

EFEITO DO CLORETO DE CÁLCIO E DO USO DE COBERTURA
COMESTÍVEL A BASE DE QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO PÓS-
COLHEITA DO MAMÃO UENF/Caliman01

WILLIAN BATISTA SILVA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
JANEIRO – 2014

EFEITO DO CLORETO DE CÁLCIO E DO USO DE COBERTURA
COMESTÍVEL A BASE DE QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO PÓS-
COLHEITA DO MAMÃO UENF/Caliman01

WILLIAN BATISTA SILVA

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.”

Orientador: Prof. Jurandi Gonçalves de Oliveira

Coorientador: Walter Ruggeri Waldman

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
JANEIRO – 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF** 005/2014

Silva, Willian Batista

Efeito do cloreto de cálcio e do uso de cobertura comestível a base de quitosana na conservação pós-colheita do mamão UENF/Calimano01 / Willian Batista Silva. – 2014.

113 f. : il.

Orientador: Jurandi Gonçalves de Oliveira

Dissertação (Mestrado - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2014.

Bibliografia: f. 82 – 108.

1. Cálcio 2. *Carica papaya* L. 3. Cobertura comestível 4. Textura
I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

Cutter – S586e

EFEITO DO CLORETO DE CÁLCIO E DO USO DE
COBERTURA COMESTÍVEL A BASE DE QUITOSANA NA
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DO MAMÃO UENF/Caliman01

WILLIAN BATISTA SILVA

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.”

Aprovada em 28 de Janeiro de 2014.

Comissão Examinadora:

Luiz Miguel Mazorra Morales (D.Sc., Bioquímica) - UENF

Prof. Claudio Luiz Melo de Souza (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF

Prof. Walter Ruggeri Waldman (D.Sc. Química) – UFSCar
(Coorientador)

Prof. Jurandi Gonçalves de Oliveira (D.Sc., Biologia Vegetal) – UENF
(Orientador)

“La pace può crescere soltanto nella verità”

Giovanni Paolo II

Dedico este trabalho a Deus e à minha mãe Maria Solange da Silva Souza, também ao meu pai João Batista de Souza (*in memoriam*) e ao meu companheiro e amigo Josino Dellarmelina, razões da minha busca, aos quais devo meu existir.

Dedico e ofereço

AGRADECIMENTOS

A Deus pela perseverança e fé a mim concedidas, pela força e vontade de vencer a cada dia, também a Nossa Senhora Auxiliadora, a qual me banha de amor e carinho de mãe e ânimo de reerguer diante das dificuldades;

À minha mãe Maria Solange da Silva Souza pela vida a mim concedida e pelo amor que motiva-me em minha caminhada e por existir em minha vida;

Ao meu pai João Batista de Souza (*in memoriam*) pessoa que estimo com muito carinho e por meio deste dedico e reconheço todo o esforço e suor que saiu de seu corpo para oferecer o estudo e a qualidade de vida;

À minha irmã Leydiane Francisca da Silva Souza, conhecida carinhosamente como “Nega” por sua amizade de irmã para a qual sinto um conforto e uma confiança para confiar minha vida;

Ao meu irmão Wcleverson Batista Silva, filósofo e grande professor, a quem me espelho-me e busco a dedicação e evolução, agradeço pelo sentimento

e reconhecimento de nossa grande amizade e pelo tempo que ficamos sem nos ver;

Ao meu amado companheiro Josino José Dellarmelina, agradeço pela paciência, amor, além do carinho que passa sempre pro meu coração. Agradeço por ter lhe conhecido, agradeço por você ter feito parte dessa etapa que para nós tem muita importância;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF e ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA), ao Programa de Produção vegetal por proporcionarem condições para a realização do curso e pelos 14 meses de bolsas concedidas;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa concedida pelos 10 últimos meses de bolsas;

Ao programa de pós-graduação em Produção Vegetal, por ter concedido a oportunidade para a realização deste projeto;

A Caliman Agrícola S/A, pela parceria e pelo apoio técnico e pela contribuição do material vegetal para realização do trabalho;

Ao professor e amigo Jurandi Gonçalves de Oliveira, pelo aprendizado, apoio e incentivo nas minhas atividades acadêmicas e pela sinceridade e cordialidade no tratamento durante todo o tempo da minha formação;

Ao professor Walter Ruggeri Waldman - UFSCar, pela colaboração na dissertação como um todo e no meu aprendizado;

Ao professor Cláudio Melo pela amizade e pelo apoio nas estatísticas de todos os trabalhos que desenvolvi durante o período de mestrado na UENF;

À grande amiga Gláucia Michelle, também conhecida como Ednéia II, pelo incentivo e pela paciência durante os dois anos de mestrado, pelas risadas proporcionadas e cervejas compartilhadas;

À estimada Lígia Renata também conhecida como 'machão' do laboratório pela grande amizade formada e pela evolução que desenvolveu durante esse período, pelo grande amor com que tratava meu trabalho;

Ao Diederson Bortolini conhecido como Diú para os não íntimos e "Peixe Ednéia I" para os íntimos, por ter feito parte de minha formação e amizade durante o curto espaço de tempo e na presença do mesmo, quero também agradecer meu amigo Wesley Carvalho;

Ao André Vicente, pelas ajudas durante a fase final de meu trabalho e pela convivência;

Ao amigo Ygor de Souza Gonçalves pela amizade e ajudas durante toda a fase dos ensaios e pelos vídeos baixados na internet diariamente vistos para animar durante os períodos de desânimo;

Ao Fábio Ribeiro Barros pelas ajudas e pela amizade e pelas cervejas compartilhadas no Braseirinho;

A Joviana Lerin, amiga gauchona pela força e ajuda sem nada exigir, pela humildade e gentileza;

A todos os amigos que de alguma forma seja ativa ou passivamente contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	VIII
ABSTRACT	X
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Características da cultura do mamoeiro e padrão respiratório do fruto	4
2.2. Mudanças durante o amadurecimento na estrutura da parede celular da polpa dos frutos	7
2.3. Enzimas atuantes no amolecimento da polpa dos frutos	10
2.4. Tratamento com cálcio na pós-colheita de frutos	12
2.5. Sinalização do cálcio durante o amadurecimento de frutos	15
2.6. Tecnologia de uso e aplicação de coberturas comestíveis	16
3. TRABALHOS	21
3.1. Qualidade do mamão UENF/Caliman01 submetidos à aplicação de cálcio em pós-colheita	21
3.1.1. RESUMO	21
3.2.1. ABSTRACT	23
3.2.2. INTRODUÇÃO	25
3.2.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.2.3.1. Material vegetal	27
3.2.3.2. Aplicação da solução de cloreto de cálcio	28
3.2.3.3. Perda de massa fresca - PMF	28
3.2.3.4. Coloração da casca	29
3.2.3.5. Firmeza do fruto e mesocarpo – FF e FM	29
3.2.3.6. Teor de sólidos solúveis - SS	29
3.2.3.7. Acidez titulável - AT	29

3.2.3.8. Razão SS/AT - <i>ratio</i>	30
3.2.3.9. Teor de ácido ascórbico - AA	30
3.2.3.10. Análise estatística	31
3.2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.2.4.1. Perda de massa fresca - PMF	32
3.2.4.2. Ângulo de cor <i>hue</i> - H	34
3.2.4.3. Firmeza do fruto - FF	37
3.2.4.4. Firmeza do mesocarpo - FM	38
3.2.4.5. Teor de sólidos solúveis - SS	40
3.2.4.6. Acidez titulável - AT	41
3.2.4.7. Razão SS/AT - <i>ratio</i>	43
3.2.4.8. Teor de ácido ascórbico - AA	44
3.2.5. CONCLUSÃO	46
3.3. Efeito da cobertura comestível a base de quitosana e o uso do cálcio na conservação da qualidade do mamão UENF/Caliman01	47
3.3.1. RESUMO	47
3.3.2. ABSTRACT	49
3.3.3. INTRODUÇÃO	51
3.3.4. MATERIAL E MÉTODOS	54
3.3.4.1. Material Vegetal	54
3.3.4.2. Aplicação da solução de cloreto de cálcio	55
3.3.4.3. Preparação das soluções e aplicação das coberturas comestíveis	56
3.3.4.4. Perda de massa fresca - PMF	56
3.3.4.5. Determinação da coloração da casca	56
3.3.4.6. Firmeza do fruto e mesocarpo – FF e FM	57
3.3.4.7. Teor de sólidos solúveis - SS	57
3.3.4.8. Acidez titulável - AT	57
3.3.4.9. Razão SS/AT – <i>ratio</i>	58
3.3.4.10. Teor de ácido ascórbico - AA	58
3.3.4.11. Conteúdo de pigmentos da casca	59
3.3.4.5. Análise estatística	59
3.3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
3.3.5.1. Perda de massa fresca - PMF	61
3.3.5.2. Determinação da coloração da casca	63
3.3.5.3. Firmeza do fruto e do mesocarpo – FF e FM	67
3.3.5.4. Características químicas do mamão UENF/Caliman01	69
3.3.5.4.1. Teor de sólidos solúveis - SS	69
3.3.5.4.2. Acidez titulável - AT	70
3.3.5.4.3. Teor de ácido ascórbico - AA	71
3.3.5.4.4. Ratio (SS/AT) – <i>ratio</i>	72
3.3.5.5. Conteúdo de pigmentos da casca	74
3.3.5.5.1. Teor de clorofila total – Clo	74
3.3.5.5.3. Teor de carotenóides totais - CT	75
3.3.6. CONCLUSÃO	78
3.3.7. Considerações finais	79
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

RESUMO

SILVA, Willian Batista. M.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Janeiro de 2014. Efeito do cloreto de cálcio e da cobertura comestível de quitosana na conservação pós-colheita de mamão UENF/ Caliman01 (*Carica papaya* L.). Orientador: Jurandi Gonçalves de Oliveira. Coorientador: Prof. Walter Ruggeri Waldman.

