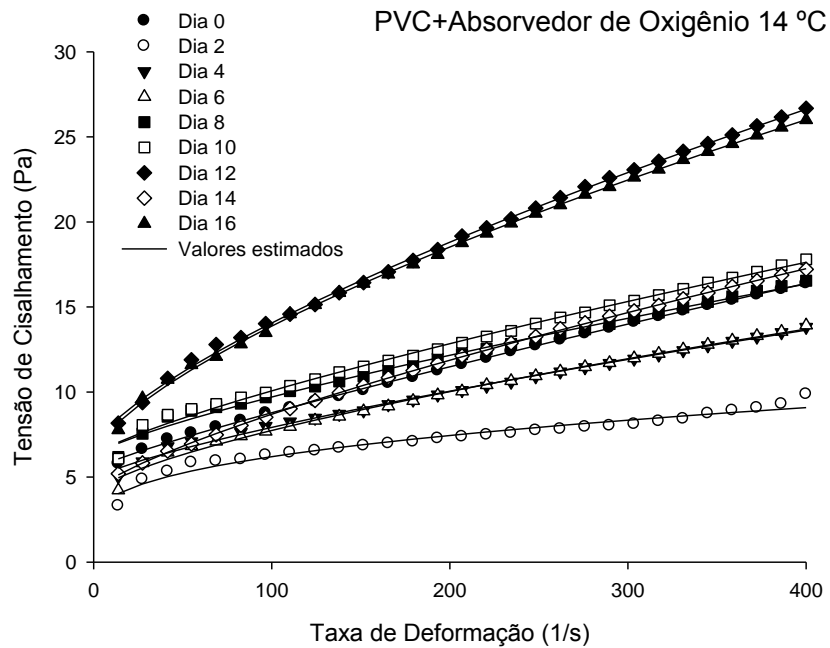


Figura 3.6- Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para frutos de manga Tommy Atkins (PVC + Absorvedor de Oxigênio), ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

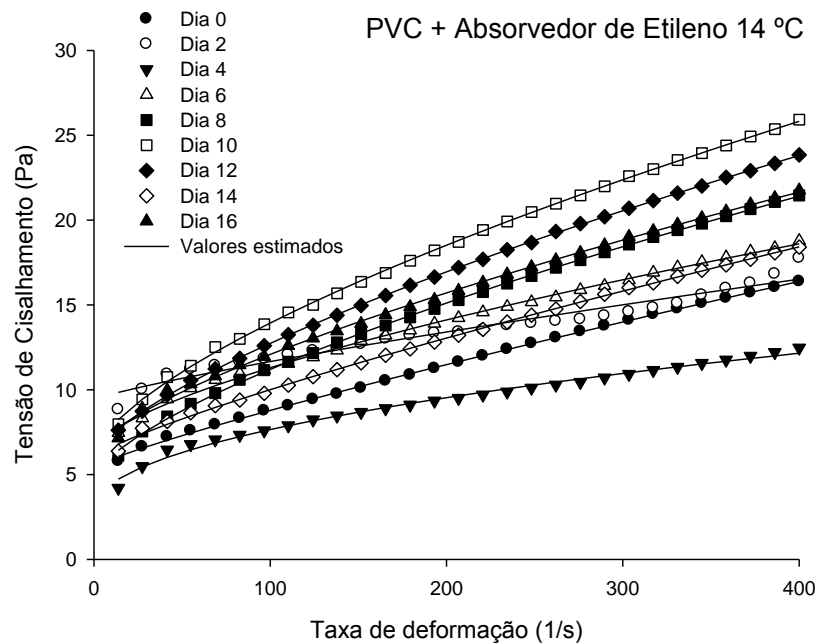


Figura 3.7- Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para frutos de manga Tommy Atkins (PVC + Absorvedor de Etileno), ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

As Figuras 3.3 a 3.7 mostram a influência do amadurecimento ao longo do armazenamento de 16 dias, dos frutos dos quais a polpa de manga foi obtida, na relação entre a tensão de cisalhamento (τ_0) e a taxa de deformação ($\dot{\gamma}$). Os pontos marcados representam o valor médio dos dados experimentais dos reogramas, enquanto as linhas contínuas são os resultados dos ajustes ao modelo Herschel-Bulkley. A polpa de manga Tommy Atkins armazenada a 14 °C, exibiu um comportamento pseudoplástico, devido os valores do índice de comportamento do escoamento (η_H) serem menores que 1 ($\eta_H < 1$) para todos os tempos, exceto para o dia 14 do tratamento com cera de carnaúba, que apresentou o $\eta_H > 1$. Os resultados para o índice de consistência K_H , indica que este se eleva com o aumento da concentração (amadurecimento).

Para uma determinada taxa de deformação são obtidos diferentes valores de tensão de cisalhamento, esta não proporcionalidade entre dados é típica de um comportamento não newtoniano (IBARZ; BARBOSA-CÁNOVAS, 1996), conforme pode ser observado através das curvas de escoamento (Figuras 3.3 à 3.7). Ainda podemos afirmar que a tensão de cisalhamento diminui com o aumento da taxa de deformação.

Fazendo uma comparação entre estudo feito por VIDAL et al. (2006) e VIDAL (2004), foi possível observar que, para os parâmetros reológicos obtidos para a polpa de manga Keit centrifugada e para a polpa de manga integral, respectivamente, os sólidos suspensos exercem grande influência no comportamento reológico desses tipos de polpas. PELEGRINE et al. (2002) estudaram a viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola) e verificaram que todas as polpas apresentaram comportamento pseudoplástico, sendo a pseudoplasticidade maior para as polpas integrais. AZOUBEL et al. (2005), ao estudarem o efeito da concentração sobre as propriedades físicas de suco de caju, verificaram que as propriedades físicas dependem diretamente da concentração, com a viscosidade aumentando à medida que aumenta o conteúdo de sólidos solúveis. Para o suco de caju, verificaram comportamento não-newtoniano com características pseudoplásticas.

Sabendo que valores de K_H tendem a aumentar com a concentração de sólidos solúveis (amadurecimento) e que os valores de η_H tendem a diminuir, é possível observar na Tabela 3.1 que, ao final do tempo de armazenamento de 16 dias, os frutos tratados com PVC e PVC + Absorvedor de Etileno apresentaram os menores

valores desses parâmetros, indicando assim que os frutos tiveram seu amadurecimento retardado comparado com os frutos testemunha.

A Tabela 3.1 apresenta os valores dos parâmetros obtidos para as propriedades reológicas da polpa de manga, segundo o modelo de Herschel-Bulkley, pois este proporcionou melhores parâmetros de ajuste.

Tabela 3.1- Valores dos parâmetros do modelo de Herschel-Bulkley ($\tau = \tau_0 + K_H \dot{\gamma}^{n_H}$) para os frutos (polpa) de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tempo (dias)		D0	D2	D4	D6	D8	D10	D12	D14	D16
Tratamento	Parâmetros	Temperatura (14 °C)								
Testemunha	t_0 (Pa)	5,4627 ± 0,0896	1,9129 ± 0,5530	0,7075 ± 1,8573	4,0175 ± 0,0715	2,6126 ± 0,1359	4,4016 ± 0,1197	3,6600 ± 0,1314	5,9796 ± 0,0620	2,4342 ± 0,2645
	K_H (Pa.s ⁿ)	0,0635 ± 0,0065	0,3908 ± 0,2602	1,8534 ± 1,1729	0,0693 ± 0,0074	0,1473 ± 0,0201	0,3043 ± 0,0193	0,2793 ± 0,0225	0,1994 ± 0,0081	0,5529 ± 0,0618
	η_H	0,8592 ± 0,0161	0,3752 ± 0,0882	0,2760 ± 0,0750	0,7756 ± 0,0167	0,6895 ± 0,0209	0,6684 ± 0,0097	0,6536 ± 0,0122	0,7189 ± 0,0063	0,5741 ± 0,0166
	QME	0,0077	0,0215	0,0796	0,0037	0,0096	0,0068	0,0076	0,0023	0,0207
	R ²	0,9992	0,9613	0,9690	0,9991	0,9984	0,9996	0,9994	0,9999	0,9988
Cera	t_0 (Pa)	5,4627 ± 0,0896	3,8247 ± 0,1392	4,1316 ± 0,2145	3,0241 ± 0,1901	6,5972 ± 0,4386	9,0716 ± 0,1997	5,5206 ± 0,1011	4,4575 ± 0,1860	4,5098 ± 0,2514
	K_H (Pa.s ⁿ)	0,0635 ± 0,0065	0,1074 ± 0,0145	0,1835 ± 0,0388	0,1211 ± 0,0228	0,3398 ± 0,0830	0,1009 ± 0,0187	0,0649 ± 0,0072	0,00003 ± 0,00006	0,2659 ± 0,0418
	η_H	0,8592 ± 0,0161	0,7745 ± 0,0210	0,6396 ± 0,0320	0,7401 ± 0,0292	0,6284 ± 0,0368	0,7992 ± 0,0290	0,8618 ± 0,0176	1,9607 ± 0,2947	0,6609 ± 0,0239
	QME	0,0077	0,0140	0,0191	0,0231	0,0755	0,0315	0,0099	0,1788	0,0289
	R ²	0,9992	0,9985	0,9960	0,9970	0,9946	0,9972	0,9990	0,9109	0,9978
PVC	t_0 (Pa)	5,4627 ± 0,0896	3,0328 ± 0,1732	7,1233 ± 0,1695	5,3410 ± 0,2409	4,4738 ± 0,0892	6,2355 ± 0,1976	4,3644 ± 0,0947	4,2953 ± 0,2942	5,2737 ± 0,1075

	K_H (Pa.s ⁿ)	0,0635 ± 0,0065	0,0343 ± 0,0134	0,1092 ± 0,0224	0,0530 ± 0,0203	0,3530 ± 0,0147	0,0710 ± 0,0163	0,1967 ± 0,0132	0,1383 ± 0,0382	0,1588 ± 0,0116
	η_H	0,8592 ± 0,0161	0,8435 ± 0,0615	0,7176 ± 0,0316	0,8230 ± 0,0604	0,6628 ± 0,0064	0,8290 ± 0,0361	0,7046 ± 0,0103	0,7214 ± 0,0426	0,7666 ± 0,0113
	QME	0,0077	0,0275	0,0168	0,0498	0,0037	0,0341	0,0050	0,0513	0,0081
	R ²	0,9992	0,9881	0,9964	0,9883	0,9998	0,9958	0,9996	0,9935	0,9996
PVC + Absorvedor de Oxigênio	t_0 (Pa)	5,4627 ± 0,0896	2,1262 ± 1,0576	4,8197 ± 0,1989	3,9926 ± 0,2892	6,2123 ± 0,2880	6,2326 ± 0,2995	6,6959 ± 0,2296	4,1087 ± 0,0526	6,2445 ± 0,2153
	K_H (Pa.s ⁿ)	0,0635 ± 0,0065	0,6875 ± 0,4805	0,0963 ± 0,0225	0,1583 ± 0,0433	0,1018 ± 0,0308	0,1029 ± 0,0297	0,2692 ± 0,0302	0,1380 ± 0,0058	0,3231 ± 0,0322
	η_H	0,8592 ± 0,0161	0,3862 ± 0,0934	0,7539 ± 0,0364	0,6869 ± 0,0419	0,7679 ± 0,0471	0,7857 ± 0,0451	0,7184 ± 0,0173	0,7605 ± 0,0065	0,6866 ± 0,0153
	QME	0,0077	0,0872	0,0266	0,0429	0,0587	0,0677	0,0309	0,0019	0,0238
	R ²	0,9992	0,9572	0,9954	0,9935	0,9924	0,9932	0,9989	0,9999	0,9991
PVC + Absorvedor de etileno	t_0 (Pa)	5,4627 ± 0,0896	9,4056 ± 0,4741	2,8767 ± 0,4827	6,5395 ± 0,2448	4,7805 ± 0,1357	6,1655 ± 0,1705	6,0267 ± 0,0693	6,0216 ± 0,1380	6,4083 ± 0,2536
	K_H (Pa.s ⁿ)	0,0635 ± 0,0065	0,0493 ± 0,0388	0,5256 ± 0,1600	0,2160 ± 0,0390	0,2717 ± 0,0203	0,3560 ± 0,0274	0,2631 ± 0,0097	0,0914 ± 0,0118	0,2130 ± 0,0341
	η_H	0,8592 ± 0,0161	0,8299 ± 0,1242	0,4791 ± 0,0432	0,6714 ± 0,0276	0,6867 ± 0,0115	0,6695 ± 0,0117	0,7032 ± 0,0057	0,8196 ± 0,0204	0,7128 ± 0,0247
	QME	0,0077	0,0971	0,0382	0,0287	0,0095	0,0138	0,0026	0,0161	0,0368
	R ²	0,9992	0,9525	0,9914	0,9971	0,9995	0,9995	0,9999	0,9987	0,9978

Pode ser observado na Tabela 3.1 que o modelo de Herschel-Bulkley apresenta bom ajuste aos dados experimentais, visto que apresentou valores para QME baixos ($QME < 0,0971$) e para R^2 próximos à unidade ($R^2 > 0,91$). Portanto, o modelo estudado pode ser utilizado para descrever o comportamento reológico da polpa de manga Tommy Atkins. Também na Tabela 3.1, pode ser observado que o índice de consistência (K_H) tende a aumentar e o índice de comportamento (η_H) tende a diminuir com o amadurecimento dos frutos. Sendo assim, é possível perceber que a polpa de manga torna-se mais pseudoplástica à medida que se aumenta a concentração de sólidos solúveis (amadurecimento dos frutos).

O modelo de Herschel-Bulkley vem sendo usado por diversos autores para o ajuste de dados de polpas e sucos de frutas que caracterize um fluido pseudoplástico, como nos trabalhos de CHIN et al. (2009) para sucos de pomelo concentrado; MACEIRAS et al. (2006) para purês de frutas; PEREIRA et al. (2003) para polpa de açaí; SILVA et al. (2005) para sucos de acerola; SUGAI et al. (2004) para purê de manga variedade Haden.

A viscosidade aparente (3.4) da polpa de manga Tommy Atkins durante o armazenamento foi calculada de acordo com os parâmetros reológicos do modelo de Herschel-Bulkley: tensão inicial (τ_0), índice de consistência (K_H) e o índice de comportamento do escoamento (η_H), que se encontram na Tabela 3.1, pois foi o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais. Essa equação também foi utilizada por SILVA et al. (2005), para estudar o efeito da temperatura no comportamento reológico de suco de acerola, e por NINDO et al. (2007), trabalhando com purê de mirtilo.

A Figura 3.8 apresenta a relação entre a viscosidade aparente (Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de viscosidade aparente de Herschel-Bulkley para polpa de manga no segundo, sexto, décimo e décimo quarto dias de armazenamento dos frutos a temperatura de 14 °C. Verifica-se o decréscimo da viscosidade aparente, considerando isoladamente os aumentos da taxa de deformação.