O mamão após a maturação fisiológica apresenta um rápido amadurecimento, conseqüentemente perda acentuada na firmeza contribuindo para uma menor vida útil do fruto. Para aumentar a vida útil de frutos tem-se utilizado na pós-colheita a aplicação de cálcio e coberturas comestíveis como meio eficaz de redução dos processos metabólicos relacionados ao amadurecimento que resultam na perda de qualidade dos frutos. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do tratamento com cálcio por infiltração a vácuo e a combinação do mesmo com a aplicação de cobertura comestível a base de quitosana, visando à melhoria da qualidade e o aumento da vida útil do mamão UENF/Caliman01. Os frutos tiveram de forma geral uma perda de massa crescente ao longo do tempo de aplicação dos tratamentos. Os mamões tratados apenas com cálcio apresentaram perda de massa crescente não diferindo dos controles, entretanto, quando cobertos com quitosana, a perda de massa foi menor quando comparado aos demais tratamentos. Os resultados mostraram efeito significativo na manutenção da firmeza dos frutos quando tratados com cálcio a vácuo e as coberturas comestíveis atuaram na redução do processo de amadurecimento do fruto. Os

frutos quando tratados com 6% e 8% de CaCl_2 apresentaram um atraso na evolução da cor no sexto dia após a aplicação dos tratamentos. Quando tratados com 6% de CaCl_2 em associação com a aplicação de quitosana, independente das concentrações do revestimento (0,5%, 1,0% e 2,0% p/v), os frutos permaneceram verdes por mais tempo. De forma geral, os parâmetros químicos da polpa do mamão não foram influenciados, tais como o teor de sólidos solúveis, a acidez titulável e o *ratio*. O mamão UENF/Caliman01 aumentou o teor de ácido ascórbico com o tempo de armazenamento, porém, sem efeito significativo dos tratamentos.

Palavras-chave; cálcio, *Carica papaya* L., coberturas comestíveis, firmeza do fruto.

ABSTRACT

SILVA, Willian. M.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. January, 2014. Effect of calcium chloride and of eatable coverage of Chitosan in the conservation of papaya post-harvest UENF/ Caliman01 (*Carica papaya* L.). Advisor: Jurandi Gonçalves de Oliveira, Co-Advisor: Prof. Walter Ruggeri Waldman.

The papaya after the physiological maturity, presents a rapid maturing, consequent accentuated loss in the firmness, contributing to a lower shelf life of the fruit. In order to increase the useful life of the fruit, it has been utilized, in post-harvest, some calcium applications and eatable coverage as an efficient mean of metabolic process reduction associated to the maturity, which results in a loss of quality of the fruit. The objective of this work was to evaluate the calcium treatment effect by vacuum infiltration of eatable coverage from Chitosan, aiming the better quality and the rise of the papaya's (UENF/Caliman01) useful life. The fruit had, in a general way, a growing loss of mass over the time of treatment applications. The papayas treated only with calcium presented a growing loss of mass that did not vary of the controls, however, when they were covered by Chitosan, the loss of mass was less when compared to other treatments. The results showed a significant effect on maintaining the fruit's firmness when treated with calcium in vacuum and eatable coverage, acting in the fruit maturation reduction. The fruit when treated with 6% and 8% of CaCl_2 showed a retard on the color evolution in the sixth day after the treatment applications. When treated with 6% of CaCl_2 in

association to the Chitosan's application, independent of the revetments concentrations (0,5%, 1,0% e 2,0% w/v), the fruit remained in a green form for a longer time. In a general way, the chemical parameters of the papaya's pulp were not influenced, such as the soluble solid tenor, the titratable acid content and the ratio. The Papaya UENF/Caliman01 increased its ascorbic acid tenor with the storage time, however, without any significant effect of the treatments.

Keywords: calcium, *Carica papaya* L., edible coatings, fruit's firmness.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o mamão (*Carica papaya* L.) é uma das espécies frutícolas mais cultivadas no mundo principalmente em áreas tropicais, onde a temperatura média no ano é de 25°C (Jacomino et al., 2007; Trevisan et al., 2013).

O mamão por possuir um elevado teor de umidade e uma textura macia, facilmente susceptível ao dano mecânico, além de altas taxas respiratórias e de produção de calor, é considerado um fruto bastante perecível, com reduzida vida útil. Dada a sua alta perecibilidade, o controle do amadurecimento do mamão é fundamental para o aumento da vida útil desse fruto visando o mercado interno e externo (Salomão et al., 2007; Perosa et al., 2012).

As perdas em pós-colheita de frutos e hortaliças desde a produção, passando pela comercialização e finalizando sob os cuidados do consumidor, podem variar entre 25% a 80%, dependendo do produto e da tecnologia aplicada (Ferreira et al., 2008b). No caso específico da cultura do mamão, as perdas podem chegar até a 75%, ocasionadas por diversos fatores, tais como danos físicos, estando associada também a processos fisiológicos e bioquímicos (Ventura e Costa, 2002). Esse cenário se deve a uma série de fatores conjugados, como a falta de uma política específica no setor e ainda por muitas vezes a ausência de conhecimento das pessoas que manipulam os produtos ou mesmo por falta de tecnologias adequadas para o transporte e a manipulação dos produtos que não interfiram na qualidade destes (Ferreira et al., 2008a).

Como forma de controlar a taxa respiratória e por consequência, reduzir a atividade metabólica promovendo a conservação do fruto por maior tempo, pode-se utilizar o resfriamento do fruto, o uso de atmosfera controlada (AC) ou a atmosfera modificada (AM). Para diversos frutos tem-se utilizado a AC no amadurecimento, contudo com baixa eficiência para frutos tropicais. No caso do mamão em especial, a utilização da AC não tem sido estimulada por apresentar resultados indesejáveis no que diz respeito à qualidade do fruto (Fonseca et al., 2004). Uma alternativa que tem sido testada com boas perspectivas para reduzir as perdas na pós-colheita do mamão é o uso de revestimentos biodegradáveis de quitosana sobre o fruto (Ferreira et al., 2008b). Essa técnica, entre outras, é um tipo de AM.

As embalagens ou coberturas utilizadas na AM atuam como membranas semipermeáveis, modificando a mistura de gases como o O₂ e o CO₂ ao redor do produto. De modo geral, a AM reduz a quantidade de O₂ e aumenta a de CO₂ próximo ao fruto, inibindo o crescimento bacteriano e retardando o processo de degradação. O uso de revestimentos biodegradáveis também pode servir como meio para a inclusão de aditivos, tais como, agentes antimicrobianos, antioxidantes, intensificadores de cores e sabores, bem como ações nutraceuticas agregando qualidade ao produto (Olivas et al., 2008; Cerqueira et al., 2011).

De acordo com Martin-Belloso et al. (2005), tem sido explorada a tecnologia do recobrimento de superfície, utilizando revestimentos biodegradáveis, para manter a qualidade do produto fresco e reduzir a quantidade de embalagens não biodegradáveis. Atualmente, tem crescido a demanda por produtos que minimizem os impactos ambientais e a geração de tecnologias sustentáveis que sejam economicamente viáveis com a finalidade de prolongar a vida pós-colheita de frutos.

A quitosana é um aminopolissacarídeo obtido da desacetilação da quitina, encontrada naturalmente em crustáceos, insetos e fungos (Cerqueira et al., 2011), sendo relatado sua atividade antimicrobiana (Yien et al., 2012; Guo et al., 2013; Picard et al., 2013).

Dentre as características relacionadas com o amadurecimento dos frutos está a perda de firmeza. Segundo Kittermann et al. (2010), o amolecimento da polpa está intimamente ligado à dissolução da lamela média, resultando em redução na adesão intercelular quando componentes como hemicelulose e a

matriz pectica são degradados por enzimas como a poligalacturonase (PG) e a pectinametilesterase (PME). A fim de minimizar a degradação da parede celular e manter a firmeza da polpa, o uso de solução a base de cálcio pode ser utilizada como alternativa para a manutenção da firmeza do fruto. O cálcio é um importante agente de estabilização das paredes celulares (Kittermann et al., 2010), onde a sua manutenção no tecido da polpa pode influenciar no grau de amaciamento da polpa do mamão.

Tendo em vista suas propriedades, os revestimentos de quitosana e o uso do tratamento com cálcio tornam-se uma opção bastante interessante a ser explorada visando à ampliação da vida útil do mamão. Seus efeitos podem ser na redução de injúrias resultantes da infestação por patógenos, ou em decorrência da redução da velocidade do metabolismo dos frutos através dos baixos níveis de O_2 e aumento do CO_2 superficial, reduzindo a síntese de etileno e a respiração. Além disso, pode-se considerar o efeito do cálcio em maior concentração na casca do fruto favorecendo a firmeza do fruto (Cerqueira et al., 2011).

A unidade de Bioquímica e Fisiologia Pós-colheita do Setor de Fisiologia Vegetal/LMGV da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro já vem há alguns anos desenvolvendo pesquisas com o uso de AM e AC a fim de manter e ainda melhorar a qualidade de frutos, como maracujá, goiaba e mamão. Nos últimos anos, foram conduzidos ensaios com o uso de coberturas comestíveis em maracujá azedo e goiaba, testando coberturas a base de alginato de sódio e quitosana. O grupo de pesquisa da UENF, também, avaliou o efeito da quitosana em frutos intactos de mamão 'Golden' e no híbrido UENF/Caliman01 nos parâmetros físicos e químicos de qualidade, além da taxa respiratória e a emissão de etileno em frutos intactos. O uso das coberturas comestíveis tem apresentado resultados promissores quanto à preservação da qualidade dos frutos e manutenção das características organolépticas.

Haja vista tais benefícios e a importância do cálcio na manutenção da firmeza dos frutos, o presente trabalho teve como objetivo investigar as propriedades das coberturas comestíveis em associação ao tratamento em pós-colheita com cálcio na manutenção da firmeza de polpa do mamão híbrido UENF/Caliman01, com o prolongamento da vida útil dos frutos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características da cultura do mamoeiro e padrão respiratório do fruto

A espécie *Carica papaya* L. é originária da América do Sul, sendo a mais cultivada em todo o mundo e também uma das espécies tropicais mais difundidas do planeta, produzindo um fruto de grande aceitação tanto no mercado nacional quanto no mercado internacional (Farias e Geraldi 2012; Barboza Jr. et al., 2013).

Os frutos frescos são ricos em vitamina C, carotenóides (provitamina A), sais minerais (Ca^{+2} , P e Fe^{+2}), carboidratos como sacarose, frutose e ainda são apreciados por suas propriedades sensoriais, em particular por sua cor, seu aroma e seu sabor (Santana et al., 2004). O fruto possui em média de 85% a 90% de água, 0,3% de ácido cítrico, 0,5% de proteínas, 0,3% de ácidos graxos, 0,51% de cinzas, 12,3% de carboidratos e 0,8% de fibras (Silva et al., 2013).

As cultivares mais exploradas no Brasil podem ser classificadas basicamente em dois grupos: Solo e Formosa. Os mamões do grupo Solo são menores, pesando aproximadamente 450 g, cor da polpa rosa salmão, teor de sólidos solúveis totais em torno de 8 a 10 °Brix e são destinados tanto para o mercado interno quanto para o externo. Os frutos incluídos no grupo Formosa são frutos maiores, mais adocicados e na maior parte das vezes, direcionados para o mercado interno. As principais cultivares são híbridas importadas, produzem frutos

com maior tamanho e peso (>1,0kg) sendo o híbrido mais comum o Tainung01 (Serrano e Caetano, 2010).

Segundo De Moraes et al., (2007), um dos principais problemas com a cultura do mamão é a limitação de escolha de cultivares e, ou, híbridos comerciais para o plantio e que atendam tanto as exigências de mercado nacional quanto exigências internacionais que na maioria das vezes são mais criteriosas. Além do mais, o elevado preço das sementes híbridas dos mamoeiros do grupo Formosa tem levado muitos fruticultores a utilizar em lavouras comerciais sucessivos plantios com geração F₂, F₃ e F₄, o que ocasiona inúmeros problemas de perda de vigor e segregação do fruto (Marin et al., 2001)

No ano de 2003, foi lançado um genótipo a partir da parceria da empresa Caliman Agrícola S/A e a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Esse novo material genético cultivado no mercado nacional, conhecido como UENF/Caliman01, foi o primeiro híbrido nacional. Este genótipo foi obtido a partir do cruzamento de um progenitor do grupo Solo com um progenitor do grupo Formosa, apresentando características peculiares do grupo Formosa, como frutos alongados, hermafroditas e com peso médio próximo de 1.400 g (Salomão et al., 2007). Os frutos apresentam casca fina com polpa firme, alaranjada, alto teor de sólidos solúveis, aroma intermediário, pouco tecido placentário e ótima qualidade de mesa (Costa e Pacova, 2003). Apesar das características do fruto serem bastante evidentes e atraentes, os frutos UENF/Caliman01 têm sido caracterizados por um rápido amolecimento da polpa, que compromete a vida de prateleira e dificulta o transporte dos mamões dessa variedade a mercados mais distantes contribuindo para o aumento na perda em pós-colheita.

O mamão, segundo Costa Filho et al. (2012), é caracterizado por uma vida após a colheita relativamente curta, completando a fase do amadurecimento e entrando na senescência em aproximadamente uma semana sob condições ambiente. Devido à sua alta perecibilidade, o controle do amadurecimento do mamão é fundamental para o aumento da vida útil desse fruto visando o mercado interno e externo (Salomão et al., 2007; Shinagawa, 2009).

A fase do amadurecimento do mamão é bastante estudada em decorrência das intensas e variadas mudanças na composição da polpa do fruto dadas pelos processos bioquímicos presentes na mesma (Bron e Jacomino, 2006; Jacomino et al., 2007). Durante esse processo o mamão sofre alterações na composição

dos carboidratos, degradação da pectina que altera a textura da polpa (Lazan et al., 2006a; Lazan et al., 2006b), síntese de produtos voláteis e aumento no teor de ácidos orgânicos e vitamina C que melhoram a palatabilidade do fruto (Bouzayen et al., 2010).

Tais variações nas características físicas, químicas e bioquímicas no fruto do mamão são suportadas pela alta atividade respiratória, uma vez que o mesmo é caracterizado como um fruto climatérico. Além dos frutos climatéricos, há também os não climatéricos. O conhecimento do padrão respiratório do fruto é de suma importância para definir o ponto de colheita e as técnicas de manipulação e de armazenamento, de forma a aumentar a vida útil dos frutos (Archbold e Pomper, 2003; Sañudo-Barajas et al., 2009).

Durante o processo do amadurecimento, o mamão apresenta um pico de emissão de etileno, geralmente concomitantemente com a atividade respiratória máxima (Corrêa et al., 2011; Corrêa et al., 2012). Entretanto, alguns autores já registram a ocorrência do pico de emissão de etileno não coincidente com a emissão máxima de CO₂ (Resende et al., 2012), ou até mesmo a ocorrência de mais de um pico de emissão de etileno (Fonseca et al., 2006). O aumento dos níveis de produção de etileno desencadeia uma gama de transformações sensoriais nos frutos, como na coloração da casca, na firmeza, na cor e no sabor da polpa (Rossetto et al., 2008). A molécula de etileno é um hidrocarboneto, hormônio gasoso, o qual difunde livremente de uma célula para outra através das membranas atuando como ativador de uma cascata de sinais relacionada à expressão de genes ligados ao amadurecimento e aumento da síntese das clorofilases, celulasas, poligalacturonase, pectinametilesterase, piruvato dehidrogenase (Taiz e Zeiger, 2009; Del Aguila, 2013; Sivakumar e Wall, 2013). Essa função de coordenação do etileno é reforçada pela capacidade de estimular sua própria síntese nos frutos climatéricos conhecida como síntese autocatalítica, ou seja, a síntese de etileno gera mais etileno, aumentando ainda mais o processo de amadurecimento (Taiz e Zeiger, 2009; Pun et al., 2013).

A respiração, que pode acompanhar a emissão de etileno, aumenta radicalmente durante o amadurecimento dos frutos climatéricos assim como no mamão (Oliveira e Vitória, 2011). A intensidade da atividade respiratória e a ocorrência do pico de emissão de CO₂ dos frutos são dependentes da espécie vegetal, ainda podendo variar entre as cultivares (Krongyut et al., 2011). A

respiração além de gerar energia, na forma de ATP, para a atividade celular, fornece também moléculas orgânicas fundamentais para várias rotas metabólicas, o qual é dado pela decomposição de moléculas maiores em moléculas menores de açúcares e seguido pelo processo de senescência do fruto, perdendo qualidade do fruto (Chitarra e Chitarra, 2005; Nunes-Nesi et al., 2010; Ruggiero et al., 2011).

A preservação dos frutos do mamoeiro em temperatura ambiente é desejável, uma vez que a quase totalidade da fruta comercializada no varejo, no Brasil, encontra-se sem refrigeração. A manutenção da qualidade do mamão nesta condição pode facilitar o transporte a longas distâncias e ampliar o período de comercialização.

2.2. Mudanças durante o amadurecimento na estrutura da parede celular da polpa dos frutos

As células vegetais, diferentemente de células animais são delimitadas por uma parede relativamente delgada, mecanicamente forte, conhecida como parede celular (PC). Essa estrutura desempenha funções importantes na comunicação celular, na interação planta-microbiana, resposta a defesas contra agentes patogênicos, resistência mecânica permitindo com que as plantas cresçam até grandes dimensões, união entre as células evitando que deslizem e separem, além de limitar a capacidade de expansão da célula. A PC é constituída por uma complexa mistura de polissacarídeos, os quais estão ligados covalentemente e não covalentes divididos em PC primária, secundária e ainda terciária (Taiz e Zeiger, 2009).

Os componentes químicos mais característicos e comuns encontrados na PC é a celulose e ela consiste de uma ligação de cadeias de β -1-4 glucano que interagem uma com outras por meio de pontes de hidrogênio para formar uma microfibrila cristalina (Somerville, 2006; Valero e Serrano, 2010; Albersheim et al., 2011). Em frutos há predominância na maioria das vezes da PC primária: caracterizada por menor quantidade de substâncias pécticas, menor deposição de suberina, composta por microfibrilas de celulose embebida numa matriz de polissacarídeos de glicanos (hemiceluloses), substâncias pécticas, proteínas

estruturais e enzimáticas, íons minerais e alguns compostos fenólicos (Voragen et al., 1983; Paiva et al., 2009; Taiz e Ziegler, 2009; Valero e Serrano, 2010).

As microfibrilas são estruturas relativamente rígidas compostas com glucanos ligados entre si e alinhados firmemente, o que contribui para a resistência e a disposição estrutural da parede celular. As hemiceluloses são polissacarídeos flexíveis que caracteristicamente ligam-se à superfície da celulose sendo denominadas como xiloglucanas, arabinanas, galactomananos, xilano, glucomanano dentre outros (Pauly e Keegstra, 2010; Gallão, 2013).

A parede celular primária está envolvida e ao mesmo tempo embebida em uma matriz péctica conhecida como lamela média, a mesma é capaz de promover ligações entre células adjacentes. A lamela média é composta por pectina, proteínas livres e microfibrilas de celulosas (Bailey, 1935; Knox, 1992; Rose e Bennett, 1999; Levy et al., 2002; Jarvis et al., 2003; Taiz e Zeiger, 2009; Molina-Hidalgo et al., 2013). As pectinas são cadeias de polímeros lineares ou ramificados que têm alto conteúdo de ácidos galacturônicos sendo amplamente aceito que elas sejam secretadas via Complexo de Golgi quando estão altamente metilesterificadas e direcionadas para a PC e que podem ter mais de 17 diferentes monossacarídeos, sendo classificadas em 4 diferentes tipos de estrutura: homogalacturona, rhamnogalacturonas I e II e xylogalacturona (Acosta e Gross, 1995; Paiva et al., 2009; Valero e Serrano, 2010; O'Donovan et al., 2013).

As homogalacturonas (HGA) são homopolímeros lineares compostos de longas cadeias de (1-4) α -D- ácido galacturônico altamente metil-esterificado no C-6 e carregados por grupos acetil no O-2 e O-3 na parede celular primária. As rhamnogalacturonas I (RGI) são sintetizadas a partir de alterações α -D-(1,2)-rhamnose e α -D-(1,4)-ácido galacturônico com longas cadeias laterais ligadas aos resíduos de rhamnose ou não ramificado (1-4)- β -D-galactan ou ligadas (1-5)- α -L-arabinas ou arabinogalactonas e na sequência. As rhamnogalacturonas II (RGII) sintetizadas a partir de uma 'espinha dorsal' de (1-4) α -D-ácido galacturônico bem como a HGA, mas com várias cadeias neutras de açúcares, estando presentes em menor quantidade nas pectinas. Por fim, as xylogalacturonas (XGA) são homogalacturonas com ligações (1,3)- β -xylopiranosídeo com cadeias laterais que assim como as HGA podem ser metil-esterificadas (Valero e Serrano, 2010; Albersheim et al., 2011).