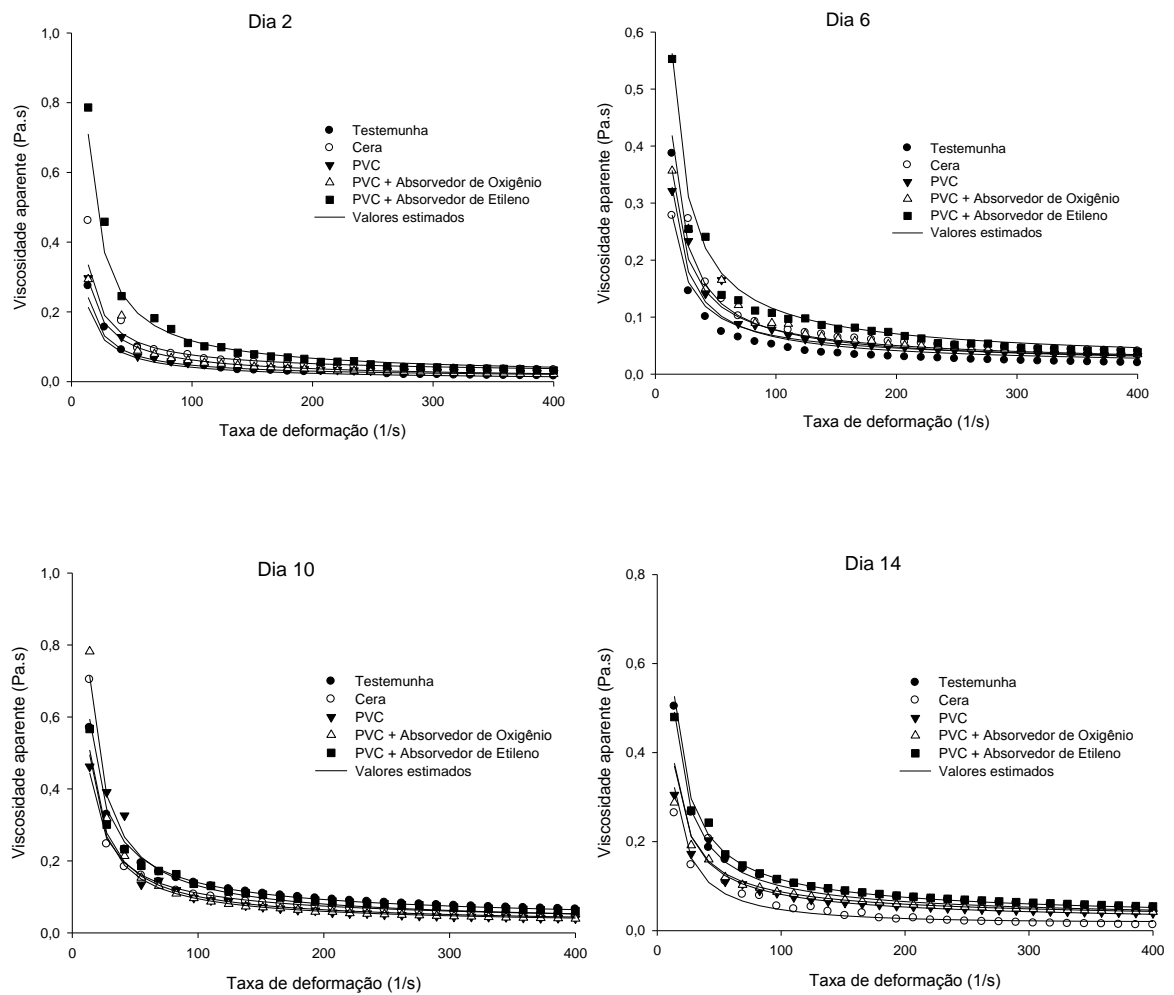


Figura 3.8- Relação entre a viscosidade aparente (Pa.s) e a taxa de deformação (1/s) para a polpa de manga Tommy Atkins armazenados à $14 \pm 1^\circ\text{C}$, tendo os frutos submetidos a diferentes tratamentos pós colheita.

O decréscimo da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação pode ser explicado pela mudança estrutural da amostra devido às forças hidrodinâmicas geradas e o maior alinhamento das moléculas na direção da tensão aplicada (Alparslan & Hayta, 2002). Sengul et al. (2005) observaram comportamento semelhante para sucos de uva e amora concentrados. Lopes (2005), analisando o comportamento reológico da polpa de pitanga, observou um decréscimo da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação.

3.3.1.2- Armazenamento a 25°C

Para confirmar o caráter pseudoplástico da polpa de manga, os modelos de Ostwald-de-Waale, de Herschell-Buckley e de Casson, foram ajustados aos dados

experimentais. O modelo de Herschel-Bulkley (Tabela 3.2) foi o que proporcionou os melhores parâmetros estatísticos para os ajustes dos dados experimentais, obtendo assim os valores dos parâmetros para a tensão inicial (τ_0), o índice de consistência (K_H) e o índice de escoamento do comportamento (η_H), para todas as amostras.

O comportamento ao escoamento pode ser observado nos reogramas (Figuras 3.9 a 3.13), onde é verificado aumento da tensão de cisalhamento com o aumento da taxa de deformação, comportamento característico de fluido não-newtoniano do tipo pseudoplástico, cujos valores de (n), menores que 1 ($n < 1$), reforçam tal classificação.

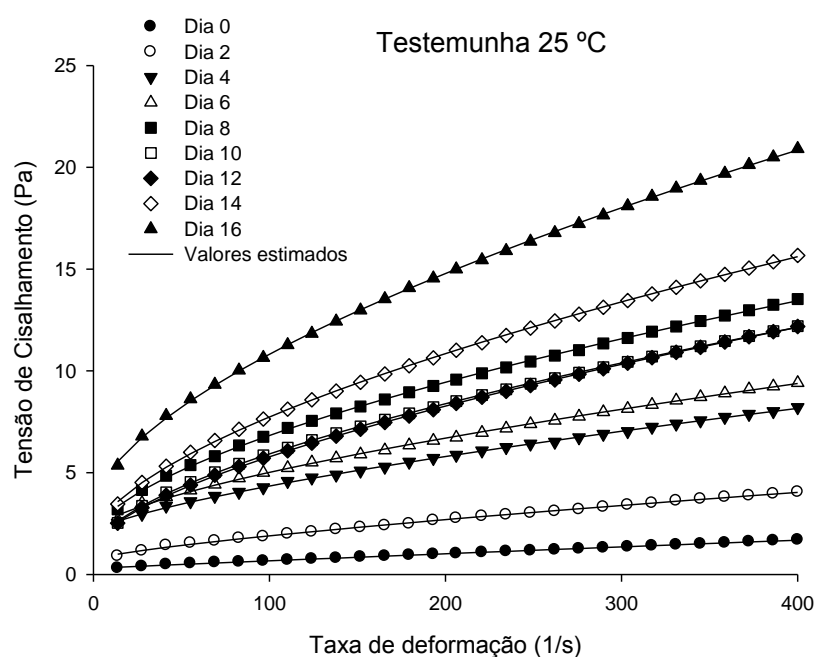


Figura 3.9- Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para frutos de manga Tommy Atkins (Testemunha), ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

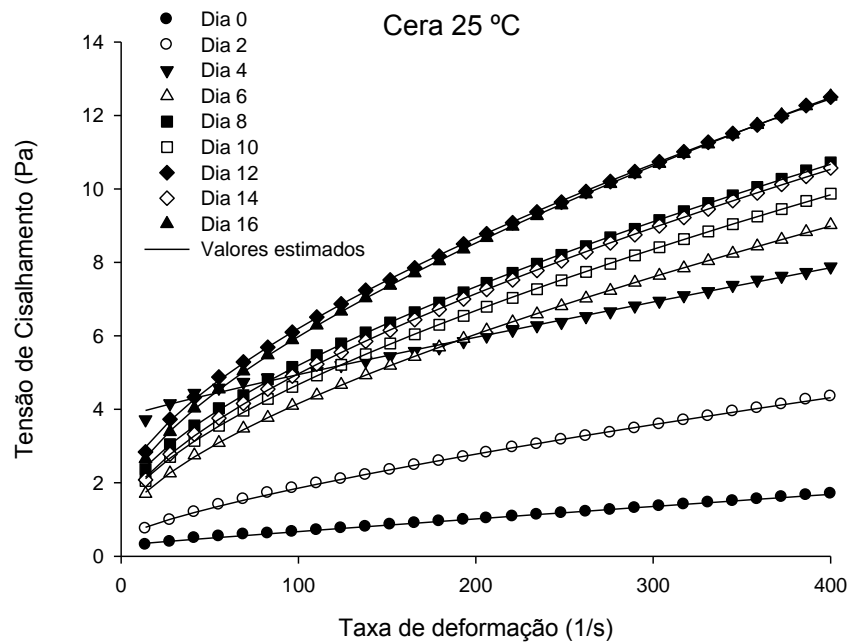


Figura 3.10- Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para frutos de manga Tommy Atkins (Cera de carnaúba), ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

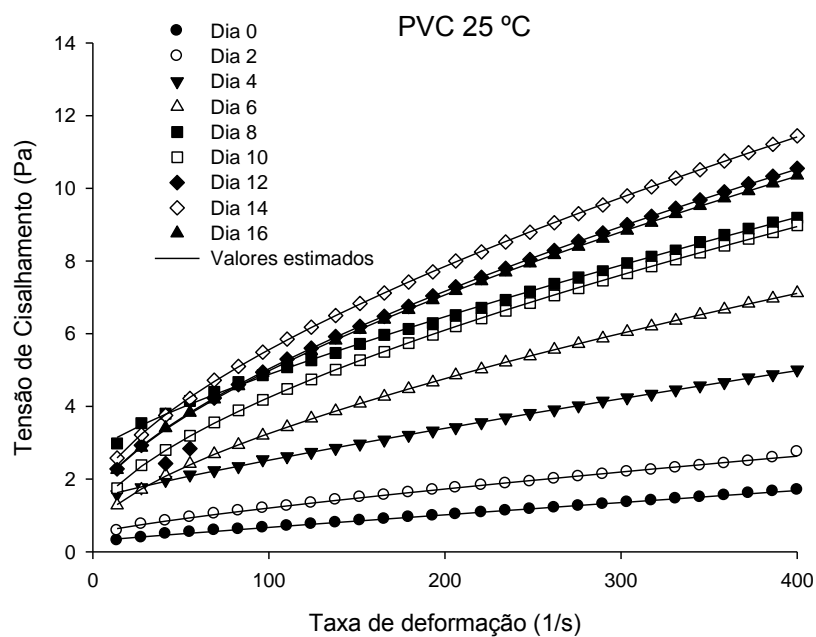


Figura 3.11- Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para frutos de manga Tommy Atkins (PVC), ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

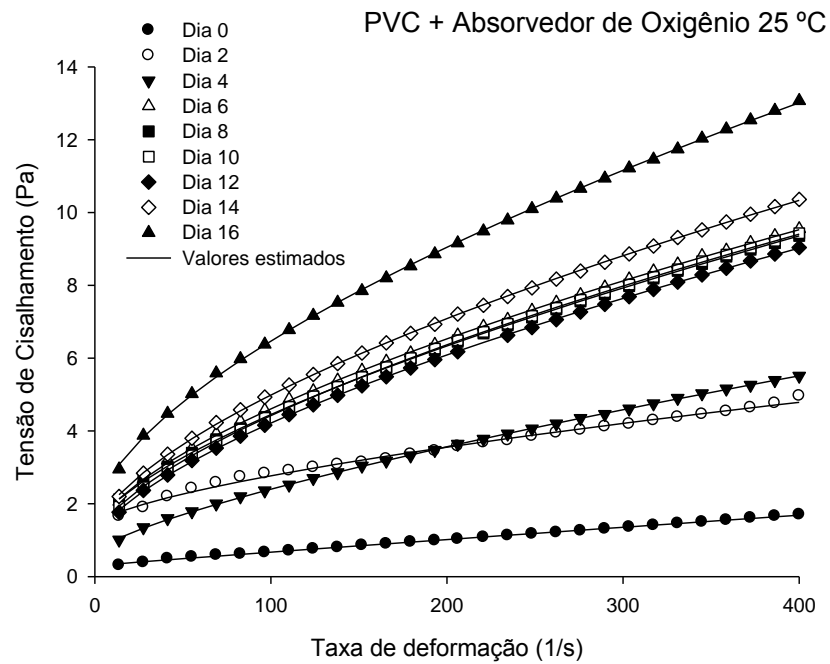


Figura 3.12- Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para frutos de manga Tommy Atkins (PVC + Absorvedor de Oxigênio), ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

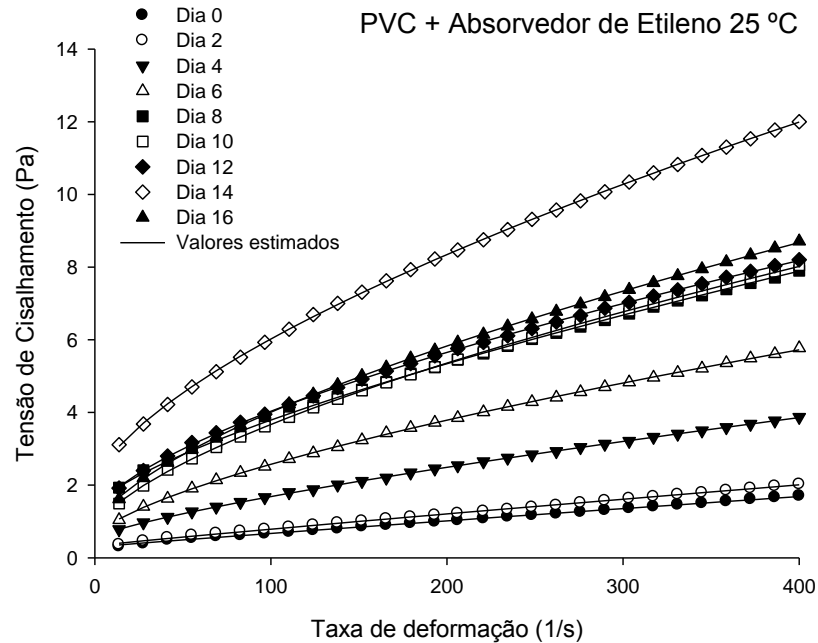


Figura 3.13- Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para frutos de manga Tommy Atkins (PVC + Absorvedor de Etileno), ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

As figuras 3.9 à 3.13 apresentam a relação entre a tensão de cisalhamento (Pa) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de manga Tommy Atkins durante o armazenamento (16 dias) dos frutos a temperatura de 25 °C. Observa-se que a polpa dos frutos no tempo 0 (dias), em todos os tratamentos, apresentam os menores valores de tensão de cisalhamento. De acordo com CHITARRA e CHITARRA (2005), na maioria dos frutos, ao longo do amadurecimento, ocorre um aumento no teor de sólidos solúveis, e estes compostos hidrossolúveis como: açúcares, vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas, estão presentes nos frutos. Este teor é dependente do estágio de maturação no qual o fruto é colhido e geralmente aumenta durante o amadurecimento, pela degradação de polissacarídeos, aumentando dessa forma a tensão de cisalhamento dos mesmos.

Pode-se observar que os fluidos com caráter pseudoplástico apresentam uma diminuição da tensão de cisalhamento com o aumento da taxa de deformação, dependendo principalmente da orientação/alinhamento das moléculas ou partículas na direção do escoamento (VRIESMANN, 2008). O comportamento reológico de sucos e polpas de frutas está relacionado aos teores de sólidos solúveis em suspensão em função da forma, tamanho, concentrações das partículas suspensas e da estrutura do sistema.