Durante a fase do amadurecimento dos frutos, uma das principais mudanças observadas é a dissolução da lamela média. Isto dá início a uma diminuição na adesão intercelular, gerado pela dissociação das ligações carboxílicas entre cálcio e cadeias de ácidos poligalacturônicos, gerando um distanciamento e conseqüentemente um amaciamento e aumento no teor de água do órgão. Tais transformações implicam em modificações de polissacarídeos da parede celular por ação de diversas enzimas pectinolíticas. Essas modificações acabam por se tornar uma das principais modificações no decorrer dessa fase, assumindo uma importância direta na qualidade do produto e assim, refletindo em aspectos econômicos, tendo estimulado pesquisas no que tange a bioquímica e fisiologia da pós-colheita (Evangelista et al., 2002; Azzolini, et al., 2004; Vilas Boas et al., 2013).

A dissociação dos componentes celulares e a hidrólise irão variar de acordo com cada espécie e cultivar, entretanto, de forma geral, a ação de enzimas na degradação da pectina implica no amolecimento dos frutos, dado pelo afrouxamento das células causando uma diminuição na firmeza dos frutos. A perda de firmeza segundo Fils-Lycaon et al. (1990), Hopkins e Huner (2009) e Yamamoto et al. (2011), tem sido atribuída como modificações no grau de polimerização e composição de açúcares resultando em alterações na sua estrutura e diminuição da resistência do órgão.

Esses géis pécticos contendo grupos carboxílicos carregados de cadeias de pectinas vizinhas são ligados via Ca^{+2} , promovendo assim um complexo firme com a pectina, formando uma malha de pontes de cálcio não esterificadas (Taiz e Zeiger, 2009). Em frutos como o mamão, o cálcio mantém a estrutura da célula pela interação de ácidos pécticos presentes na parede celular com pectato de cálcio, além do mais, formando ligações covalentes carregadas com homogalacturonas, fortalecendo ainda mais a ligação entre as paredes celulares (Lara et al., 2004; Yamamoto et al., 2011).

Sabendo da importância do cálcio e do processo respiratório do mamão e das suas alterações nas características física, química e bioquímica, o uso de técnicas que forneçam subsídios para explicar o padrão respiratório e amaciamento da polpa do mamão, de forma a retardar essas mudanças é de grande relevância para a pós-colheita do fruto. Como o mamão é um fruto que apresenta alta perecibilidade é fundamental que o trabalho em questão atente

também aos parâmetros de qualidade ao longo do tempo de armazenamento e a atividade das enzimas atuantes na degradação e solubilização das substâncias pécticas.

2.3. Enzimas atuantes no amolecimento da polpa dos frutos

A dissociação da lamela média durante o amadurecimento dos frutos é dada pela ação de enzimas que atuam na degradação da pectina, atuando nos polissacarídeos glucanos e nas microfibrilas de celulose (Brummell e Harpster, 2001; Brummell, 2006; Goulão e Oliveira, 2008). As enzimas que atuam principalmente na dissociação dos polissacarídeos presentes na parede e lamela média são a poligalacturonase (PG), pectinametilesterase (PME), β -galactosidase (β -GAL) e pectato liase (PL) sendo que, todas essas enzimas apresentam uma família multigênica com um subgrupo de um ou mais membros genes reguladores dos processos de modificações celulares durante o amadurecimento (Michelli, 2001; Valero e Serrano, 2010; Albersheim et al., 2011). Dada a grande participação no processo de amaciamento dos frutos e contribuição para o amadurecimento dos frutos, as enzimas PME e PG têm recebido uma grande atenção por parte dos pesquisadores a fim de entender a participação das mesmas nas mudanças dos constituintes da pectina e parede celular dos frutos (Kittermann et al., 2009).

A enzima pectina metilesterase (PME) catalisa a desmetilesterificação na posição do C-6 de resíduos de ácidos galacturônicos de pectinas com alto peso molecular liberando ácidos pécticos, metanol e prótons, mudando o pH e as cargas da parede celular (Figura 1). A ação das PMEs quando dada aleatoriamente em homogalacturonas, tendo por consequência a liberação dos prótons devido à desmetilesterificação, favorece a atividade da endopoligalacturonase e contribui para o afrouxamento das paredes celulares e por consequência, causando um distanciamento entre as células, diminuindo a resistência mecânica do tecido vegetal. As ações da PME em cadeias de homogalacturonas linearmente dão origem a blocos de grupos carboxílicos livres que podem interagir com o Ca^{+2} , criando assim um gel pectato. A ação da endopoligalacturonase é limitada a esse padrão e contribui para o enrijecimento da parede celular (Michelli, 2001; Pelloux et al., 2007).

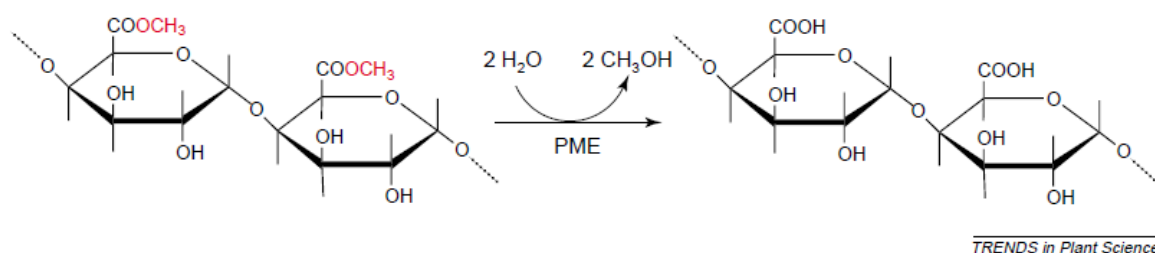


FIGURA 1 – Desmetilesterificação da pectina por meio da atividade da enzima pectinametilesterase (PME) de parede celular vegetal (Michelli, 2001).

O papel da PME no amadurecimento de frutos tem sido intensamente pesquisado em uma tentativa de relacionar as mudanças na atividade da PME e modificações na estrutura celular do pericarpo de frutos como tomate (Pelloux et al., 2007), mamão (Kim et al., 2013) e morango (Kumar et al., 2013) dentre outros frutos. A atividade PME inicia na lamela média e espalha por toda a parede celular durante o amadurecimento dos frutos, podendo ser um pré-requisito da atividade da PG durante o amadurecimento dos frutos (Pelloux et al., 2007).

A enzima PG isolada em frutos maduros é composta por três isoenzimas estreitamente relacionadas, sendo elas: poligalacturonase liase (PGL), poligalacturonase 2A (PG2A) e poligalacturonase 2B (PG2B) (Pressey, 1988; Della Penna et al., 1989; Della Penna et al., 1990). Sua maior atividade foi observada em pH 3,5 a 40°C (Gayathri e Nair, 2013). As PGs catalisam a clivagem hidrolítica das ligações α -(1-4) nos galacturonídeos que podem atuar como exo-PG ou endo-PG. A atividade exo-PG remove unidades simples de ácidos galacturônicos a partir das extremidades não redutoras do ácido poligalacturônico, enquanto que para a endo-PG a clivagem é ao acaso tendo como substrato as HGAs, RGI e RGII de tal forma que a atividade da PG contribua para a despolimerização da pectina e expandindo para a parede celular, perdendo a estruturação (Figura 2) (Santos Junior et al., 2003; Manrique e Lajolo 2004; Valero e Serrano, 2010; Gayathri et al., 2013). A atividade aumenta à medida que o fruto amadurece (Paull et al., 1999).

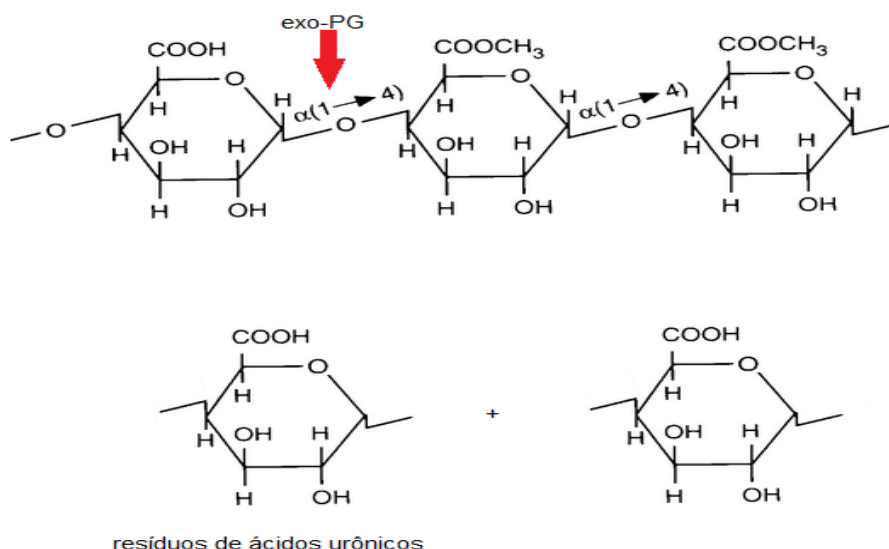


FIGURA 2 – Atividade da enzima exopoligalacturonase (exo-PG) no componente da pectina – ácido poligalacturônico (Uenojo e Pastore, 2007).

D’Innocenzo (1996) investigando o processo de amadurecimento do mamão, concluiu que o amolecimento da polpa ocorria quando a atividade da PME era mínima e da PG máxima. Em amora preta, Antunes et al., (2006) verificaram um aumento na atividade da PME com o tempo de armazenamento, independente da cultivar avaliada, enquanto nesse mesmo período verificou-se queda na atividade da PG.

As transformações na estrutura da parede celular, por meio da degradação de protopectina na lamela média e da parede celular primária, que levam ao aumento da concentração da pectina solúvel e à perda de açúcares neutros não celulósicos durante o amadurecimento dos frutos, estão diretamente relacionadas com as perdas de textura dos frutos (Camargo et al., 2000).

2.4. Tratamento com cálcio na pós-colheita de frutos

O cálcio é um elemento químico essencial para as plantas, uma vez que o cálcio divalente (Ca^{+2}) é requerido para as funções estruturais na parede celular e na membrana plasmática. Desde o Século XIX, esse nutriente tem sido apreciado como um ligante crucial na determinação da rigidez da parede celular vegetal e além do mais tem sido reconhecido como o segundo mais importante mensageiro

de sinais de transdução em eucariotos (Hepler et al., 1985; Valero e Serrano, 2010; Schulz et al., 2013).

A deficiência de cálcio é rara na natureza, entretanto, pode ocorrer em solos com baixa saturação por base ou em solos com altos níveis de deposições ácidas. A falta do elemento em plantas está relacionada à má absorção do elemento, ao seu movimento limitado dentro da planta, além da forte concorrência pelo cálcio entre as folhas e partes reprodutivas das plantas como os frutos e as sementes. Assim, algumas desordens fisiológicas ocorrem quando há carência do cálcio na horticultura (Valero e Serrano, 2010).

Existem duas áreas distintas na parede celular com altas concentrações do elemento cálcio, a lamela média e na extensão superficial da membrana plasmática. O tratamento com cálcio representa um seguro e potencial método efetivo para promover incremento da qualidade e aumento da vida útil de frutos, reduzindo perdas na pós-colheita, emissão do etileno e taxa de senescência (Conway et al., 1994; Manica, 2000; Saftner et al., 2003; Kitzemann et al., 2010; Valero e Serrano, 2010). Esse elemento mineral também atua no fortalecimento da parede celular a partir da formação de ligações cruzadas entre ácidos pécicos e polissacarídeos (Mota et al., 2002). Essas ligações estabilizam a estrutura da parede e da membrana celular por meio da formação de uma rede de pectina envolvendo pontes de cálcio dos grupos carboxílicos (COO^-) não esterificados (Figura 3), o que dificulta o acesso e, ou, interfere na atividade de enzimas hidrolíticas, como a pectinametilesterase (Werner et al., 2009), que irá influenciar na firmeza do fruto (Manganaris et al., 2007).

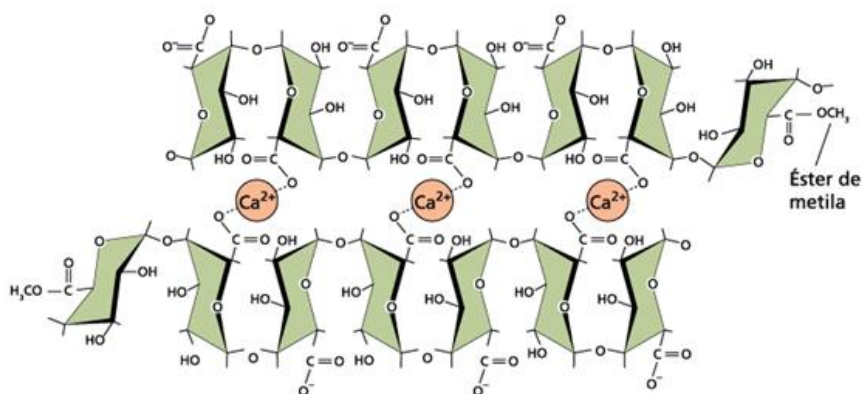


FIGURA 3 – Esquema ilustrativo da estrutura poligalacturônica que compõe a pectina e sua ligação com cálcio (Taiz e Zeiger, 2009).

Existem inúmeros sais de cálcio disponíveis no mercado utilizados em estudos na pré e na pós-colheita de frutos e hortaliças a fim de promover um aumento na qualidade e no tempo de vida útil, enriquecendo o valor nutricional do produto. A seleção das fontes apropriadas incluiu uma série de fatores, os mais importantes iniciam com a biodisponibilidade e a solubilidade, seguido pelas mudanças no sabor e a interação com o alimento. O CaCl_2 tem sido amplamente utilizado como um agente capaz de promover manutenção da firmeza e preservação de frutos e vegetais, seja em frutos intactos como também em minimamente processados e tem observado resultados satisfatórios em maçãs, morangos, peras, melões e mamão (Martín-Diana et al., 2007; Valero e Serrano, 2010).

Promovendo a infiltração do cálcio utilizando como fonte o CaCl_2 , Bangerth et al. (1972) mostraram redução das taxas respiratórias em maçãs, além da redução da emissão de etileno. O tratamento de cálcio na forma de spray é frequentemente testado em pomares de maçãs e em pomares de nectarinas em pré-colheitas, objetivando uma melhora no processo de armazenamento e no controle de desordens fisiológicas (Serrano et al., 2004).

A aplicação do cálcio em pós-colheita tem demonstrado ser mais efetiva do que em pré-colheita, pois o cálcio é aplicado diretamente na superfície do fruto (Kadir, 2005). Na aplicação em pós-colheita são muito utilizadas técnicas de imersão dos frutos em solução de sais de cálcio ou também por infiltração a vácuo (Valero e Serrano, 2010).

O processo de infiltração de cálcio a vácuo consiste basicamente, segundo Scott e Wills (1979), Valero e Serrano (2010) e Singh et al. (2013), na penetração da solução contendo cálcio nos espaços intercelulares a partir da expulsão do ar dos espaços aéreos do tecido. Isso ocorre pelo efeito da capilaridade e pelo gradiente de pressão, o qual é gerado pela saída do ar. Alguns trabalhos têm testado variações nas concentrações da solução de cálcio aplicada, variando de 1,5 % a 7,5 %, com variação na tensão exercida no tecido, variando de 2 kPa a 33 kPa e no tempo de aplicação do vácuo, variando de 30 s a 10 min (Valero e Serrano, 2010).

2.5. Sinalização do cálcio durante o amadurecimento de frutos

O amadurecimento dos frutos é um evento programado geneticamente e irreversível, o qual envolve um conjunto de fatores fisiológicos, bioquímicos e modificação sensorial, interferindo nos atributos de qualidade (Giovannoni, 2001). Essas mudanças são intermediadas diretamente pela ação do etileno e sua sinalização e transdução são dependentes de uma série de proteínas kinases e que estão envolvidas no processo de amadurecimento (Conway, 1987).

As respostas mediadas pelo etileno são altamente dependentes da proteína calmodulina e proteínas de fosforilação indicando uma comunicação cruzada entre o etileno e as vias de sinalização de cálcio durante o processo de amadurecimento (Zegzouti et al., 1999). Segundo Sanders et al. (2002), o cálcio é um insubstituível mensageiro secundário em sinalizações e transdução de sinais em vegetais. A concentração de cálcio intracelular é modulada em respostas de sinais incluindo hormônios, estresses bióticos e abióticos. Sinalizações dependentes de cálcio podem ser percebidas e transduzidas por uma cascata de respostas por várias proteínas compreendendo a calmodulina (CaM), proteínas calcineurina B-like (CBLs) e proteínas kinases dependentes de cálcio (CDPKs).

Durante a biossíntese do etileno há conversão de ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) em C_2H_4 (etileno) e essa conversão é mediada pela ACC sintase (ACS). Segundo Sebastia et al. (2004), diferentes subgrupos de ACS foram identificados com a participação de proteínas de fosforilação para sua regulação. Em tomate, as CDPKs têm mostrado um importante papel na sinalização do etileno pela habilidade das isoformas de CDPK fosforilar a ACS.

O aumento na concentração do cálcio intracelular em respostas a sinais externos é um evento principal, que por sua vez leva a ativação da calmodulina e proteínas kinases e enzimas tais como a fosfolipase (PDL) (Kudla et al., 2010; Selvy et al., 2011). A PDL é uma enzima chave que integra a ação de receptores hormonais, como é o caso dos ETRs na membrana (receptores do etileno), aumento no cálcio citosólico, geração de ácido fosfatídico. Sua atividade e expressão são aumentados durante o processo de amadurecimento de frutos, senescência de flores e estresse em plantas, bem como seu efeito na desestabilização da membrana, na perda da compartimentalização e homeostase

celular (Tiwari e Paliyath, 2011). Segundo Paliyath e Thompson (1987), a atividade da PDL foi aumentada em níveis fisiológicos elevados de cálcio, sugerindo que o cálcio pode estar envolvido nas vias de transdução de sinais induzido pelo etileno.

2.6. Tecnologia de uso e aplicação de coberturas comestíveis

O emprego de coberturas a fim de prolongar a vida útil de produtos alimentícios perecíveis como os frutos tem sido amplamente pesquisado e relatado por pesquisadores do setor que atuam na conservação de produtos perecíveis. Os revestimentos comestíveis podem ser classificados em dois tipos, os filmes e as coberturas e podem ser preparados a partir de proteínas, polissacarídeos, lipídios ou combinação desses compostos (Kester e Fennema 1986; Villadiego et al., 2005; Cao et al., 2007; Campos et al., 2011). É possível observar na literatura o uso indiscriminado da terminologia, porém a diferença básica é que os filmes são pré-formados separadamente do material, enquanto que as coberturas são formadas sobre a superfície do alimento, no caso, na casca do fruto. A aplicação da cobertura sobre o fruto pode ser a partir da imersão ou até mesmo por aspersão da solução no fruto (Kester e Fennema, 1986).

Os filmes e as coberturas comestíveis podem ser definidos como uma fina camada de material que poderá ser consumida e ao mesmo tempo, proporcionar barreira física e também por meio da seletividade à umidade, ao oxigênio, ao C₂H₄, e ao CO₂ dentre outros gases (Guilbert et al., 1986; Kester e Fennema, 1986; Soliva-Fortuny e Martin-Belloso, 2003; Bourtoom, 2008; Silva-Weiss et al., 2013). Durante a fabricação das embalagens comestíveis, as mesmas devem seguir basicamente dois princípios, quais sejam: os compostos usados na elaboração da embalagem deverão ser do tipo GRAS (*Generally Recognized As Safe*, compostos geralmente reconhecidos como seguros pelo FDA – *Food and Drug Administration*), os quais também devem ser elaborados dentro das Boas Práticas de Fabricação (BPF), sendo à base de algum polímero, tipicamente um biopolímero, de cadeia longa, o que dá certa insolubilidade e estabilidade à matriz da embalagem em meio aquoso (Kester e Fennema, 1986).

Os revestimentos comestíveis têm recebido atenção considerável nos últimos anos por causa de suas vantagens em relação aos filmes sintéticos,

sendo considerado um tratamento seguro e eficaz (Robles-Sánchez et al., 2013). A principal vantagem de coberturas e filmes comestíveis em relação aos sintéticos tradicionais é que eles podem ser consumidos com os produtos embalados. Os revestimentos comestíveis são produzidos exclusivamente a partir de ingredientes comestíveis renováveis e, portanto, é esperado que se degrade mais facilmente do que os materiais poliméricos sintéticos (Bourtoom, 2008; Ali et al., 2011).

Os revestimentos podem melhorar as propriedades organolépticas dos alimentos embalados desde que contenham vários componentes (aromatizantes, corantes, edulcorantes). As coberturas podem ser utilizadas para a embalagem individual de pequenas porções de alimentos, especialmente os produtos que atualmente não são embalados individualmente, por dificuldade prática no manejo pós-colheita (Soliva-Fortuny e Martín-Belloso, 2003; Bourtoom, 2008) como, por exemplo, o mamão.