Observando as Figuras 3.10 à 3.13 e comparando com a Figura 3.9, percebe-se que as polpas de manga Tommy Atkins que sofreram tratamentos pós colheita apresentaram menores valores de tensão de cisalhamento, quando comparados com o tratamento Testemunha, indicando dessa forma que, durante o armazenamento, os frutos submetidos a esses tratamentos, retardaram o amadurecimento dos mesmos. Por sua vez, as polpas dos frutos revestidos com Filme PVC e com Filme PVC + Absorvedores de Etileno apresentaram os menores valores de tensão de cisalhamento, indicando assim que esses tratamentos são adequados para o tempo proposto de armazenamento (16 dias).

A Tabela 3.2 apresenta os valores dos parâmetros obtidos por ajuste dos modelos de Herschel-Bulkley aos reogramas da polpa de manga Tommy Atkins, pois este proporcionou melhores parâmetros de ajuste.

Tabela 3.2- Valores dos parâmetros do modelo de Herschel-Bulkley ($\tau = \tau_0 + K_H \gamma^{n_H}$) para os frutos (polpa) de manga Tommy Atkins, utilizando atmosferas modificadas obtidas por: revestimento com cera de Carnaúba, filmes plásticos de PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedores de Etileno, e a Testemunha, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tempo (dias)		D0	D2	D4	D6	D8	D10	D12	D14	D16
Tratamento	Parâmetros	Temperatura (25 °C)								
Controle	t_0 (Pa)	0,2983 ± 0,015	0,7369 ± 0,045	2,0559 ± 0,051	2,1528 ± 0,098	1,8702 ± 0,089	1,2084 ± 0,059	1,3156 ± 0,035	1,8004 ± 0,065	3,3095 ± 0,101
	K_H (Pa.s ⁿ)	0,0048 ± 0,001	0,0362 ± 0,005	0,0879 ± 0,007	0,1321 ± 0,016	0,2961 ± 0,018	0,2885 ± 0,012	0,2362 ± 0,006	0,3587 ± 0,013	0,4483 ± 0,020
	η_H	0,9471 ± 0,024	0,7532 ± 0,022	0,7079 ± 0,012	0,6680 ± 0,018	0,6119 ± 0,009	0,6067 ± 0,006	0,6384 ± 0,004	0,6093 ± 0,005	0,6120 ± 0,007
	QME	0,0003	0,0013	0,0015	0,0045	0,0029	0,0012	0,0005	0,0015	0,0037
	R ²	0,9984	0,9983	0,9994	0,9987	0,9997	0,9998	0,9999	0,9999	0,9998
Cera	t_0 (Pa)	0,2983 ± 0,015	0,4674 ± 0,030	3,7738 ± 0,071	0,8048 ± 0,029	1,3481 ± 0,046	1,1327 ± 0,032	1,6408 ± 0,065	1,0374 ± 0,034	1,3803 ± 0,028
	K_H (Pa.s ⁿ)	0,0048 ± 0,001	0,0467 ± 0,004	0,0186 ± 0,004	0,1730 ± 0,005	0,2041 ± 0,008	0,1786 ± 0,006	0,2591 ± 0,013	0,2097 ± 0,006	0,2459 ± 0,005
	η_H	0,9471 ± 0,024	0,7365 ± 0,0123	0,8996 ± 0,037	0,6436 ± 0,004	0,6379 ± 0,006	0,6487 ± 0,005	0,6227 ± 0,007	0,6363 ± 0,004	0,6360 ± 0,003
	QME	0,0003	0,0006	0,0055	0,0004	0,0009	0,0004	0,0016	0,0005	0,0003
	R ²	0,9984	0,9995	0,9960	0,9999	0,9998	0,9999	0,9998	0,9999	1,0000
PVC	t_0 (Pa)	0,2983 ± 0,015	0,4865 ± 0,035	1,4226 ± 0,023	0,5238 ± 0,019	2,6861 ± 0,064	0,8026 ± 0,031	1,2964 ± 0,024	1,3932 ± 0,027	1,2686 ± 0,030

	K_H (Pa.s ⁿ)	0,0048 ± 0,001	0,1895 ± 0,003	0,0217 ± 0,002	0,1464 ± 0,003	0,0587 ± 0,006	0,1973 ± 0,006	0,1851 ± 0,004	0,2254 ± 0,005	0,1908 ± 0,005
	η_H	0,9471 ± 0,024	0,7893 ± 0,028	0,8512 ± 0,012	0,6353 ± 0,004	0,7860 ± 0,017	0,6209 ± 0,005	0,6526 ± 0,003	0,6333 ± 0,003	0,6444 ± 0,004
	QME	0,0003	0,0048	0,0003	0,0009	0,0001	0,0004	0,0002	0,0003	0,0004
	R ²	0,9984	0,9937	0,9998	0,9998	1,0000	0,9999	1,0000	1,0000	0,9999
PVC + Absorvedor de Oxigênio	t_0 (Pa)	0,2983 ± 0,015	1,3889 ± 0,105	0,6605 ± 0,023	1,1711 ± 0,049	1,3110 ± 0,013	0,9718 ± 0,020	0,9135 ± 0,032	1,1407 ± 0,034	1,6787 ± 0,070
	K_H (Pa.s ⁿ)	0,0048 ± 0,001	0,0693 ± 0,018	0,0576 ± 0,003	0,1797 ± 0,009	0,1375 ± 0,002	0,1774 ± 0,004	0,1673 ± 0,005	0,2128 ± 0,006	0,2738 ± 0,014
	η_H	0,9471 ± 0,024	0,6497 ± 0,040	0,7402 ± 0,007	0,6409 ± 0,007	0,6792 ± 0,002	0,6445 ± 0,003	0,6477 ± 0,005	0,6286 ± 0,005	0,6215 ± 0,007
	QME	0,0003	0,0048	0,0003	0,0009	0,0001	0,0002	0,0004	0,0005	0,0018
	R ²	0,9984	0,9937	0,9998	0,9998	1,0000	1,0000	0,9999	0,9999	0,9998
PVC + Absorvedor de etileno	t_0 (Pa)	0,2983 ± 0,015	0,3298 ± 0,014	0,5365 ± 0,011	0,5263 ± 0,026	1,3713 ± 0,039	0,7168 ± 0,024	1,1511 ± 0,028	1,9431 ± 0,033	0,7599 ± 0,0238
	K_H (Pa.s ⁿ)	0,0048 ± 0,001	0,0062 ± 0,001	0,0339 ± 0,001	0,0926 ± 0,004	0,0899 ± 0,005	0,1460 ± 0,004	0,1491 ± 0,005	0,2040 ± 0,006	0,1686 ± 0,004
	η_H	0,9471 ± 0,024	0,9353 ± 0,018	0,7655 ± 0,006	0,6723 ± 0,007	0,7150 ± 0,009	0,6529 ± 0,004	0,6432 ± 0,005	0,6505 ± 0,004	0,6424 ± 0,004
	QME	0,0003	0,0002	0,0001	0,0003	0,0009	0,0003	0,0003	0,0005	0,0002
	R ²	0,9984	0,9991	0,9999	0,9998	0,9997	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999

Nota-se na Tabela 3.2, que o modelo de Herschel-Bulkley apresenta bom ajuste aos dados experimentais, visto que apresentou valores para QME baixos ($QME < 0,0048$) e para R^2 próximos à unidade ($R^2 > 0,99$). Portanto, o modelo estudado pode ser utilizado para descrever o comportamento reológico da polpa de manga Tommy Atkins. Também na Tabela 3.2, pode ser observado que o índice de consistência (K_H) tende a aumentar e o índice de comportamento (n_H) tende a diminuir com o amadurecimento dos frutos. Deste modo, é possível perceber que a polpa de manga torna-se mais pseudoplástica à medida que se aumenta a concentração de sólidos solúveis (amadurecimento dos frutos).

Considerando que os valores de tensão de cisalhamento inicial indicam o grau de maturidade do fruto no qual a polpa foi extraída, percebe-se na Tabela 3.2 que no final dos 16 dias de armazenamento os frutos tratados com Filme PVC e Filme PVC+ Absorvedor de Etileno apresentaram os menores valores desse parâmetro, quando comparados com os frutos do tratamento Testemunha, indicando dessa maneira que tiveram seu amadurecimento retardado. Já os frutos tratados com Cera de Carnaúba e Filme PVC + Absorvedor de Oxigênio também apresentaram valores de tensão de cisalhamento inicial menores que os da Testemunha durante os 16 dias de armazenamento.

A atmosfera modificada possibilita o estabelecimento de uma composição de gases ideal dentro da embalagem, onde a atividade respiratória do produto seja a menor possível, prolongando sua vida de prateleira (PEREIRA et al, 2003). De acordo com CHITARRA e CHITARRA (2005), as respostas fisiológicas e/ou bioquímicas, bem como os processos de deterioração e consequente perda de qualidade e valor nutricional de frutas frescas, são diretamente influenciadas pelas condições atmosféricas no ambiente de armazenamento. Além de proteção mecânica, as tecnologias envolvidas no desenvolvimento de uma embalagem com atmosfera modificada visam retardar a respiração, o amadurecimento, a senescência e, conseqüentemente, todas as alterações indesejáveis advindas destes processos fisiológicos (CARNELOSSI, 2002).

A Figura 3.14 apresenta a relação entre a viscosidade aparente (Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) descrita pelo modelo de viscosidade aparente de Herschel-Bulkley para polpa de manga no segundo, sexto, décimo e décimo quarto dias de armazenamento dos frutos a temperatura de 14 °C.

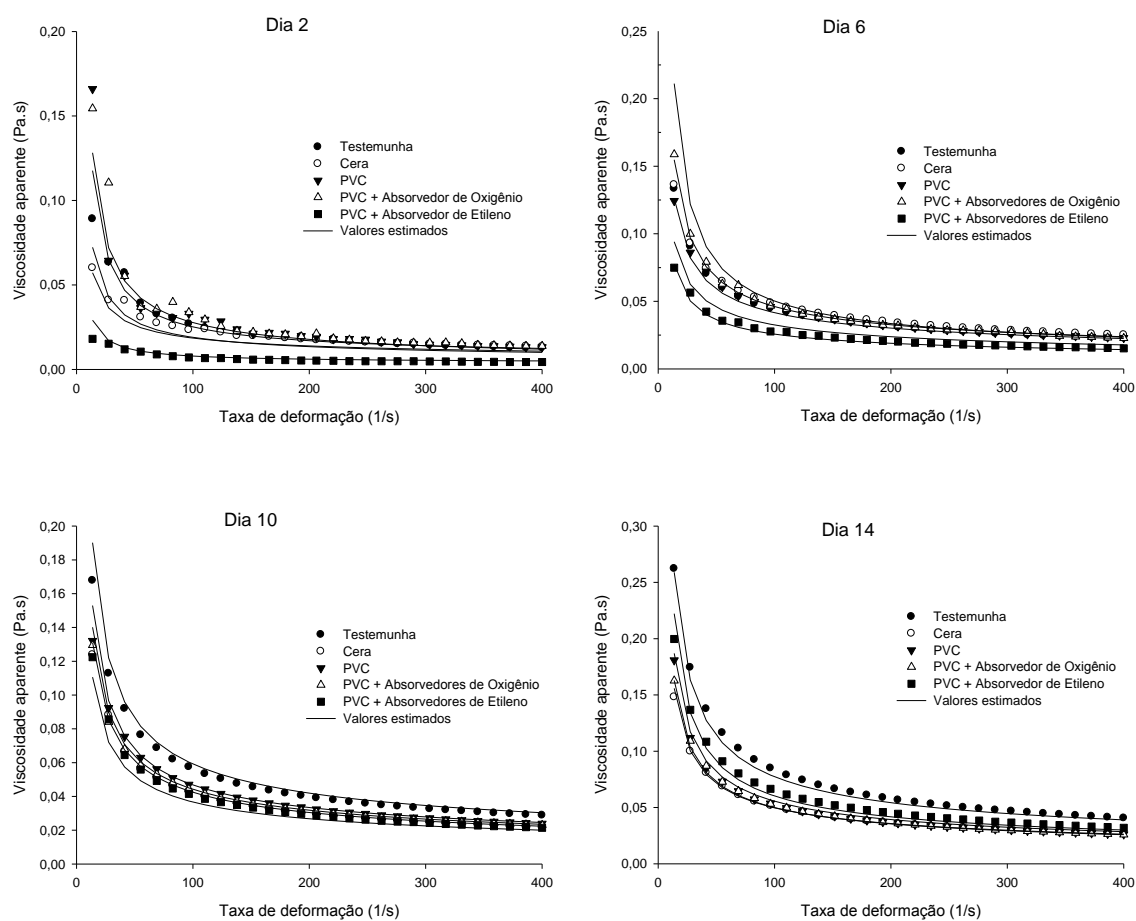


Figura 3.14 - Relação entre a viscosidade aparente (Pa.s) e a taxa de deformação (s^{-1}) para a polpa de manga Tommy Atkins armazenados à $25 \pm 1^{\circ}C$, tendo os frutos submetidos a diferentes tratamentos pós colheita.

Verifica-se na Figura 3.14 que, a viscosidade aparente (razão entre cada tensão de cisalhamento e sua correspondente taxa de deformação) decresceu com o aumento da taxa de deformação em todos os tratamentos estudados nos tempos de armazenamento (2° , 6° , 10° e 14° dia), o que é característico do comportamento pseudoplástico. É possível observar também pela Figura 3.14, que os frutos tratados com PVC + Absorvedor de Etileno no 2° , 6° e 10° dia foram os que apresentaram menores valores para a viscosidade aparente em função da taxa de deformação, quando comparados com os frutos do tratamento Testemunha, indicando dessa maneira que tiveram seu amadurecimento retardado. DAK et. al (2007), SILVA et al., (2005) e GRATÃO (2006), analisando o comportamento reológico de suco de manga, suco de acerola e suco de maracujá, respectivamente, observaram um decréscimo da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação.

Esse comportamento é comum para polpas e sucos de frutas, uma vez que a maioria destes produtos apresentam-se na forma de sólidos dispersos em meio líquido e com o aumento da taxa de deformação aplicada (s^{-1}) causa uma diminuição da viscosidade da fase fluida, aumentando a mobilidade das partículas em suspensão, diminuindo a viscosidade destes produtos (PELEGRINE et al., 2000). Sabe-se que, quanto menor a viscosidade de um fluido, menor é a perda de carga durante o escoamento, diminuindo os custos de potência com o bombeamento e, conseqüentemente, os custos energéticos.

3.4- CONCLUSÕES

A polpa de manga se comportou como um fluido não newtoniano pseudoplástico nas temperaturas de 14 e 25 °C em todo o intervalo de tempo estudado nesse trabalho. O modelo de Herschel-Bulkley foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais e pode ser satisfatoriamente utilizado para descrever o comportamento reológico da polpa. Conclui-se que para os frutos de manga Tommy Atkins armazenados a 14 °C e 25 °C, os tratamentos com filme PVC e PVC + Absorvedor de Etileno apresentaram melhores resultados na conservação dos frutos, fato este baseado no comportamento reológico da polpa dos frutos de manga, indicando assim que esses tratamentos são adequados para o tempo proposto de armazenamento (16 dias). De uma forma geral, os frutos armazenados a 25 °C apresentaram melhores respostas com relação as características reológicas, visto que a polpa dos frutos armazenados obtiveram valores de tensão de cisalhamento e viscosidade aparente menor, quando comparados com a polpa dos frutos armazenados a 14 °C.