Dentre as coberturas comestíveis utilizadas a fim de retardar o amadurecimento de frutos, a quitosana é um aminopolissacarídeo, apresentando uma estrutura química muito próxima à celulose (Figura 4). A quitosana é conhecida há muito tempo pelos seus efeitos benéficos na proteção aos alimentos perecíveis, por meio da redução da deterioração e desidratação, diminuição da taxa respiratória e assim mantendo a qualidade textural do alimento (No et al., 2007; Ali et al., 2011).

A quitosana é obtida a partir da desacetilação parcial da quitina, é um polissacarídeo (poli- β -(1 $\rightarrow$ 4)-N-acetil-D-glucosamina), sendo um dos principais componentes das carapaças de crustáceos tais como caranguejos, camarões e lagostas, sendo o segundo biopolímero natural mais abundante do planeta, perdendo apenas para a celulose. É considerada não tóxica, biodegradável com característica antimicrobiana (No e Meyers, 1995; No et al., 2007; Gallego et al., 2013; Leceta et al., 2013; Smitha et al., 2014).

A constituição da quitosana irá depender do grau de acetilação (GA), parâmetro empregado para caracterizar o conteúdo médio de unidades N-acetil-D-glicosamina de quitina e quitosana. Podem-se obter diversas quitosanas variando-se, assim, suas propriedades físico-químicas, como solubilidade, pKa e viscosidade. Na maioria das vezes, é difícil obter quitosana com elevado grau de desacetilação, pois, à medida que este aumenta, também aumenta a

possibilidade de degradação da mesma (Costa Silva et al., 2006; Cerqueira et al., 2011).

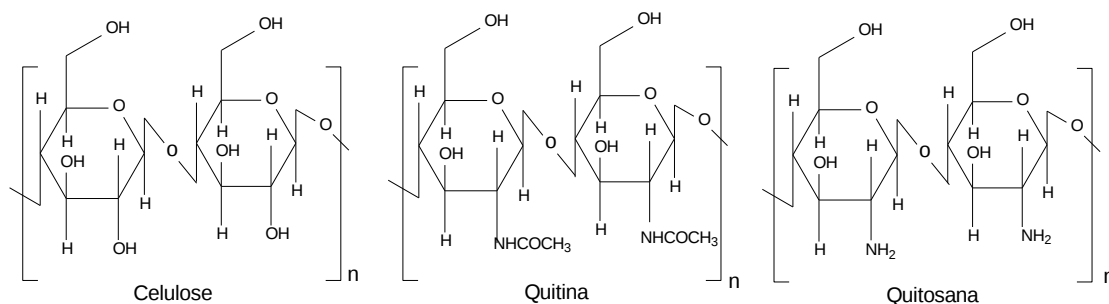


FIGURA 4- Comparação ilustrativa das estruturas moleculares da celulose, quitina e da quitosana.

Esse polissacarídeo foi inicialmente isolado pela primeira vez, segundo relatos na literatura, no ano de 1859 por meio do aquecimento da quitina em solução altamente concentrada de hidróxido de potássio, o qual resultou na sua desacetilação (Damian et al., 2009).

Atualmente, a quitosana é produzida comercialmente utilizando como matéria-prima carapaças de caranguejos e resíduos de exoesqueleto de camarões com diferentes graus de desacetilação e peso molecular, resultando nas diferentes viscosidades e na pureza das soluções seguindo de diferentes propriedades funcionais (No et al., 2007; Leceta et al., 2013). A quitosana é insolúvel em água, porém, solúvel em ácidos orgânicos fracos abaixo de pH 6,0. Isso se deve por ser considerada uma base forte, uma vez que possui grupos amino primários, com um valor de pKa de 6,3. A presença desses grupos indica que o pH altera substancialmente o estado da carga e as propriedades de solubilidade da quitina (CS) (No et al., 2007; Pillai et al., 2009; Leceta et al., 2013).

O fino filme formado pela quitosana sobre a superfície do fruto irá atuar na modificação da atmosfera interna dado pela sua semipermeabilidade, diminuindo as trocas gasosas entre o produto e a atmosfera, retardando assim o amadurecimento, além do mais criando uma barreira física, dificultando a difusão do CO_2 e O_2 (Wang et al., 2003; Leceta et al., 2013; Latou et al., 2014).

A quitosana tem sido utilizada para reduzir a transpiração e desidratação e atrasar o amadurecimento e o escurecimento enzimático, prolongando a vida útil dos frutos (Abbasi et al., 2009). Nesse mesmo sentido, Al-Eryani-Raqeeb et al. (2008) afirmam que frutos cobertos com quitosana reduzem a emissão de etileno e possuem taxa respiratória menor, reduzindo a perda de água por evaporação. Abbasi et al. (2009) utilizando a quitosana a fim de aumentar a vida útil da manga, observaram uma melhoria na qualidade sensorial e composição organoléptica do fruto. Pelo fato de ser comestível e segura para a saúde, se torna uma boa opção a ser investigada para estender a vida de prateleira do mamão 'Golden' (Hirano et al., 1990; Ranaldi et al., 2002).

Nos últimos 30 anos houve um interesse crescente em estudos voltados para o uso da quitina e quitosana, tanto no campo científico como no tecnológico. Essa crescente pode ser constatada pelo número de artigos publicados em revistas científicas e de patentes registradas. Esses estudos geraram uma progressão exponencial nesse período, passando de aproximadamente 480 artigos no início da década de 70 para 10.700 artigos em um período de 1998-2002 e além do mais, geraram patentes relacionadas à quitina e quitosana registrado somente no *United States Patent and Trademark Office* um total de 7.115 patentes no período de 1976 a 2007, devendo levar ainda em consideração os registros de patentes na Europa, no Japão, na China e na Coreia (Campana-Filho et al., 2007).

Uma das principais desvantagens é seu elevado custo para obtenção. Dada as mais diversas características do produto comercial tornam-se um dos aspectos que tem dificultado seu pleno uso na indústria alimentícia. As quitosanas são insolúveis em água limitando o seu uso. O pH ácido de alguns frutos pode afetar adversamente as moléculas de quitosana, visto que ela torna-se solúvel em solução ácida diluída, apresenta elevada permeabilidade ao vapor d'água, limitando a criação de uma microatmosfera, conduzindo uma desidratação do produto. Apesar de serem filmes resistentes, as películas de quitosana são normalmente caracterizadas pela limitação na elongação, o que não é desejável, pois as tornam pouco flexíveis (No et al., 2007; Hayashi et al., 2007; Pitak e Rakshit, 2011).

A qualidade sensorial de frutos tratados com quitosana tem apresentado resultados contraditórios e pode ainda diferenciar quanto ao tempo de avaliação

após aplicação dos tratamentos. Em alguns frutos tais como o longan, lichia, manga e mamão quando revestidos com quitosana, apresentaram atraso na queda da qualidade sensorial e estenderam a vida de prateleira (Jiang e Li, 2001; Jiang et al., 2005; Chien et al., 2007; Ali et al., 2011).

De acordo com o uso dessa tecnologia, segundo Henrique et al. (2008), o seu mau uso, ou seja, formação de filmes espessos, má diluição do material, pH muito ácidos, baixa viscosidade, tudo isso poderá influenciar tanto nas características físicas e químicas do filme que por consequência afetará a permeabilidade e seletividade dos gases tais como o O₂, CO₂, C₂H₄ e vapor d'água, causando desordens fisiológicas e redução na qualidade do sabor do fruto (Henrique et al., 2008). O uso de coberturas comestíveis a base de fécula de mandioca em 'Mexerica Rio' resultou no escurecimento da casca, descamação da película e odor desagradável em altas concentrações (Silva et al., 2011).

Com base em pesquisas relacionadas ao uso de coberturas comestíveis, o uso correta da mesma, têm sido observado resultados bastante efetivo na manutenção e prolongamento da vida útil de frutos, hortaliças e flores caracterizando um material promissor em pós-colheita.

3. TRABALHOS

3.1. Qualidade do mamão UENF/Caliman01 submetidos à aplicação de cálcio em pós-colheita

3.1.1. RESUMO

O mamão UENF/Caliman01 é um híbrido nacional com grande potencial tanto para o mercado interno quanto exteno. Entretanto, tem-se notado uma acentuada diminuição na firmeza do fruto em poucos dias, conferindo pouco tempo de vida útil. O presente trabalho objetivou avaliar a infiltração a vácuo de soluções de CaCl_2 na pós-colheita desse fruto. O experimento seguiu um DIC com dois fatores (6x5) com três repetições para cada tratamento. Os tratamentos consistiram do Controle I (frutos sem aplicação de CaCl_2 e sem vácuo), Controle II (frutos sem aplicação de CaCl_2 , com vácuo) e aplicação de soluções de CaCl_2 a 2%, 4%, 6% e 8% (p/v), sob vácuo em uma tensão de 50 kPa. Após a aplicação dos tratamentos os frutos foram armazenados a $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e UR $85\% \pm 5\%$ e amostrados a cada 3 dias. Avaliou-se a perda de massa fresca (PMF), a firmeza do fruto (FF) e do mesocarpo (FM), o ângulo de cor *hue* (H), o teor de sólidos solúveis (SS), a acidez titulável, (AT), a razão SS/AT e o teor de ácido ascórbico (AA). A PMF não foi influenciada pelas soluções de CaCl_2 , assim como também não foi verificado efeito nas características químicas tais como teor de SS, AT, razão SS/AT e teor de AA. Porém, o tratamento com soluções de cálcio promoveu

efeito significativo na FF e FM, além de também manter o fruto verde por mais tempo. Conclui-se que os tratamentos de cálcio na pós-colheita do mamão não afetaram as características químicas do fruto, mas favoreceram a manutenção da FF e FM dos frutos e retardaram a mudança de cor do verde para o amarelo.

Palavras-chave: Amolecimento, *Carica papaya* L., Qualidade, Pós-colheita.