3.5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMENAR, E.; CATALA, R.; HERNANDEZ-MUÑOZ, P.; GAVARA, R. Optimization of an active package for wild strawberries based on the release of 2-nonanone. **LWT - Food Science and Technology**. v. 42, p. 587 – 593. 2009.

ALPARSLAN, M.; HAYTA, M. Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin (sesame paste) blends. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.54, n.1, p.89-93, 2002.

AZOUBEL, P.M.; CIPRIANI, D.C.; EL-AOUAR, A.A.; ANTONIO, G.C.; MURR, F.E.X. Effect of concentration on the physical properties of cashew juice. **Journal of Food Engineering**. 66, 2005, p. 413–417.

BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Comportamento reológico de misturas de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura utilizando modelo de Casson. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 183-189, 2005.

CARNELOSSI, M. A. G. Conservação de folhas de couve minimamente processadas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v.4, p.149-155, 2002.

CHIN, N. L.; CHAN, S. M.; CHUAH, T. G.; TALIB, R. A. Modelling of rheological behaviour of pummelo juice concentrates using master-curve. **Journal of Food Engineering**, v.93, n.2, 134-139, 2009.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: Editora de Universidade Federal de Lavras, 2005.

DAK, M.; VERMA, R.C.; JAAFFREY, S.N.A. Effect of temperature and concentration on rheological properties of “Kesar” mango juice. **Journal of Food Engineering**, v.80, 1011-1015, 2007.

HAMINIUK, C. W. I., SIERAKOWSKI, M-R., BRANCO I. G., MACIEL, G. M., e , MASSON, M. L. Rheological study of ternary mixtures and pectic gels of red fruit pulps. **International Journal of Food Science & Technology**. V. 42, n. 6, p. 629-639, 2007.

GRATÃO, A. C. A. **Termofluidodinâmica de sucos de frutas pseudoplásticos em dutos cilíndricos e ânulos concêntricos**. Faculdade de Engenharia de Alimentos Tese de Doutorado, Campinas-SP, 2006.

HAMINIUK, C. W. I; **Comportamento reológico e fracionamento péctico das polpas integrais de araçá (*Psidium cattleianum sabine*) e amora-preta (*Rubus spp*)**. Curitiba: Tese de Mestrado em Tecnologia de Alimentos/UFPR, 2005.

IBARZ, A., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. **Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos**. Technomic. Inc. Pennsylvania – USA : 85-204, 1996.

IBARZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. **Technomic. Publishing companing**, Inc. Pennsylvania – USA : 85 – 204, 1996.

JERÔNIMO, E.M.; KANESIRO, M.A.B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas 'Palmer'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.2, p.237-243, 2000.

LOPES, A.S. **Pitanga e acerola: estudo de processamento, estabilidade e formulação de néctar misto**. 2005. 137f. Tese (Doutorado em Engenharia de alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005.

MACEIRAS, R.; ÁLVAREZ, E.; CANCELA, M. A. Rheological properties of fruits purees: Effect of cooking. **Journal of Food Engineering**, v.80, 763-769, 2007.

NINDO, C.I.; TANG, J.R.; TAKHAR, P.S. Rheological properties of blueberry puree for processing applications. **LWT**, v. 40, p. 292-299, 2007.

OLIVEIRA, R. C. de; ROSSI, R. M.; BARROS, S. T. D. de. Estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico das polpas de gabioba e goiaba. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 31-37, 2011.

PELEGRINE, D. H.; VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.1, 2000.

PEREIRA L. M.; RODRIGUES A. C. C.; SARANTÓPOULOS C. I. G. L.; JUNQUEIRA V. C. A.; CARDELLO H. M. A. B.; HUBINGER M. D. Vida de prateleira de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23 n.3, 2003.

PEREIRA, E. A; QUEIROZ, A. J. de M; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de. Propriedades reológicas da polpa de açaí (*Euterpe oleracea*, Mart.): efeito da concentração. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.606-612, set./dez. 2003.

PEREIRA, E. A; QUEIROZ, A. J. de M; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de. Propriedades reológicas da polpa de açaí (*Euterpe oleracea*, Mart.): efeito da concentração. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.606-612, set./dez. 2003.

SATO, A. C. K; CUNHA, R. L. da; Effect of particle size on rheological properties of jaboticaba pulp. **Journal of Food Engineering**. V. 91, (566-570), 2009.

SENGUL, M.; ERTUGAY, M. F.; SENGUL, M. Rheological, physical and chemical characteristics of mulberry pekmez. **Food Control**, Guildford, v.16, p.73-76, 2005.

SILVA, F. C. da; GUIMARÃES, D. H. P; GASPARETTO C. A; Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. **Ciênc. Tecnol. Alimentos**, Campinas, 25(1): 121-126, jan.-mar. 2005.

SUGAY, A. Y.; TADINI, C. C.; TRIBESS, T. B. Influência da temperatura do tratamento térmico sobre os parâmetros reológicos do purê de manga (*Mangifera indica* L.) variedade Haden. **XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2004.

TEIXEIRA, G. H. A. de; DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B. H.; ROSSI, O. D. Jr. Processamento mínimo de mamão "Formosa". **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, p. 47-50, v.21, n.1. 2001.

VIDAL, J. R. M. B.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. I.; MASSON, M. L. Propriedades reológicas da polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) centrifugada. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 3, n. 5, p. 955-960, 2006.

VIDAL, J.R.M.B.; PELEGRINE, D.H.; GASPARETTO, C.A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*mangífera indica L-Keitt*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 24(10): 039-042, jan.-mar. 2004.

VIDIGAL, M. C. T. R. **Caracterização reológica e sensorial de sobremesa láctea diet contendo concentrado protéico de soro**. Dissertação de mestrado. Viçosa, 2009.

VILAS BOAS, B. M. et al. Qualidade pós-colheita de melão 'Orange Flesh' minimamente processado armazenado sob refrigeração e atmosfera modifi cada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 438-440, 2004.

VRIESMANN, L. C. **Extração, caracterização e aspectos reológicos de polissacarídeos da polpa dos frutos de *Theobroma grandiflorum* (Cupuaçu)**. 118f Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

Capítulo 4

Atividades enzimáticas da manga “Tommy Atkins” durante o armazenamento sob atmosfera modificada

4.1- INTRODUÇÃO

A textura é um importante fator de qualidade em frutos de manga para o consumo ao natural, pois indica a tolerância do fruto ao transporte e manuseio durante a colheita e comercialização. Contudo, o mecanismo pelo qual os frutos amaciam não é completamente entendido. O conhecimento da estrutura da parede celular é importante para a tecnologia pós-colheita e para a definição de procedimentos na transformação industrial de produtos vegetais. A definição de uma estratégia para promover um amadurecimento uniforme do fruto para consumo *in natura* depende do conhecimento das reações bioquímicas que ocorrem nesses componentes da célula (GONÇALVES et al., 2006).

O amaciamento do fruto é atribuído à perda de firmeza dos tecidos e está associado a mudanças na composição da parede celular, em decorrência de alterações na estrutura e composição dos carboidratos, como pectinas, hemicelulose e celulose. Segundo SCHOUTEN et al. (2007), o comportamento da firmeza com o tempo é de natureza bioquímica (processos relativos à decomposição da parede celular) e de natureza física (perda de turgescência dependente da temperatura). A perda da integridade da parede celular promove a diminuição da firmeza pela degradação enzimática das moléculas constituintes da parede, provocando modificações estruturais, levando ao amolecimento da polpa (THUCKER, 1993). A importância deste processo na pós-colheita se dá pela diferença de pressão de vapor existente entre os tecidos do fruto e a atmosfera local, onde o fruto está armazenado (VILA, 2004).

As substâncias pécticas são os principais componentes químicos dos tecidos responsáveis pelas mudanças de textura das frutas e hortaliças. Quando os grupos ácidos carboxílicos encontram-se ligados ao cálcio, formam o pectato de cálcio, que é insolúvel e é também designado como protopectina, predominante em frutos imaturos. Com o amadurecimento, há liberação de cálcio e solubilização de protopectina das paredes celulares, possivelmente por ação enzimática. Há então modificação da textura, que se torna gradualmente macia. Essas transformações ocorrem não só durante o amadurecimento, como também no armazenamento de frutas e algumas

hortaliças. As pectinas em frutas encontram-se sob diferentes formas, caracterizadas por diferentes solubilidades. A protopectina é uma forma insolúvel em água e que, por hidrólise parcial, produz ácidos pectínicos ou ácidos pécticos também chamados de pectinas solúveis (CHITARRA e CHITARRA, 2005). A degradação de protopectina na lamela média e da parede celular primária, o aumento da pectina solúvel e perda de açúcares neutros não celulósicos, relatados durante o amadurecimento dos frutos, têm sido sugerido como causas principais da perda de textura (CAMARGO et al., 2000).

Diversas enzimas catalisam reações metabólicas na parede celular de frutos (GONÇALVES et al., 2006). O amadurecimento de mangas é caracterizado pelo amaciamento do fruto, acompanhado pela solubilização de pectinas, envolvendo a ação das enzimas poligalacturonase (PG) (E.C. 3.2.1.15), pectinametilesterase (PME) (E.C. 3.1.1.11), e celulase (ANTHON et al., 2002; ABU-SARRA e ABU-GOUKH, 1992). As enzimas poligalacturonase e pectinametilesterase, pertencentes ao grupo das hidrolases, são conhecidas como enzimas pécticas importantes nos vegetais, pois podem ocasionar o excessivo amaciamento de frutas e hortaliças. A pectinametilesterase catalisa a remoção de grupos metoxílicos das moléculas de pectina e de ácido pectínico para formar ácido péctico e a poligalacturonase ocasiona a quebra das ligações glicosídicas das substâncias pécticas para formar finalmente o ácido galacturônico (GAVA, 1984).

As poligalacturonases são responsáveis pela degradação dos ácidos poligalacturônicos da parede celular, contribuindo para desassociação celular. Durante a maturação dos frutos, as poligalacturonases estão envolvidas na solubilização e na despolimerização da pectina aumentando a maciez do fruto. As poligalacturonases hidrolisam α -1,4 ligações glicosídicas entre dois resíduos de ácido galacturônico. Duas poligalacturonases estão geralmente presentes: a endo-poligalacturonase que ataca a molécula de pectina em vários sítios dentro da cadeia e a exo-poligalacturonase que remove seqüencialmente os resíduos de ácido galacturônico a partir da extremidade não-redutora da molécula. Das duas, a endo-poligalacturonase é muito mais importante com relação às mudanças físicas na textura, embora, os seus níveis variem de acordo com a espécie e a cultivar. O processo de solubilização das pectinas contribui para o amaciamento dos tecidos em decorrência da redução da força de coesão entre as células (KAYS, 1991). Em manga ocorre predominantemente como exo-enzima e em baixa quantidade, quando comparada com o tomate (ALI et al., 1995).

As pectinametilesterases formam um grupo de enzimas que degradam substâncias pécticas, hidrolisando ligações glicosídicas ao longo da cadeia carbônica. Essa hidrólise torna a pectina mais suscetível à hidrólise subsequente por pectinases e enzimas afins, cuja presença, assim como a de enzimas afins na parede da célula, indica que as paredes são capazes de modificação significativa durante o desenvolvimento (TAIZ e ZEIGER, 2004). Modificação de pectina dentro da parede durante o amadurecimento é um processo regulado com precisão, o resultado de tal mecanismo é a modificação do substrato, que restringe o acesso da enzima, ou a presença de enzimas inibidoras, como na inibição da atividade da poligalacturonase por produtos difusíveis da despolimerização de pectinas. Elas podem ser despolimerizantes ou desesterificantes e são produzidas por plantas, fungos filamentosos, bactérias e leveduras. A pectinametilesterase produzida por vegetais tende a agir tanto na extremidade não-redutora quanto no grupo carboxila livre e prossegue ao longo da molécula por um mecanismo de cadeia simples. Em relação à ocorrência em plantas podem ser citados vegetais como: frutas cítricas, mamão, tomate, maçã, uva, manga e acerola. JAYANI (2005) descreveu em seu trabalho algumas propriedades das pectinametilesterases e seu modo de ação que depende da origem da enzima.

Em estudo de FARIA et al., (1994), com mangas nacionais da variedade Haden, foi observada uma alta atividade da pectinametilesterase no início do amadurecimento, uma queda acentuada e constante após a colheita até uma perda quase total de atividade no décimo dia pós-colheita.

Algumas das aplicações destas enzimas nas indústrias de alimentos incluem amadurecimento de frutas, clarificação e redução de viscosidade em sucos de frutas, tratamento preliminar do suco de uva para indústrias vinícolas, extração de polpa de tomate, fermentação de chá e chocolate, tratamento de resíduos vegetais, degomagem de fibras nas indústrias têxtil e de papel, nutrição animal, enriquecimento protéico de alimentos infantis e extração de óleos. (UENOJO e PASTORE, 2007)

As α -galactosidase (α -Gal) (E.C. 3.2.1.22) e β -galactosidase (β -Gal) (E.C. 3.2.1.23), dentre outras enzimas, são conhecidas por atuarem nos componentes da parede celular, promovendo o seu afrouxamento e daí o alongamento celular (BARNAVON et al., 2000). Conforme AWAD (1993), a β -galactosidase é uma enzima presente durante a maturação e o amaciamento de alguns frutos, liberando resíduos de galactose da parede celular. O significado dessa hidrólise no amaciamento dos frutos não está bem esclarecido. Outra enzima que também libera resíduos solúveis

da parede celular durante a maturação e o amaciamento dos frutos é a α -galactosidase. A α - e β -Galactosidases promovem a remoção de galactose na estrutura básica de galactanos e em cadeias laterais de ramnogalacturonanos I e II, atuando como pectinases, bem como, em cadeias laterais de xiloglucanos, atuando agora como hemicelulases (TAIZ e ZEIGER, 2004; CHITARRA e CHITARRA, 2005). ALI et al., (1995) registraram as atividades de várias enzimas deste grupo durante o amadurecimento de manga cv. Harumanis: β -D-glicosidase, α -L-arabinosidase, α -D-manosidase, α -D-galactosidase e β -D-galactosidase, sendo a última a predominante. β -galactosidase, α -galactosidase, α -glicosidase e β -glicosidase também têm alta atividade em laranja 'Valencia' (BURNS, 1990). E em maçã, a α -L-arabinofuranosidase pode participar da perda de resíduos de arabinosil dos poliuronídeos da parede celular (YOSHIOKA et al., 1995). A β -galactosidase, uma dessas enzimas, age sobre os polímeros de galactose catalisando a clivagem de resíduos terminais de D-galactose na ligação β -1,4 (BALASUBRAMANIAM et al., 2005). A importância industrial da β -galactosidase está na sua aplicação na indústria de laticínios.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo quantificar a atividade das enzimas poligalacturonase, pectinametilsterase, α -galactosidase e β -galactosidase presentes na manga (*Mangifera indica* L.), cv. Tommy Atkins, nas temperaturas de 14 e 25 °C, armazenadas sob atmosfera modificada.

4.2- MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR) e no Laboratório de Tecnologia Bioquímica, do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, ambos localizado no Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

4.2.1- Obtenção da Matéria-prima

Foram utilizados no experimento frutos de mangueiras (*Mangifera indica* L.) var. 'Tommy Atkins', provenientes do Município de Janaúba, Norte de Minas Gerais. Os frutos foram colhidos manualmente no estágio de maturação verde maduro. Os mesmos foram posteriormente selecionados, retirando-se as mangas danificadas ou com injúrias visíveis, a fim de se obter um produto homogêneo e de melhor qualidade.

4.2.2- Tratamentos Aplicados

Feita a seleção, os frutos foram divididos em cinco lotes, no qual foram: (1) Testemunha (sem tratamento); (2) revestidos com cera de carnaúba; (3) embalados com filme de PVC (policloreto de vinila); (4) embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio; (5) embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno (Figura 4.1).

Os frutos que serviram como testemunha, foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido, totalizando 24 bandejas, com 3 frutos em cada.

Para a aplicação do revestimento comestível de cera de carnaúba foi utilizada o produto comercial emulsão de cera de carnaúba 18% (Meghwax ECF 224, Megh, Brasil), diluída na proporção 1:2 (v/v). A aplicação foi feita com o auxílio de um borrifador, sendo os frutos revirados para assegurar uma cobertura uniforme dos mesmos. Em seguida os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido com dimensão de 24x18 cm, dando um total de 24 bandejas com 3 frutos em cada.

Para os frutos embalados com filmes de PVC, foram utilizadas bandejas de poliestireno expandido, revestidas com filmes de PVC, espessura de 10 µm, da marca Filmito[®], sendo que cada bandeja continha 3 frutos.

Nos tratamentos que se utilizou absorvedores de oxigênio, os sachês contendo absorvedores de oxigênio com concentração de 600 cc com 8 gramas da marca SOFT POST[®], foram colocados nas bandejas de poliestireno expandido e revestidas por filmes de PVC, totalizando em 24 bandejas com 3 frutos em cada.

Os sachês contendo absorvedores de etileno foram feitos em laboratório, utilizando permanganato de potássio (KMnO₄) como reagente. Foram preparados os sachês com 8 g de permanganato e 5 g de vermiculita para cada sachê. Após ser pesado, o KMnO₄ foi dissolvido em água destilada, sendo esta solução colocada em contato com a vermiculita e levada para estufa a 80°C afim de proceder a secagem. Após a secagem, a vermiculita impregnada com permanganato de potássio, foi pesada novamente em porções de 13 g para cada saquinho de TNT (material utilizado para confecção do sachê). Em seguida, os sachês foram armazenados em vidros hermeticamente fechados onde permaneceram até o momento da realização do experimento. Os frutos tratados com absorvedores de etileno foram embalados em

bandejas de poliestireno expandido revestidas por filmes de PVC, contendo em seu interior o sachê com permanganato de potássio.



(1) Testemunha



(2) Cera de Carnaúba



(3) Filme PVC



(4) Filme PVC +
absorvedor de oxigênio



(5) Filme PVC +
absorvedor de etileno

Figura 4.1- Frutos de manga Tommy Atkins selecionados e acondicionados sob diferentes tratamentos pós-colheita: (1) Testemunha (sem tratamento); (2) revestidos com cera de carnaúba; (3) embalados com filme de PVC (policloreto de vinila); (4) embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio; (5) embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno.

Posteriormente, os frutos foram armazenados em duas temperaturas: $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperatura ambiente) e $14\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperatura utilizada para armazenamento de mangas), durante um tempo de 16 dias, em câmaras tipo BOD. A umidade relativa no interior das câmaras foi mantida em $85 \pm 5\%$. As análises dos frutos foram realizadas de dois em dois dias após o acondicionamento dos frutos.

A obtenção de polpa de manga para as análises foi extraída em uma despoldadeira da marca Philips Walita. A polpa foi, então, acondicionada em tubos Falcon de 15 mL e congeladas à uma temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ para medições das atividades enzimáticas.

4.2.3- Atividade Enzimática

4.2.3.1- Atividade da Poligalacturonase

Para a obtenção do extrato enzimático, 15 mL da polpa de manga foi centrifugada à 21350 g, por 15 minutos, à 4 °C. O sobrenadante obtido constituiu o extrato enzimático e foi armazenado a -20 °C para as análises posteriores. A atividade enzimática da poligalacturonase foi ensaiada em uma mistura reacional contendo 25 µL do extrato enzimático, 225 µL de tampão acetato de sódio 37,5 mM, pH=5,0 e 225 µL de solução de ácido poligalacturônico (0,25% p/v), previamente dissolvido em tampão acetato de sódio 100 mM pH 5,0. Essa mistura foi incubada a 37 °C durante 30 minutos em banho-maria. Em seguida foi paralisada em banho fervente por 5 minutos e adicionado 500 µL de solução de ácido dinitrosalicílico (DNS) e o ensaio foi submetido ao banho fervente por 5 minutos para o desenvolvimento da cor. Logo após, adicionou-se 1 mL de água destilada. A leitura foi feita em um espectrofotômetro, a 540 nm. Os açúcares redutores liberados foram quantificados pelo método de MILLER, (1956), usando glicose como padrão. Uma unidade de enzima (U) foi definida como sendo a quantidade de enzima necessária para produzir 1 µmol de açúcar redutor por minuto nas condições do ensaio.

4.2.3.2- Atividade da Pectinametilesterase

Para a obtenção da atividade da pectinametilesterase foi feita a extração e a determinação da atividade de acordo com HAGERMAN e AUSTIM (1986). Amostras de 5 mL de polpa de manga foram homogeneizadas em 40 mL de NaCl 1M (pH=7,5) e 40 mL de suspensão de polivinilpirrolidona (1 g/100 mL). O extrato foi centrifugado à 21350 g, por 15 min, a 4 °C. O sobrenadante obtido constituiu o extrato enzimático e foi armazenado a -20 °C para as análises posteriores. A atividade da PME foi determinada pelo método fotocolorimétrico. Como substrato utilizou-se mistura de pectina cítrica (2,5 g/100 mL), em água destilada, com azul de bromotimol (1 g/100 mL) em tampão fosfato de potássio 3 mM, pH=7,5. O pH de todas as soluções foi ajustado para 7,5 com solução de NaOH. A atividade enzimática da pectinametilesterase foi ensaiada em uma mistura reacional contendo 0,4 mL do extrato enzimático e 1 mL da mistura de pectina e azul de bromotimol (para cada 1 mL de pectina, 75 µL de azul de bromotimol), e a absorbância a 620 nm foi monitorada durante 2 minutos, com leituras a intervalos de 10 segundos em um espectrofotômetro. O ácido poligalacturônico liberado foi quantificado por uma curva padrão, utilizando o ácido galacturônico como padrão. Uma unidade de enzima (U) foi

definida como sendo a quantidade de enzima necessária para produzir 1 μmol de ácido galacturônico por minuto.

4.2.3.3- Atividades α -galactosidase

Para a obtenção da atividade da α -galactosidase foi realizada a extração conforme KITAGAWA et al. (1995) e a atividade foi determinada segundo DEY e PRIDHAM (1969). Homogeneizaram-se 10 mL da polpa em 5 mL de tampão acetato de sódio (AcNa) 0,1 M pH 5,0, contendo polivinilpirrolidona (PVP) 1%, e centrifugada a 21350 g, por 15 min, a 4 °C. O sobrenadante obtido constituiu o extrato enzimático para determinação das atividades da enzima α -galactosidase na parede celular. O extrato foi incubado, por 15 minutos, a 55 °C, em solução do substrato α -4-nitrofenil-D-galactopiranosídeo 3 mM, em tampão McIlvaine (citrato a 25 mM + fosfato a 50 mM) pH 5,0 e 4,0, nesta ordem (McILVAINE, 1921). A reação foi interrompida com carbonato de sódio (Na_2CO_3) 0,5 M e as leituras realizadas em espectrofotômetro, a 410 nm. Uma unidade de enzima (U), é a quantidade de enzima necessária para liberar um 1 μmol de pNP por minuto.

4.2.3.4- Atividades da β -galactosidase

Para a obtenção da atividade da β -galactosidase foi realizada a extração conforme KITAGAWA et al. (1995) e a atividade foi determinada segundo DEY e PRIDHAM (1969). Homogeneizaram-se 10 mL da polpa em 5 mL de tampão acetato de sódio (AcNa) 0,1 M pH 5,0, contendo polivinilpirrolidona (PVP) 1%, e centrifugada a 21350 g, por 15 min, a 4 °C. O sobrenadante obtido constituiu o extrato enzimático para determinação da atividade da enzima β -galactosidase na parede celular. Os extratos foram incubados, por 15 minutos, a 37 °C, em solução dos substratos β -4-nitrofenil-D-galactopiranosídeo 3 mM, em tampão McIlvaine (citrato a 25 mM + fosfato a 50 mM) pH 5,0 e 4,0, nesta ordem (McILVAINE, 1921). A reação foi interrompida com carbonato de sódio (Na_2CO_3) 0,5 M e as leituras realizadas em espectrofotômetro, a 410 nm. Uma unidade de enzima (U), é a quantidade de enzima necessária para liberar um 1 μmol de pNP por minuto.

4.2.4- Análise estatística

Para a análise da atividade enzimática (poligalacturonase, pectinametilesterase, α -Galactosidade e β -Galactosidade), o experimento foi realizado, para cada temperatura, em um esquema de parcela subdividida, no delineamento

inteiramente casualizado, em 3 repetições em triplicata. Os dados experimentais foram interpretados por meio de análise de variância. Entre a testemunha e os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando o nível de 5 % de significância, utilizando-se o programa SAEG®.

4.3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1- Armazenamento à 14 °C

4.3.1.1- Atividade da Poligalacturonase

A manga Tommy Atkins está incluída no grupo de frutos climatérios, em que seu amadurecimento ocorre mesmo após a sua colheita. Assim, a alteração na atividade enzimática se torna uma importante análise do estado de amadurecimento dos mesmos. Verifica-se que os frutos que sofreram os tratamentos pós-colheita escolhidos apresentaram valores superiores aos frutos do lote testemunha (Tabela 4.1). Estatisticamente, os frutos que sofreram tratamento não diferiram significativamente a 5% de probabilidade entre si, exceto para o 2º dia, em que os frutos tratados com cera de carnaúba diferiram dos frutos tratados com pvc.

Tabela 4.1- Atividade da poligalacturonase (U.mL⁻¹) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à 14 ± 1°C.

Tempo (dias)	Testemunha	Cera de Carnaúba	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
	Atividade enzimática (U.mL ⁻¹)				
0	0.2120 a	0.2120 a	0.2120 a	0.2120 a	0.2120 a
2	0.1876 c	0.2126 bc	0.2542 a	0.2322 ab	0.2199 abc
4	0.1634 b	0.2102 a	0.2292 a	0.2265 a	0.1941 ab
6	0.1209 b	0.2008 a	0.2179 a	0.2163 a	0.1966 a
8	0.1466 b	0.2091 a	0.2143 a	0.1933 a	0.2050 a
10	0.1880 b	0.2146 ab	0.2242 a	0.2324 a	0.2169 ab
12	0.1934 a	0.2172 a	0.2145 a	0.2170 a	0.2023 a
14	0.1308 b	0.2150 a	0.2162 a	0.2079 a	0.1922 a
16	0.1474 b	0.1970 a	0.1833 a	0.2031 a	0.1808 ab

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A atividade da PG apresentou flutuações ao longo do armazenamento (Figura 4.2), com tendência à um declínio a partir do décimo dia para todos os tratamentos.

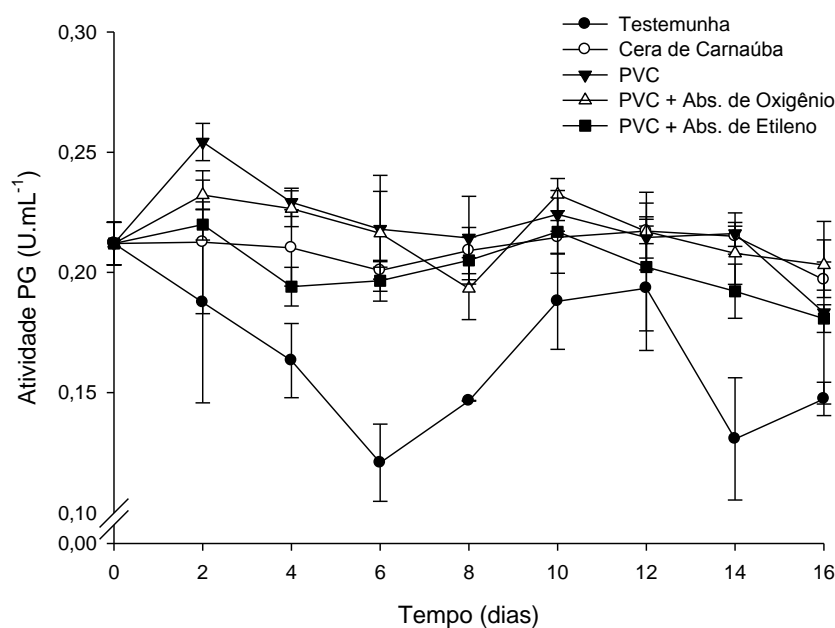


Figura 4.2- Atividade de poligalacturonase (PG) (U.mL^{-1}) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

Como observado na Figura 4.2, o lote testemunha foi o que apresentou menores valores de atividade enzimática da PG, sendo que houve um declínio até o sexto dia, aumentando a partir daí até 12º dia de armazenamento. Dentre os frutos de manga tratados, os tratados com PVC + absorvedores de etileno foram os que apresentaram menores valores de atividade enzimática.

ROE e BRUEMMER (1981), ABU-SARRA e ABU-GOUKH (1992), LIMA (1997) e EVANGELISTA et al., (2000) registraram aumento na atividade da PG de manga. ABU-SARRA e ABU-GOUKH (1992) observaram, inclusive, uma correlação alta entre o aumento da atividade da enzima e a perda de firmeza do fruto.

4.3.1.2- Atividade da Pectinametilsterase

O valor médio obtido para a atividade da pectinametilsterase em todos os tratamentos foi de $0,069 \text{ U.mL}^{-1}$, tendo a testemunha apresentado a maior atividade enzimática $0,075 \text{ U.mL}^{-1}$ no 10º e 14º dia e o tratamento com cera de carnaúba a menor atividade enzimática $0,06 \text{ U.mL}^{-1}$ no 10º dia (Tabela 4.2). Isso se deve aos tratamentos aplicados pós-colheita, pois os mesmos retardam o amadurecimento dos frutos, conseqüentemente os valores das atividades foram menores. No entanto, analisando estatisticamente, ao longo do armazenamento só houve diferença

estatística no 12^o e 14^o dia para os frutos tratados com cera de carnaúba. FREIRE JÚNIOR e CHITARRA (1999), observaram que a pectina total não foi alterada durante todo o período de armazenamento em manga Tommy Atkins.

Tabela 4.2- Atividade da pectinametilsterase (U.mL⁻¹) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à 14 ± 1°C.