3.2. Quality of papaya UENF/Caliman01 submitted through the calcium application in postharvest.

3.2.1. ABSTRACT

The papaya UENF/Caliman01 is a national hybrid with a high potential, for both domestic market and foreign market. However, it has been noticed an accentuated decrease in the fruit's firmness in few days, conferring few time of useful life. This work had as objective to evaluate the vacuum infiltration of CaCl_2 solutions in the fruit's post-harvest. The experiment followed a DIC with two factors (6x5) with three repetitions for each treatment. The treatments consisted of the Control I (fruit without CaCl_2 application and without vacuum), Control II (fruit without CaCl_2 application, and with vacuum) and application of CaCl_2 solutions in 2%, 4%, 6% e 8% (w/v), under vacuum in a 50kPa tension. After the application of the treatments, the fruit were stored to $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ and UR $85\% \pm 5\%$ and sampled in each 3 days. It was evaluated the loss of fresh mass (PMF), the firmness of the fruit (FF) and of the mesocarp (FM), the angle of hue color (H), the soluble solid content (SS), titratable acidity (AT), the SS/AT reason and the ascorbic acid content (AA). The PMF was not influenced by the CaCl_2 solution, as well as it was not verified any effect in the chemical characteristics, for example, the SS content, AT, SS/AT reason and AA content. However, the treatment with calcium solution promoted a significant effect on FF and FM, besides to maintain the fruit in a green

form for a long time. As conclusion, the calcium treatment in the papaya's post-harvest didn't affect the chemical characteristics of the fruit, but it helped the FF and FM maintenance and retarded the color changing of the fruit (green to yellow).

Keywords: Softening, *Carica papaya* L., Quality, Post-harvest.

3.2.2. INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é um fruto tipicamente tropical com grande importância nutricional, com elevado conteúdo de água, de açúcares, de vitamina C, consideráveis níveis de licopeno, rico em minerais e baixo conteúdo de fibras (Gondim et al., 2005). O fruto por apresentar um alto teor de umidade e alta taxa respiratória é marcado por uma vida útil relativamente baixa (Chitarra e Chitarra, 2005). Entre as transformações que acontecem durante o amadurecimento do mamão e que contribuem negativamente com a vida útil do fruto está a perda de firmeza. Segundo Kittermann et al. (2010), a perda de firmeza do fruto é consequência da dissociação de parte da lamela média da parede celular do tecido, levando à redução da adesão intercelular por ação de enzimas pectinolíticas.

A fim de minimizar a degradação da parede celular e manter a firmeza da polpa, a infiltração no tecido com solução a base de cálcio pode ser uma alternativa para a manutenção da firmeza do fruto (Werner et al., 2009; Ruiz-May e Rose 2013). O cálcio é um importante agente de estabilização das paredes celulares (Kittermann et al., 2010), onde a sua manutenção no tecido pode intervir no grau de amaciamento da polpa do mamão, conferindo maior resistência ao manuseio (Lara et al., 2004; Irfan et al., 2013).

A aplicação do cálcio em pós-colheita tem demonstrado ser mais efetivo do que sua aplicação em pré-colheita, pois o cálcio é aplicado diretamente na superfície do fruto (Kadir, 2005). Na aplicação em pós-colheita, é bastante utilizada a técnica de imersão dos frutos em solução de sais de cálcio ou também por infiltração sob vácuo. O processo de infiltração de cálcio sob vácuo, consiste basicamente na penetração da solução, contendo cálcio, nos espaços intercelulares a partir da expulsão do ar dos espaços aéreos do tecido. Isso ocorre pelo efeito da capilaridade e pelo gradiente de pressão gerado pela saída do ar (Valero e Serrano, 2010).

Este trabalho teve como objetivo prolongar o período de conservação e manter a qualidade de mamões UENF/Caliman01, por meio da aplicação de diferentes concentrações de cloreto de cálcio sob vácuo.

3.2.3. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.3.1. Material vegetal

Foram utilizados frutos do mamoeiro híbrido UENF/Caliman01 no estágio zero de amadurecimento (100% da casca verde) (Ritzinger e Souza, 2000). Os frutos foram provenientes dos pomares comerciais em plena produção de verão (novembro de 2012), pertencentes à empresa Caliman Agrícola S/A situada no município de Linhares, ES, de coordenadas geográficas, 19°10'S; 39°50'W e altitude de 30 m. A região produtora apresenta temperaturas máximas entre 30°C e 32°C e mínimas entre 15°C e 18°C (Berilli et al., 2007; Souza et al., 2009). Os frutos apresentaram peso médio de 1300g e comprimento médio de 150mm.

Após a colheita e lavagem dos frutos no packing house, os mesmos foram transportados à temperatura de 14°C para a unidade de Bioquímica e Fisiologia Pós-colheita do Setor de Fisiologia Vegetal/LMGV na UENF em Campos dos Goytacazes – RJ, a cerca de 6 horas do local de colheita. No laboratório os frutos foram sanitizados em solução de hipoclorito de sódio, 100 mL L⁻¹ por 5 min, seguido de lavagem em água deionizada. Após a sanitização, os frutos foram depositados em bancadas para a secagem com auxílio de papel toalha.

3.2.3.2. Aplicação da solução de cloreto de cálcio

Foram preparadas soluções de cloreto de cálcio dihidratado ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Sigma-Aldrich) com peso molecular de 147,014 g/mol nas concentrações de 2%, 4%, 6% e 8% (p/v) aplicadas pelo método de infiltração a vácuo. Foram utilizados dois controles visando a eliminação de possíveis interferências, sendo o primeiro formado por 0% CaCl_2 + pressão atmosférica e o segundo por 0% CaCl_2 com 50 kPa de tensão.

A aplicação das soluções de CaCl_2 por infiltração a vácuo consistiu na imersão dos frutos em solução contida em béquer, o qual foi colocado no dessecador acoplado a uma bomba de vácuo. Fez-se vácuo a 50 kPa por cerca de 1 minuto, de modo que não houvesse mais saída de bolhas de ar, tanto da solução quanto do fruto. Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram depositados em bancadas e secados com papel toalha sendo acondicionados em câmaras com controle de temperatura ($25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$) e umidade relativa ($85\% \pm 5\%$) com um déficit de pressão de valor do ar (DPV_{ar}) de 0,475 kPa. Os frutos foram avaliados a cada 3 dias quanto à perda de massa fresca (PMF), à coloração da casca por meio do ângulo de cor *hue* (H), à firmeza do fruto (FF) e do mesocarpo (FM), ao teor de sólidos solúveis (SS), à acidez titulável (AT), à razão SS/AT (*ratio*) e ao teor de ácido ascórbico (AA). Todo o experimento foi conduzido com três repetições, sendo a unidade amostral composta por um fruto.

3.2.3.3. Perda de massa fresca - PMF

A PMF dos frutos foi obtida a partir do acompanhamento dos pesos dos frutos desde a implantação do experimento até o último dia de armazenamento. Os frutos foram pesados em balança semianalítica avaliando sempre os mesmos frutos e os resultados foram expressos em porcentagem de massa fresca perdida por meio da expressão:

$$\text{PMF (\%)} = [(P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}) / P_{\text{inicial}}] \times 100$$

3.2.3.4. Coloração da casca

A coloração da casca dos frutos foi determinada utilizando um colorímetro portátil (Chroma Meter, modelo CR-300, Minolta). Foram realizadas três leituras em pontos equidistantes na região equatorial do fruto, compondo um valor médio para o H. O H define a coloração básica, onde 0°h corresponde ao vermelho, 90°h à cor amarela e 180°h o verde (McGuire, 1992).

3.2.3.5. Firmeza do fruto e mesocarpo – FF e FM

A FF e FM foram determinadas utilizando um penetrômetro digital de bancada (Fruit Pressure Tester, modelo 53205, TR, Italy) com ponta de prova de 8,0 mm, sendo os resultados expressos em Newton. Foram realizadas quatro medições em pontos equidistantes na região equatorial do fruto. As medidas de FF foram feitas diretamente sobre o fruto, sem retirada de casca.

Para a determinação da FM, o fruto foi dividido ao meio, no sentido transversal ao seu eixo, resultando em duas faces. A medida da FM foi feita diretamente sobre a polpa de cada face do fruto, em quatro pontos equidistantes, sendo os resultados expressos em Newton.

3.2.3.6. Teor de sólidos solúveis - SS

O teor de SS foi determinado a partir da extração de duas gotas de suco de uma amostra da polpa na região mediana do fruto. O suco foi extraído por prensa manual e depositado diretamente sobre o prisma de um refratômetro digital (ATAGO, modelo PR 201) e os resultados expressos em °Brix.

3.2.3.7. Acidez titulável - AT

A AT foi determinada por titulometria com NaOH 0,1N, seguindo a metodologia descrita pelo método 22.058, descrito pela Associação Oficial de Químicos Analíticos (Association of Official Analytical Chemists - AOAC) (AOAC, 1992). Foram retirados 10 g de polpa do mamão que adicionado a 50 mL de água destilada foram homogeneizados em um homogeneizador (Turrtec TE 102,

Tecnal, Brasil) por 30 s. O homogenato foi titulado com NaOH a 0,1N, utilizando um pHgâmetro de bancada (Hanna, pH 21 mv meter). Todas as medições foram tomadas em duplicata para cada fruto, dentro de cada repetição.

Em função da polpa do mamão possuir coloração vermelha rosada que interfere na identificação da cor rósea apresentada pela viragem da fenolftaleína, foi utilizado o valor de pH 8,2.

Para a determinação da AT foi utilizada a fórmula:

$$AT (\% \text{ ácido cítrico}) = [(V \cdot FC \cdot P' \cdot 10) / P]$$

Onde: V = volume (mL) gasto de NaOH 0,1N;

FC = fator de correção do NaOH:

P' = miliequivalência do ácido cítrico (0,064) e

P = peso (g) da polpa do mamão.

3.2.3.8. Razão SS/AT - *ratio*

O *ratio* foi obtido pela razão SS/AT. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o *ratio* é uma das formas mais utilizadas para avaliação do sabor de frutos, sendo inclusive, mais representativa que a média isolada de açúcares e, ou, acidez, pois representa melhor o equilíbrio entre as duas variáveis. É uma unidade adimensional, com grande importância na pós-colheita e caracterização da qualidade de frutos, sendo também um indicador de maturidade e um forte indicador de qualidade.

3.2.3.9. Teor de ácido ascórbico - AA

A determinação do teor de AA foi realizada em amostras de polpa do mamão por titulometria conforme método descrito pela Associação Oficial de Químicos Analíticos (Association of Official Analytical Chemists - AOAC) (AOAC, 1984). Utilizaram-se soluções de AA (Sigma-Aldrich, USA) de concentrações conhecidas para o preparo da curva padrão.