Tempo (dias)	Testemunha	Cera de Carnaúba	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
Atividade enzimática (U.mL ⁻¹)					
0	0.0683 a	0.0683 a	0.0683 a	0.0683 a	0.0683 a
2	0.0673 a	0.0702 a	0.0667 a	0.0675 a	0.0690 a
4	0.0692 a	0.0694 a	0.0680 a	0.0678 a	0.0675 a
6	0.0704 a	0.0720 a	0.0675 a	0.0674 a	0.0700 a
8	0.0683 a	0.0719 a	0.0669 a	0.0687 a	0.0699 a
10	0.0752 a	0.0602 b	0.0696 a	0.0706 a	0.0691 a
12	0.0727 a	0.0678 a	0.0698 a	0.0703 a	0.0672 a
14	0.0754 ab	0.0770 a	0.0683 bc	0.0680 bc	0.0676 c
16	0.0675 a	0.0733 a	0.0704 a	0.0687 a	0.0676 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Houve um aumento nas atividades de pectinametilsterase ao longo do armazenamento (Figura 4.3), com exceção no tratamento com cera de Carnaúba, no qual houve no 10^o dia um declínio acentuado, com um posterior acréscimo. No decorrer do amadurecimento, há transformação da protopectina em pectina total e essa, por ação enzimática, sofre desmetilação e simplificação das cadeias, causando a solubilização até a degradação total, quando a fruta está muito madura (NUNES, 2004). Assim, o uso de técnicas como o uso de embalagens ativas, se torna necessária, com o intuito de retardar o amadurecimento desse tipo de fruto.

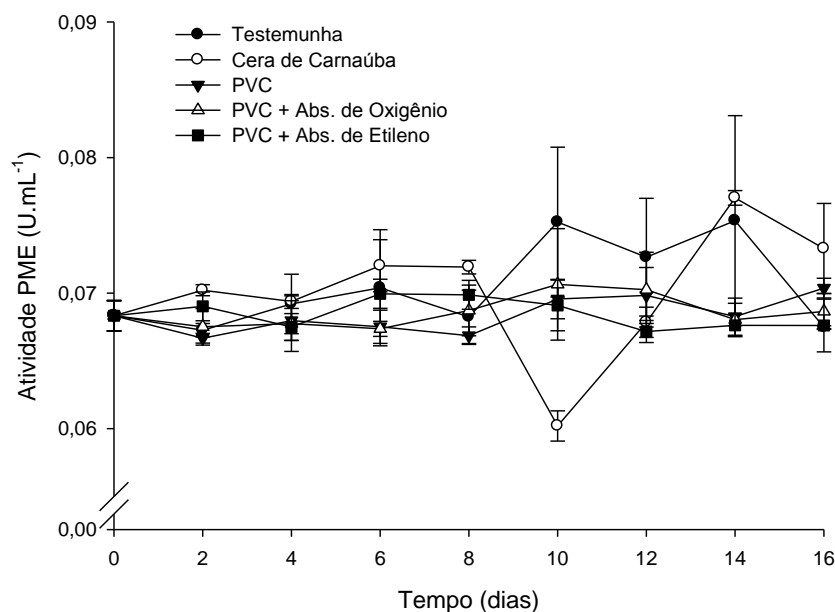


Figura 4.3- Atividade de pectinametilesterase (PME) (U.mL^{-1}) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

A atividade total da PME pode diminuir, permanecer constante ou aumentar durante a maturação, dependendo do fruto e do método de extração para análise (Lima et al., 2006). Relatos de mudanças na atividade da PME, durante o amadurecimento, são frequentemente contraditórios. Durante o amadurecimento da manga, demonstrou-se decréscimo na atividade de PME (EL-ZOGHBI, 1994; ROE & BRUEMMER, 1981); outros estudos demonstraram atividade constante (ASHRAF et al., 1981) e outros aumento da atividade (ABU-SARRA e ABU-GOUKH, 1992; AINA & OLADUNJOYE, 1993). EVANGELISTA et al. (2000) não encontraram atividade da PME.

Segundo BORDENAVE (1996), devido à alta especificidade das PMEs por metil-ésteres de galacturonanas, a desesterificação de pectinas que promove nunca é completa. Além disso, o processo não resulta diretamente no amaciamento, devendo anteceder a efetiva degradação da pectina pela PG (KAYS, 1991). Assim, SEYMOUR et al. (1987) concluíram que a solubilização de poliuronídeos em tomates maduros pode ser resultante da atividade conjunta da PME e da PG.

4.3.1.3- Atividade da α -galactosidase

O valor médio obtido da atividade enzimática da α -galactosidase ao longo do armazenamento para todos os tratamentos encontram-se na Tabela 4.3:

Tabela 4.3- Atividade de α -galactosidase (U.mL⁻¹) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à 14 ± 1°C.

Tempo (dias)	Testemunha	Cera de Carnaúba	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
Atividade enzimática (U.mL ⁻¹)					
0	0.0616 a	0.0616 a	0.0616 a	0.0616 a	0.0616 a
2	0.0222 c	0.0369 bc	0.0393 bc	0.0640 a	0.0594 ab
4	0.0192 c	0.0481 b	0.0478 b	0.0768 a	0.0651 ab
6	0.0340 c	0.0564 abc	0.0599 ab	0.0761 a	0.0514 bc
8	0.0298 c	0.0538 ab	0.0457 bc	0.0714 a	0.0588 ab
10	0.0494 b	0.0512 ab	0.0504 ab	0.0615 ab	0.0738 a
12	0.0365 b	0.0581 ab	0.0407 b	0.0727 a	0.0666 a
14	0.0376 b	0.0538 ab	0.0495 b	0.0735 a	0.0741 a
16	0.0380 bc	0.0303 c	0.0544 ab	0.0520 bc	0.0764 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Verifica-se que os frutos tratados pós colheita apresentaram valores superiores de atividade de α -galactosidase aos frutos do lote testemunha em todo o armazenamento. Estatisticamente, os frutos que sofreram tratamento com PVC + absorvedor de oxigênio e PVC + absorvedores de etileno diferiram significativamente a 5% de probabilidade, com o lote testemunha.

LUCENA (2011) estudou a caracterização bioquímica da manga cv. Tommy Atkins, nos estágios 2, 3 e 4 de maturação, e constatou que, para a atividade da α -Gal na parede celular da fruta, os níveis de atividade mostraram uma tendência de crescimento ao longo do desenvolvimento.

A Figura 4.4 mostra os perfis de atividade da α -galactosidase (α -Gal) em todos os tratamentos aplicados pós colheita ao frutos de manga Tommy Atkins.

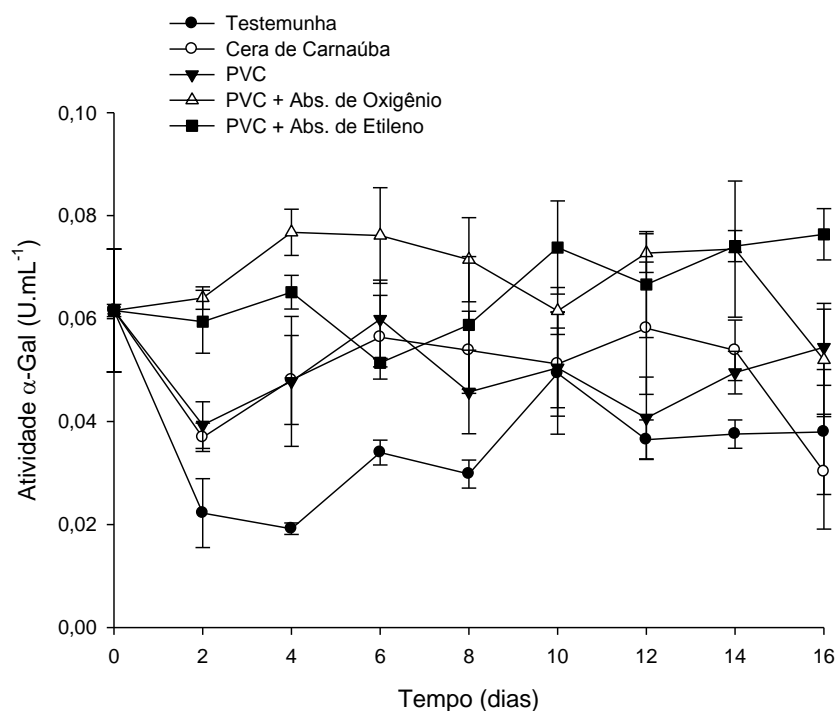


Figura 4.4- Atividade de α -galactosidase (α -Gal) (U.mL^{-1}) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

As variações nas atividades de α -galactosidase, extraídas da polpa da manga ocorreram ao longo de todo o armazenamento. Os frutos do lote testemunha, Cera de Carnaúba e PVC, tiveram uma queda acentuada da atividade enzimática no início do armazenamento e a partir do 4º dia sofreram flutuações no tempo restante. O lote testemunha a partir do 10º dia sofreu um decréscimo em sua atividade enzimática tendendo a estabilidade. Observando a Figura 4.4, percebemos que os frutos tratados com PVC + absorvedores de oxigênio foram os que apresentaram maiores atividades enzimáticas na maioria do tempo de armazenamento. O maior valor encontrado para atividade enzimática α -Gal, foi de $0,0768 \text{ U.mL}^{-1}$.

De acordo com SCHLIMME e ROONEY (1994) citados por CARNELOSSI (2002), além de proteção mecânica, as tecnologias envolvidas no desenvolvimento de uma embalagem com atmosfera modificada, visam retardar a respiração, o amadurecimento, a senescência e, conseqüentemente, todas as alterações indesejáveis advindas destes processos fisiológicos, proporcionando uma aceitável aparência, cor e textura e nenhum ou níveis aceitáveis de contaminação do material.

4.3.1.4- Atividade da β -galactosidase

Na tabela 4.4 encontram-se representados os valores médios de atividade da β -galactosidase (U.mL^{-1}) para os frutos de manga Tommy Atkins armazenados a 14°C por 16 dias.

Tabela 4.4- Atividade de β -galactosidase (U.mL^{-1}) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tempo (dias)	Testemunha	Cera de Carnaúba	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
	Atividade enzimática (U.mL^{-1})				
0	0.0013 a	0.0013 a	0.0013 a	0.0013 a	0.0013 a
2	0.0027 a	0.0107 a	0.0050 a	0.0021 a	0.0038 a
4	0.0032 a	0.0107 a	0.0066 a	0.0054 a	0.0026 a
6	0.0032 b	0.0455 a	0.0083 b	0.0031b	0.0038 b
8	0.0066 c	0.0476 a	0.0210 b	0.0019 c	0.0061 c
10	0.0159 b	0.0306 a	0.0093 b	0.0082 b	0.0049 b
12	0.0087 b	0.0324 a	0.0135 b	0.0087 b	0.0029 b
14	0.0119 b	0.0424 a	0.0062 b	0.0084 b	0.0077 b
16	0.0206 a	0.0184 a	0.0136 a	0.0108 a	0.0121 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Analisando a Tabela 4.4, notamos que os frutos tratados com PVC + absorvedores de etileno, foram os que apresentaram menor valor médio para a atividade da β -Galactosidase ao longo do armazenamento, $0,0050 \text{ U.mL}^{-1}$, tendo os frutos tratados com cera de carnaúba apresentado maior valor médio para a atividade enzimática, $0,0266 \text{ U.mL}^{-1}$. Estatisticamente, os frutos que sofreram tratamento com PVC + absorvedores de oxigênio, PVC + absorvedores de etileno e o lote Testemunha não diferiram significativamente a 5% de probabilidade entre si.

Os resultados dos ensaios das atividades enzimáticas demonstraram que houve aumento na atividade da β -galactosidase (β -Gal) nos frutos de manga Tommy Atkins, ao longo do período de armazenamento (Figura 4.5). Esse aumento é melhor observado nos frutos tratados com PVC, onde no 8º dia houve maior atividade enzimática ($0,0210 \text{ U.mL}^{-1}$) e nos frutos tratados com cera de carnaúba, que ao longo de todo o armazenamento apresentaram maiores valores de atividade enzimática, quando comparado com os outros tratamentos

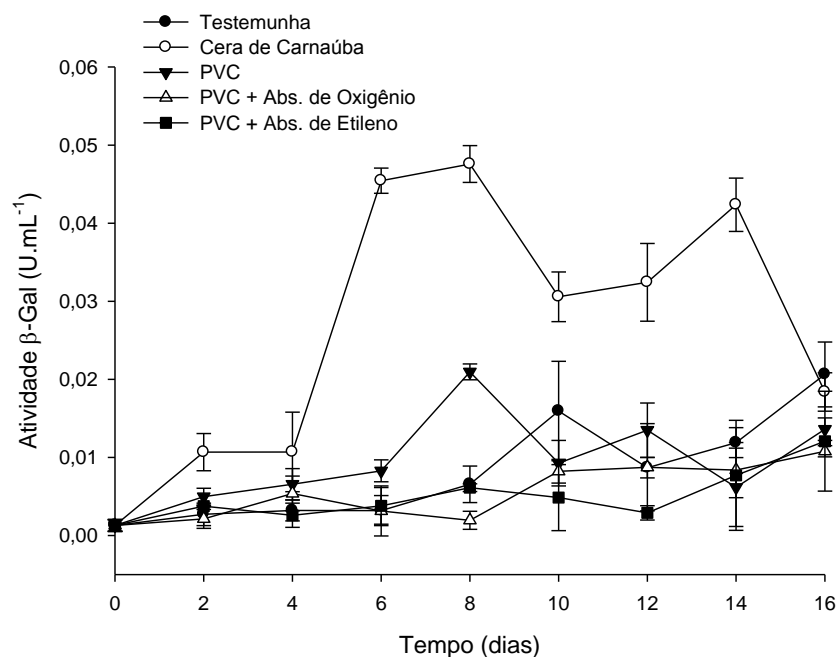


Figura 4.5- Atividade de β -galactosidase (β -Gal) (U.mL^{-1}) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à $14 \pm 1^\circ\text{C}$.

A β -Galactosidase é uma enzima hidrolítica que age em conjunto com as enzimas pectolíticas e pode contribuir para o amaciamento de frutos. Sua ação consiste na hidrólise dos resíduos terminais de galactosil dos galactosídeos. Muitos estudos têm mostrado que esta enzima catalisa a hidrólise de resíduos de galactosil de carboidratos, glicoproteínas e galactolipídios (ESTEBAN et al., 2005). MWANIKI et al. (2005) trabalhando com pera, observaram redução na firmeza associada ao acréscimo na atividade da β -galactosidase.

LAZAN et al. (2004) afirmaram que a atividade da β -galactosidase aumenta com o amadurecimento em alguns frutos. Esse aumento na atividade enzimática está associado ao aumento da solubilidade e despolimerização das pectinas. D'INNOCENZO e LAJOLO (2001), trabalhando com mamões cv. Solo observaram um aumento na atividade da β -Gal durante o amadurecimento dos frutos. ALI (1995) afirma que entre as glicosidases a β -GAL é a predominante na polpa de mangas 'Harumanis'.

4.3.2- Armazenamento à 25 °C

4.3.2.1- Atividade da Poligalacturonase

Com relação à atividade enzimática da poligalacturonase, os maiores valores foram encontrados para os frutos de manga tratados com filme PVC, exceto para o 14º e 16º dias, em que os frutos tratados com PVC + Absorvedores de Oxigênio apresentaram maior atividade enzimática. Os frutos do lote testemunha apresentaram os menores valores ao longo de todo o armazenamento (Tabela 4.5).

Tabela 4.5- Atividade de poligalacturonase (U.mL⁻¹) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à 25 ± 1°C.

Tempo (dias)	Testemunha	Cera de Carnaúba	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
	Atividade enzimática (U.mL ⁻¹)				
0	0.0719 a	0.0719 a	0.0719 a	0.0719 a	0.0719 a
2	0.0598 c	0.0916 c	0.2192 a	0.0611 c	0.1392b
4	0.0577 d	0.0940 c	0.2018 a	0.0765 cd	0.1302 b
6	0.0837 bc	0.1006 bc	0.1917 a	0.0713 c	0.1156 b
8	0.0462 d	0.0943 c	0.1821 a	0.1105 bc	0.1349 b
10	0.0285 c	0.0986 b	0.2104 a	0.1805 a	0.1763 a
12	0.0425 d	0.0921 c	0.2085 a	0.2068 a	0.1364 b
14	0.0683 c	0.1073 b	0.1843 a	0.1939 a	0.1617 a
16	0.0326 d	0.1066 c	0.1561 b	0.1943 a	0.1009 c

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Analisando estatisticamente, os frutos tratados com filme PVC apresentaram maiores valores de atividade de poligalacturonase e os frutos do lote testemunha diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade, ao longo de todo o armazenamento. A atividade da PG praticamente não sofreu alterações nos frutos tratados com cera de carnaúba (Figura 4.6). Já os frutos tratados com PVC + Absorvedor de Oxigênio sofreram um acréscimo na atividade enzimática até o 12º dia, tendendo então a estabilização.

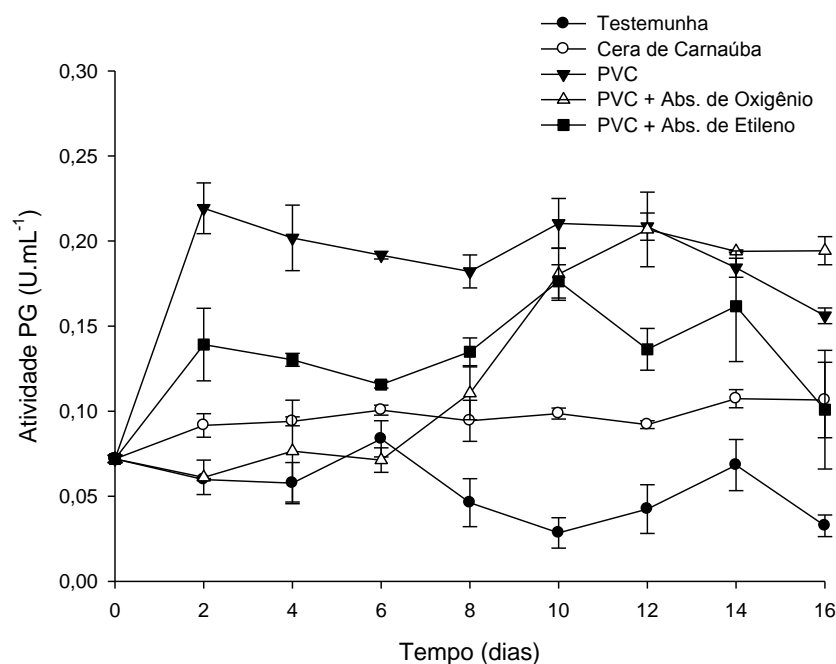


Figura 4.6- Atividade de poligalacturonase (U.mL⁻¹) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à 25 ± 1°C.

Normalmente, a degradação de polissacarídeos da parede celular é acompanhada por um aumento na atividade de hidrolases, tais como: poligalactorunases (enzimas responsáveis pela solubilização de pectinas), pectinametilsterase (enzimas que catalizam a desesterificação de grupos carboxílicos livres) e endo-β (1-4) gluconases (GONÇALVES, 1998), que podem ter efeitos marcantes na coesividade da parede celular durante o amolecimento (BICALHO, 2000).

Em alguns casos, foram verificadas altas correlações entre o aumento da atividade da enzima e a perda de firmeza do fruto (IMSABAI et al., 2002). Em outros, apesar da forte correlação, foi verificado que somente a ação da enzima não deve ser suficiente para promover o amaciamento (GIOVANNONI, 2001). Outros autores mencionaram, ainda, que mudanças significativas na firmeza de alguns frutos ocorrem mesmo na ausência de relevante atividade de PG e que o acúmulo da enzima ocorre nos estádios finais do amadurecimento (HUBER et al., 2001).

4.3.2.2- Atividade da Pectinametilsterase

A importância da PME no amaciamento dos frutos é ampliada, quando se considera que esta enzima pode ajudar direta ou indiretamente a ação de outras, ao

criar um ambiente iônico adequado, ou, possivelmente, ao modificar a porosidade da parede celular. Desta forma, favorece o acesso de outras enzimas aos seus substratos potenciais (ALI et al., 2004). Os frutos tratados com cera de carnaúba apresentaram os maiores valores para a atividade enzimática da PME, com exceção para o 2º e 12º dia de armazenamento. O valor médio obtido para a atividade da pectinametilesterase no tratamento com cera de Carnaúba foi de 0,072 (U.mL⁻¹). Os valores médios para a atividade da pectinametilesterase da polpa de manga Tommy Atkins, se encontram na Tabela 4.6.

Tabela 4.6- Atividade de pectinametilesterase (U.mL⁻¹) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à 25 ± 1°C.

Tempo (dias)	Testemunha	Cera de Carnaúba	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
Atividade enzimática (U.mL ⁻¹)					
0	0.0677 a	0.0677 a	0.0677 a	0.0677 a	0.0677 a
2	0.0699 a	0.0661 a	0.0675 a	0.0665 a	0.0673 a
4	0.0685 a	0.0691 a	0.0667 a	0.0685 a	0.0680 a
6	0.0685 a	0.0718 a	0.0690 a	0.0683 a	0.0672 a
8	0.0735 ab	0.0756 a	0.0701 ab	0.0696 ab	0.0687 b
10	0.0757 ab	0.0741 ab	0.0741 ab	0.0783 a	0.0696 b
12	0.0775 a	0.0689 b	0.0781 a	0.0719 ab	0.0732 ab
14	0.0753 a	0.0789 a	0.0737 a	0.0748 a	0.0750 a
16	0.0744 a	0.0758 a	0.0763 a	0.0730 a	0.0738 a

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Analisando a Tabela 4.6, podemos notar que só houve diferença significativa no 10º e 12º dia. No 10º dia os frutos tratados com PVC + Absorvedor de Oxigênio e os tratados com PVC + Absorvedor de etileno diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade e no 12º dia os frutos tratados com PVC e o lote testemunha, diferiram dos frutos tratados com cera de carnaúba. Pode ser observado também que os frutos tratados com PVC + Absorvedor de Etileno e com PVC + Absorvedores de Oxigênio foram os que apresentaram menores médias de atividade enzimática, 0,0701 e 0,0710 U.mL⁻¹, respectivamente. O fato de modificar a atmosfera dos frutos de manga, com o fim de aumentar sua vida útil, pode ter influenciado na atividade da pectinametilesterase.

A Figura 4.7 mostra o comportamento da atividade enzimática da pectinametilesterase da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento a 25 °C.

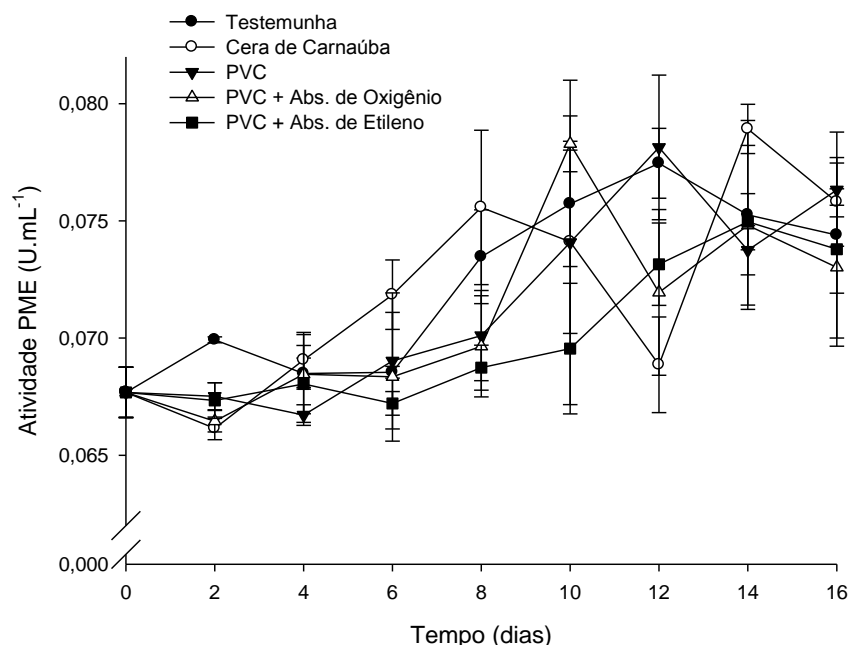


Figura 4.7- Atividade de pectinametilesterase (PME) (U.mL⁻¹) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à 25 ± 1°C.

Houve um aumento na atividade de pectinametilesterase ao longo do armazenamento (Figura 4.7), com exceção no tratamento com cera de Carnaúba, que no 12º dia houve um declínio acentuado, com um posterior acréscimo. A pectinametilesterase promove a desmetilação da pectina através da hidrólise de radicais metila, expondo a carboxila dos ácidos galacturônicos e liberando metanol e pectina de baixa metilação (ARBAISAH et al., 1996).

4.3.2.3- Atividade da α-galactosidase

O valor médio obtido da atividade enzimática da α-Galactosidase na polpa de manga Tommy Atkins ao longo do armazenamento, numa temperatura de 25 °C, para todos os tratamentos, encontram-se na Tabela 4.7:

Tabela 4.7- Atividade de α-galactosidase (U.mL⁻¹) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à 25 ± 1°C.

Tempo	Testemunha	Cera de Carnaúba	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
-------	------------	------------------	-----	---------------------	--------------------

(dias)	Atividade enzimática (U.mL ⁻¹)				
0	0.0333 a	0.0333 a	0.0333 a	0.0333 a	0.0333 a
2	0.0180 a	0.0304 a	0.0099 a	0.0269 a	0.0196 a
4	0.0192 a	0.0227 a	0.0315 a	0.0299 a	0.0444 a
6	0.0340 ab	0.0285 ab	0.0208 b	0.0430 ab	0.0494 a
8	0.0298 ab	0.0483 a	0.0162 b	0.0307 ab	0.0228 ab
10	0.0494 a	0.0409 a	0.0330 a	0.0331 a	0.0232 a
12	0.0365 a	0.0391 a	0.0518 a	0.0326 a	0.0467 a
14	0.0376 a	0.0417 a	0.0261 a	0.0360 a	0.0371 a
16	0.0380 b	0.0231 b	0.0686 a	0.0265 b	0.0290 b

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Estatisticamente, não houve diferença significativa entre os tratamentos, até o 4º dia. Os frutos tratados com filme PVC e com PVC + Absorvedores de Oxigênio apresentaram menor média de atividade de α -galactosidase, 0,0324 U.mL⁻¹. A atividade da α -galactosidase praticamente não sofreu alterações nos frutos tratados com PVC + absorvedor de oxigênio, com exceção para o 6º dia, quando ocorreu um aumento na atividade de α -galactosidase (Figura 4.8).

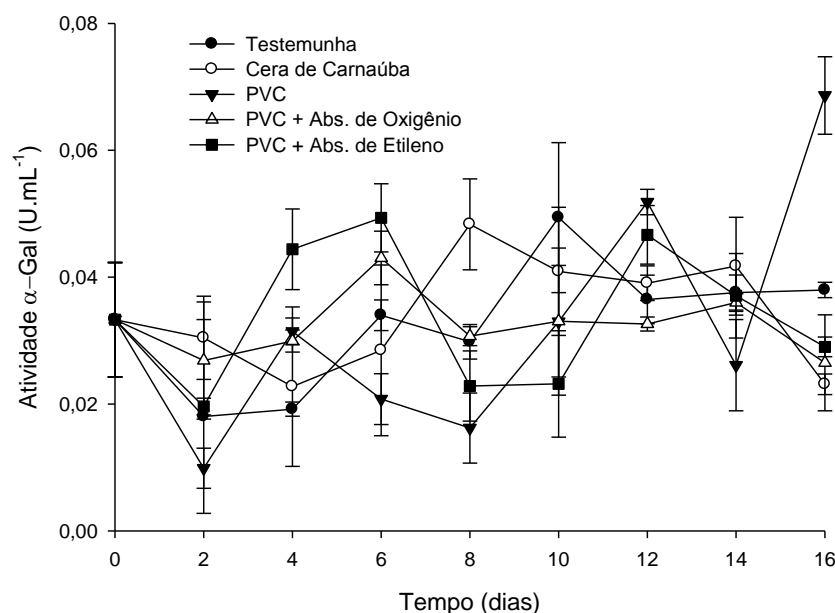


Figura 4.8- Atividade de α -galactosidase (α -Gal) (U.mL⁻¹) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à 25 ± 1°C.

SOH et al. (2006), trabalhando com mamão, observaram que a atividade total da α -Gal aumentou em seis vezes durante o seu amadurecimento, especialmente no período de rápida perda de firmeza. Alguns trabalhos ressaltam que a atividade das galactoses promovem alterações em açúcares neutros (como arabinose e galactose), constituintes dos poliuronídeos. A liberação de resíduos desses açúcares neutros das cadeias laterais de poliuronídeos pode estar envolvida na sua solubilização, durante o amaciamento (GALLEGO e ZARRA, 1998).

4.3.2.4- Atividade da β -galactosidase

Os valores médios para a atividade da β -galactosidase da polpa de manga Tommy Atkins, se encontram na Tabela 4.6.

Tabela 4.8- Atividade de β -galactosidase (U.mL^{-1}) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tempo (dias)	Testemunha	Cera de Carnaúba	PVC	PVC + Abs. Oxigênio	PVC + Abs. Etileno
Atividade enzimática (U.mL^{-1})					
0	0.0020 a	0.0020 a	0.0020 a	0.0020 a	0.0020 a
2	0.0008 a	0.0011 a	0.0022 a	0.0077 a	0.0055 a
4	0.0017 a	0.0038 a	0.0015 a	0.0074 a	0.0039 a
6	0.0059 a	0.0081 a	0.0037 a	0.0079 a	0.0054 a
8	0.0056 b	0.0182 a	0.0019 b	0.0096 ab	0.0069 ab
10	0.0263 a	0.0110 b	0.0031 b	0.0082 b	0.0034 b
12	0.0202 ab	0.0307 a	0.0144 bc	0.0044 c	0.0044 c
14	0.0108 ab	0.0174 a	0.0030 b	0.0065 ab	0.0045 b
16	0.0212 a	0.0109 ab	0.0099 ab	0.0047 b	0.0032 b

Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Analisando a Tabela 4.8, podemos notar que só houve diferença significativa entre o lote testemunha e os tratamentos a partir do 8º dia. Os frutos tratados com PVC, PVC + Absorvedor de Oxigênio e os tratados com PVC + Absorvedor de etileno não diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade, ao longo de todo o armazenamento. Pode ser observado também que os frutos tratados com PVC + Absorvedor de Etileno e com PVC + Absorvedores de Oxigênio foram os que apresentaram menores médias de atividade enzimática, 0,0046, 0,0065 e 0,0043 U.mL^{-1} , respectivamente. A modificação da atmosfera de armazenamento é um fator importante pela manutenção da firmeza da manga por mais tempo.

As atividades enzimáticas da β -galactosidase sofreram maiores variações nos frutos de manga tratados com cera de carnaúba e nos frutos do lote testemunha. Pode ser observado um aumento expressivo da atividade da β -galactosidase no 8º e 12º dia para os frutos tratados com cera de carnaúba. Os frutos tratados com PVC + Absvedores de etileno não sofreram alterações bruscas na atividade enzimática ao longo do armazenamento (Figura 4.9).

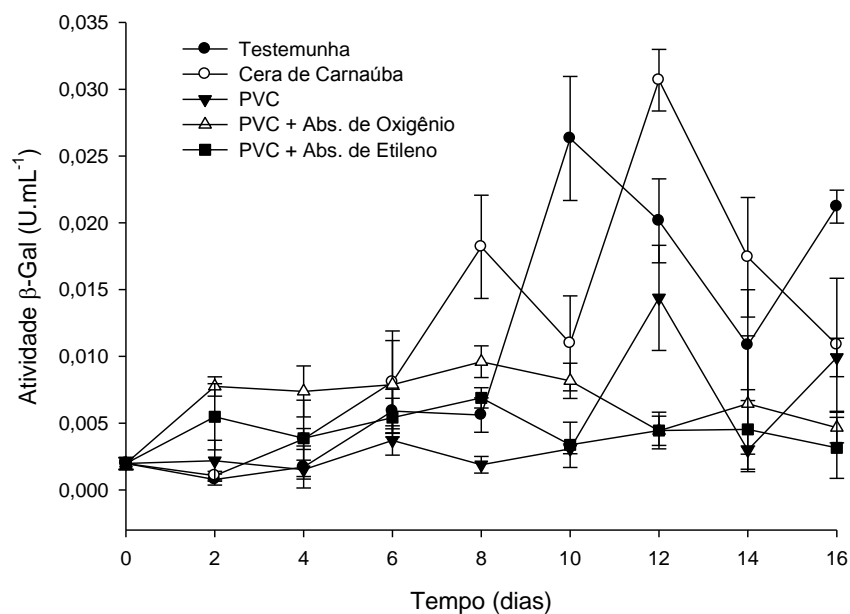


Figura 4.9- Atividade de β -galactosidase (β -Gal) (U.mL⁻¹) da polpa de manga Tommy Atkins nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento (16 dias) à $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

No caso de mamões cv. Solo armazenados a 22°C , D'INNOCENZO e LAJOLO (2001), identificaram um expressivo aumento da atividade da β -Gal até 8 dias de armazenamento, período no qual ocorreu a redução total de firmeza do tecido. MIRANDA et al. (2002), trabalhando com frutos de Sapoti, em diferentes temperaturas, verificaram um aumento na atividade da β -Galactosidade durante o armazenamento.

4.4- CONCLUSÕES

Diante dos resultados encontrados neste trabalho, conclui-se que as enzimas investigadas, poligalacturonase, pectinametilesterase, α -galactosidase e β -galactosidase, exibiram alteração de atividade, detectadas na polpa de manga Tommy Atkins, nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento nas temperaturas de 14 e 25 °C. Isto sugere que estas enzimas são relacionadas com a despolimerização das substâncias pécticas e conseqüente amaciamento da polpa de manga Tommy Atkins durante o seu amadurecimento. Pode ser evidenciado também que, para os frutos de manga Tommy, a utilização de atmosfera modificada em embalagens com PVC e com PVC + absorvedor de etileno apresentaram melhores resultados na conservação dos frutos, quando comparados com os demais tratamentos (PVC + absorvedor de oxigênio e Cera de carnaúba), fato este baseado nos valores encontrados para a atividade enzimática.

4.5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-SARRA, A. F.; ABU-GOUKH, A. A. Changes in pectinesterase, poligalacturonase and cellulose activity during mango fruit ripening. **Journal of Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.67, n.4, p.561-568, 1992.

AINA, J. O.; OLADUNJOYE, O. O. Respiration, pectolytic activity and textural changes in ripening African mango (*Irvingia gabonensis*) fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 63, n. 4, p. 451-454, Apr. 1993.

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, 1995.

ALI, Z.M.; CHIN, L.-H.; LAZAN, H. A comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. **Plant Science**, v.167, p. 317-327, 2004.

ANTHON, G. E.; SEKINE, Y.; WATANABE, N. et al. Thermal inactivation of pectin methylesterase, polygalacturonase, and peroxidase in tomato juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p.6153-6159, 2002.

ARBAISAH, S. M.; SABIH, B. A.; JUNAINAH, A. H.; JAMILAH, B. Determination of optimum conditions for pectinase extraction from soursop fruit (*Anona muricata*) using response surface methodology. **Food Chemistry**, London, v. 55, n. 3, p. 289-292, 1996.

ASHRAF, M.; KHAN, N.; AHMAD, M.; ELAHI, M. Studies on the pectinesterase activity and some chemical constituents of some Pakistani mango varieties during storage ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 29, n. 3, p. 526-528, May/June 1981.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo, Nobel, 114 p., 1993.

BALASUBRAMANIAM, S.; LEE, H. C.; LAZAN, H.; OTHMAN, R.; ALI, Z. M. Purification and properties of a β -galactosidase from carambola fruit with significant activity towards cell wall polysaccharides. **Phytochemistry**, Amsterdam, v.66, p.153-163, 2005.

BARNAVON, L.; DOCO, T.; TERRIER, N.; AGCORGES, A.; ROMICU, C. & PELLERIN, P. Analysis of cell wall neutral sugar composition, β -galactosidase activity and a related cDNA clone throughout the development of *Vitis vinifera* grape berries. **Plant Physiology Biochemistry** 38: 289-300, 2000.

BICALHO, U. de O.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. et al. Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagens PVC. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p.136-146, 2000.

BURNS, J. α - and β - galactosidase activities in juice vesicles of stored Valencia oranges. **Phytochemistry**, Oxford, v. 29, n. 8, p. 2425-2429, 1990.

CAMARGO, Y. R. et al. Efeito do cálcio sobre o amadurecimento de morangos (*Fragaria ananassa* Duch) cv. Campineiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p.968-978, 2000.

CARNELOSSI, M.A.G.; YAGUIU, P.; REINOSO, A.C.L.; ALMEIDA, G.R.O.; LIRA, M.L.; SILVA, F.G.; JALALI, V.R.R. Determinação das etapas do processamento mínimo de quiabo. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.970-975, 2005.

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

D'INNOCENZO, M.; LAJOLO, F.M. Effect of gamma irradiation on softening changes and enzyme activities during ripening of papaya fruit. **Journal Food Biochemistry**, Westport, v.25, p.425-438, 2001.

DEY, P.M.; PRIDHAM, J.B. Purification and properties of α -galactosidases from *Vicia faba* seeds. **Biochemical Journal**, v.113, p.49-55, 1969.

EL-ZOGHBI, M. Biochemical changes in some tropical fruits during ripening. **Food Chemistry**, v. 49, n. 1, p. 33- 37, Jan./Feb. 1994.

ESTEBAN R.; LABRADOR, E.; DOPICO B. A family of beta-galactosidase cDNAs related to development of vegetative tissue in *Cicer arietinum*. **Plant Science**, Limerick, v. 168, n. 2, p. 457-466, 2005.

EVANGELISTA, R.M.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. Influência da aplicação pré-colheita de cálcio na textura e na atividade das enzimas poligalacturonase, pectinametilsterase e β -galactosidase de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n. esp., p.174-181, 2000.

FARIA, J. B. et al. Transformações enzimáticas das substâncias pécticas da manga (*Mangífera indica* L.) v. Haden no amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 14, n. 2, p. 189-201, 1994.

FREIRE JUNIOR, M.; CHITARRA, A. B. Efeito da aplicação do cloreto de cálcio nos frutos da manga Tommy Atkins tratados hidrotérmicamente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 761-769, maio 1999.

GALLEGO, P.P.; ZARRA, I. Cell wall autolysis during kiwifruit development. **Annals of Botany**, v.81, p.91-96, 1998.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 284 p.

GIOVANNONI, J. Molecular biology of fruit maturation and ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.52, p.725-749, 2001.

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

GONÇALVES, C. A. A.; LIMA, L. O. L.; LOPES, P. S. N.; PRADO, M. E. T. Caracterização Física, Físico-Química, Enzimática e de Parede Celular em Diferentes Estádios de Desenvolvimento da Fruta de Figueira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, 220-229, 2006.

HAGERMAN, A.E.; AUSTIN, P.J. Continuous spectrophotometric assay for plant pectinmethylesterase. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 34, n. 3, p. 440-444, 1986.

HUBER, D.J.; KARAKURT, Y.; JEONG, J. Pectin degradation in ripening and wounded fruits. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, p.224-241, 2001.

IMSABAI, W.; KETSA, S.; DOORN, W.G. van. Effect of temperature on softening and the activities of polygalacturonase and pectinesterase in durian fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.26, p.347-351, 2002.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Book, 1991. 532 p.

KITAGAWA, Y.; KANAYAMA, Y.; YAMAKI, S. Isolation of β -galactosidase fractions from Japanese pear: activity against native cell wall polysaccharides. **Physiologia Plantarum**, v.93, p.545-550, 1995.

LAZAN, H.; GOH, L. Y.; ALI, Z. M. Papaya β -galactosidase/galactanase isoforms in differential cell wall hydrolysis and fruit softening during ripening. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v.42, p.847-853, 2004.

LIMA, L. C. de O. Tecido esponjoso em manga 'Tommy Atkins': Transformações químicas e bioquímicas no mesocarpo durante o armazenamento. 1997. 147f. **Tese Doutorado em Ciências dos Alimentos** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

LUCENA, E. M. P.; ASSIS, J. S.; ALVES, R. E.; FILHO, J. E. Atividade das enzimas α -e β -galactosidases de mangas 'tommy atkins' durante o desenvolvimento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.1, p.65-74, 2011.

McILVAINE, T.C. A buffer solution for colorimetric comparasions. **Journal Biology Chemistry**, v.49, p.185-186, 1921.

MILLER G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, p. 426-428,1956.

MIRANDA, M. R. A.; FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E. A.; SOARES, A. A.; BENBADIS, A. K. Caracterização físico-química e histológica do desenvolvimento de sapoti. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, p. 575-582, 2008.

MWANIKI, M. W.; MATHOOKO, F. M.; MATSUZAKI, M. ; HIWASA, K.; TATEISHI, A.; USHIJIMA, K.; NAKANO, R.; INABA, A.; KUBO, Y. Expression characteristics of seven members of the β -galactosidase gene family in 'La France' pear (*Pyrus communis* L.) fruit during growth and their regulation by 1-methylcyclopropene during postharvest ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Pullman, v. 36, p. 253-263, 2005.

NUNES, E. E. Conservação de mandioquinha: salsa minimamente processada. Lavras: UFLA, 2004. 18 p.

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

SCHOUTEN, R. E.; HUIJBEN, T. P. M.; TIJSKENS, L. M. M.; VAN KOOTEN, O. **Modelling quality attributes of truss tomatoes: linking colour and firmness maturity.** *Postharvest Biology and Technology*, v.45, n.3, p. 298 - 306, 2007.

SEYMOUR, G. B.; LASSLETT, Y.; TUCKER, G. A. Differential effects of pectolytic enzymes on tomato polyuronides in vivo and in vitro. **Phytochemistry**. V. 26, 3137-3139, 1987.

SOH, C.-P.; ALI, Z.M.; LAZAN, H. Characterisation of an α -galactosidase with potential relevance to ripening related texture changes. **Phytochemistry**, v.67, p.242-254, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução Eliane Romanato Santarém et al. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

THUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B., TAYLOR, J. E., THUCKER, G.A., **Biochemistry of fruit ripening**. London: Champal e Hall, 1993. Cap.1, p. 2-51. 464p.

UENOJO M.; PASTORE, G.M. Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. **Química Nova**, v.30, n.2, 2007.

VILA, M. T. R. **Qualidade pós colheita de goiabas 'Pedro Sato' armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada por biofilme de fécula de mandioca**. Lavras, MG: UFLA, 2004. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, 2004.

YOSHIOKA, H.; KASHIMURA, Y.; KANEKO, K. Solubilization and distribution of neutral sugar residues derived from polyuronides during the softening in apple fruit. **Journal of Japanese Society of Horticultural Science**, Kyoto, v. 63, n. 1, p. 173-182, 1994.

CONCLUSÃO GERAL

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- A utilização da refrigeração (14 °C), em atmosfera modificada e com absorção de etileno, mostrou-se o tratamento mais eficaz na conservação dos frutos de manga Tommy Atkins durante o armazenamento por 16 dias .
- A partir da análise colorimétrica, verificou-se que os frutos tratados com embalagens ativas, foram mais eficientes em retardar o amadurecimento dos frutos, independente da temperatura estudada. E entre os tratamentos, os frutos tratados com PVC + absorvedor de etileno foram os que conservaram de forma mais apropriada os frutos ao longo do armazenamento (16 dias).
- Os frutos de manga tratados com filme de PVC + absorvedor de etileno, nas duas temperaturas (14 e 25 °C), foram os que apresentaram melhores resultados, tanto para a perda de massa quanto para as propriedades texturais (compressão, relaxação e penetração). De forma geral, os frutos armazenados a 14 °C obtiveram melhores repostas com relação à conservação das características texturais e a perda de massa. O modelo generalizado de Maxwell representa bem o processo de relaxação em todas as condições estudadas, descrevendo adequadamente as alterações dos frutos de manga Tommy Atkins ao longo do armazenamento.
- O modelo de Herschel-Bulkley foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais e representou satisfatoriamente o comportamento do escoamento da polpa de manga Tommy Atkins em todas as condições estudadas. Os frutos de manga Tommy Atkins armazenados a 14 °C e 25 °C, e tratados com filme PVC e PVC + absorvedor de etileno, apresentaram melhores resultados na conservação dos frutos, fato este baseado no comportamento reológico da polpa dos frutos de manga, indicando assim que esses tratamentos são adequados para o tempo proposto de armazenamento (16 dias).
- As enzimas estudadas, poligalacturonase, pectinametilesterase, α -galactosidase e β -galactosidase, exibiram alteração de atividade, detectadas na polpa de manga Tommy Atkins, nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento nas temperaturas de 14 e 25 °C. Pode ser evidenciado também que, para os frutos de manga, a utilização de atmosfera modificada em embalagens com PVC e com PVC + absorvedor de etileno apresentaram melhores resultados na conservação dos frutos, quando comparados com os demais tratamentos, fato este baseado nos valores encontrados para a atividade enzimática.