Foi utilizado 1 g de polpa macerada em cadinho contendo 9 mL de ácido oxálico a 1% (p/v) diluído em ácido acético e filtrado em papel de filtro qualitativo

com porosidade de 3 μm . Dessa mistura foram retirados 2 mL e transferidos para um erlenmeyer onde foram adicionados 5 mL de ácido oxálico a 1% (p/v). Todo o procedimento foi realizado em banho de gelo e abrigado da luz. O conteúdo do erlenmeyer foi titulado com 2,6-dicloroindofenol (2,6-DCIP) até que a solução mantivesse a coloração “rosa pink” por alguns segundos. A titulação foi feita em duplicata para cada unidade experimental. O volume gasto com o 2,6-DCIP em cada amostra foi utilizado para a determinação da concentração de AA, a partir da curva padrão previamente estabelecida. Os resultados foram expressos em mg^{-1} de AA.100g⁻¹ de massa fresca (MF).

3.2.3.10. Análise estatística

O ensaio foi conduzido sob esquema fatorial (6x5) em delineamento inteiramente casualizado, sendo os fatores seis concentrações de CaCl_2 , quais sejam: 0% (p/v) CaCl_2 sem aplicação do vácuo, 0%, 2%, 4%, 6% e 8% (p/v) de CaCl_2 com aplicação do vácuo e cinco diferentes tempos de armazenamento 0, 3, 6, 9 e 12 dias após aplicação dos tratamentos - DAT, com três repetições de cada tratamento, totalizando 90 frutos, sendo que cada fruto foi tratado como uma unidade experimental.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade por meio dos parâmetros de Lilliefors, Cochran Bartlett ($p \leq 0,05$), respectivamente. Não havendo restrições os dados foram submetidos à análise da variância ($p \leq 0,05$) e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Em relação ao tempo após a aplicação dos tratamentos, as variáveis foram estudadas por análise da variância da regressão ($p \leq 0,05$) e o ajustamento de curvas caracterizadas pelos coeficientes de determinação (R^2). O grau de aderência dos coeficientes angulares das equações estimadas foi confirmado por meio da estatística t de Student ($p \leq 0,05$). Os dados foram analisados utilizando-se o software Saeg - Sistema para Análises Estatísticas, versão 9.1UFV, Viçosa, MG (Saeg, 2007).

3.2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.2.4.1. Perda de massa fresca - PMF

A PMF do mamão UENF/Caliman 01 não foi influenciada significativamente ($p \leq 0,05$) pela aplicação das soluções de CaCl_2 , apresentando efeito apenas do tempo após a aplicação dos tratamentos. Neste caso, optou-se por estimar a equação de regressão com base na média de todos os tratamentos em cada período (Figura 5). A PMF do fruto apresentou uma tendência linear crescente em função dos dias após a aplicação dos tratamentos (DAT).

A PMF é dada basicamente por efeito de dois fatores, a transpiração e a respiração. A transpiração é o efeito de maior influência na perda de água dos tecidos vegetais, influenciando diretamente na PMF de frutos, como por exemplo, o mamão. Nesse processo a água é perdida pela diferença de pressão de vapor de água entre a atmosfera e a camada de célula subepidérmicas do fruto (Bhowmik e Pan, 1992). Essa perda de água nos frutos carnosos se ocorrer em intensidade alta, pode ser um fator que afeta diretamente a qualidade dos frutos, ocorrendo alterações na aparência e, conseqüentemente, diminuição da aceitabilidade do produto (Chien et al., 2013).

A atividade respiratória faz também com que frutos percam massa durante o seu armazenamento. Isso se deve, segundo Bhowmik e Pan (1992), ao catabolismo de substratos oxidáveis com a liberação de CO_2 para a atmosfera e

incorporando esqueletos carbônicos e gerando energia para suprir as necessidades metabólicas durante todo o desenvolvimento dos frutos.

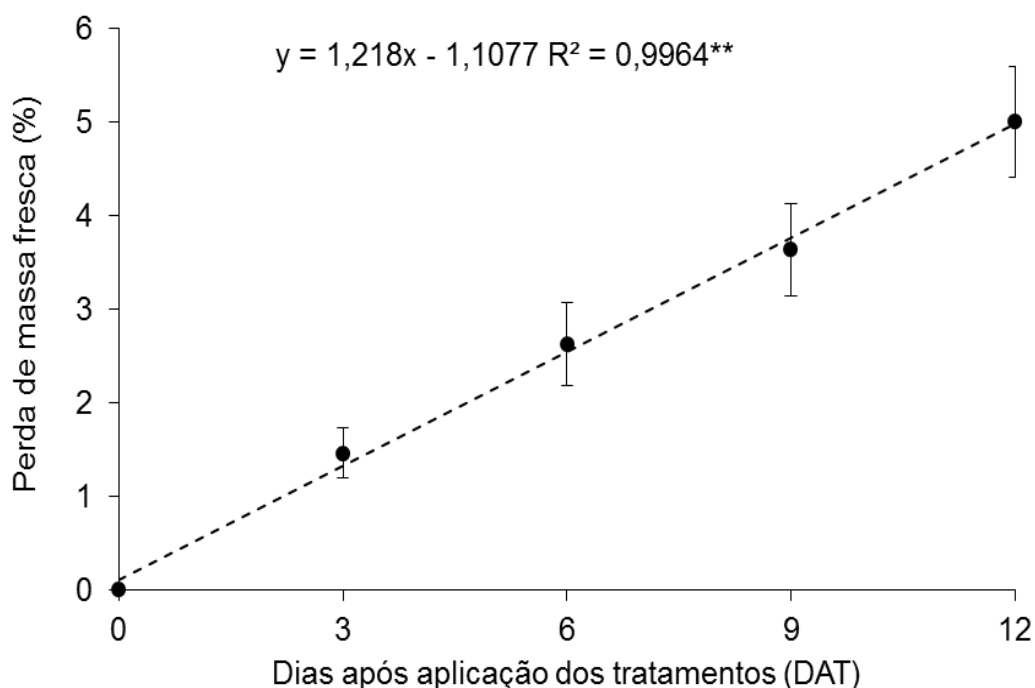


FIGURA 5 – Porcentagem de perda de massa fresca, em mamão UENF/Caliman01 submetido aos tratamentos com soluções de CaCl_2 por infiltração a vácuo, em função dos dias após aplicação dos tratamentos. Os resultados são apresentados com base na média dos tratamentos. ** Teste F significativo ($p \leq 0,05$) para o efeito de regressão linear (As barras horizontais refere-se ao intervalo de confiança (IC) $p \leq 0,05$).

Trabalhos desenvolvidos por Werner et al. (2009) com tratamento de cálcio em goiabas cv. Cortibel mostraram maiores perdas de massa em frutos tratados com altas concentrações de cálcio. De acordo com Azzolin et al. (2004), o excesso de sais de cálcio na solução (altamente concentrada) aplicado sobre o fruto, pode causar a desidratação dos tecidos, ocasionando um aceleração no processo de senescência e deterioração dos frutos, caracterizando neste caso, uma maior suscetibilidade dos tecidos à perda de umidade. Botelho et al. (2002) não observaram diferenças significativas na PMF em goiabas Kumagai branca tratadas com diferentes concentrações de cloreto de cálcio. Por outro lado, Al-Eryani-Raqeeb et al. (2008) observaram efeito significativo da aplicação de cloreto de cálcio em pós-colheita no mamão “Eksotika II” na redução da PMF do fruto.

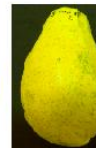
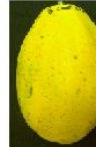
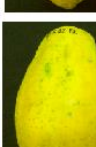
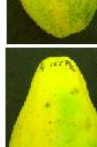
3.2.4.2. Ângulo de cor *hue* - H

A cor dos frutos é um dos principais e mais importantes atributos que caracterizam os mamões. Pelo espaço de cor CIELAB o ângulo *hue* define a coloração básica, onde 0°h corresponde à cor vermelha, 90°h à cor amarela e 180°h o verde (McGuire, 1992).

A mudança da coloração do fruto é explicada pela mudança no conteúdo de pigmentos totais como clorofilas *a*, *b* e carotenóides dentre outros, os quais podem ser degradados ou sintetizados durante o processo de amadurecimento. Muitas vezes essas mudanças estão associadas com a perda da qualidade dos frutos. A degradação das clorofilas (perda do verde) durante o processo de amadurecimento dos frutos faz parte de uma etapa natural do desenvolvimento dos frutos. Essa degradação pode ser dada por inúmeros fatores, tais como pH, atividade de enzimas como a clorofilase, temperaturas, luz e oxigênio (Bohn e Walczyk, 2004). A degradação das clorofilas *a* e *b* resulta nas mudanças de cor do verde brilhante para verde oliva marron devido à formação de feoftina *a* e *b* como consequência da remoção do átomo de Mg, em contraste à perda do radical fitol catalizada pela atividade da clorofilase (Pruzinská et al., 2003; Kaiser et al., 2012).

Os frutos foram selecionados pela coloração apresentada no início do ensaio (0DAT). Foram selecionados frutos com coloração uniforme, verde escuro com valores médios de H igual a 122°h. Foi criado um painel demonstrativo de cor da casca do fruto a fim de evidenciar os efeitos de atraso no amadurecimento dos frutos tratados com as concentrações de CaCl₂ (Figura 6). Todavia, as diferenças significativas ($p \leq 0,05$) foram apenas observadas para o ângulo de cor *hue* no sexto dia de aplicação dos tratamentos com 6 e 8% (p/v) de CaCl₂ com vácuo. Esse efeito é temporário, pois não foi observado aos 9 e 12DAT.

Os resultados mostram que durante o amadurecimento dos frutos, após a aplicação das soluções de CaCl₂, o ângulo de cor H diminuiu, seguindo uma tendência ajustada ao modelo de regressão linear. A partir disso, estimaram-se as equações de regressão para todos os tratamentos em função do tempo após a aplicação dos tratamentos, os quais apresentaram significância ($p \leq 0,05$) (Tabela 1).

Tratamentos [CaCl ₂ , %(p/v)]	Dias após aplicação dos tratamentos (DAT)				
	0	3	6	9	12
0 ⁺					
0 ⁺⁺					
2					
4					
6					
8					

0⁺ = 0% CaCl₂ sem vácuo
0⁺⁺ = 0% CaCl₂ com vácuo

Figura 6 – Painel demonstrativo da mudança da cor da casca do mamão UENF/Caliman01 submetido aos tratamentos com soluções de CaCl₂ (%, p/v) por infiltração a vácuo, em função dos dias após a aplicação dos tratamentos.

Confrontando com os resultados do presente trabalho, estudos conduzidos por Mahmud et al. (2008) mostraram que o uso de infiltração de solução de CaCl₂ a vácuo em mamão 'Eksotika II' promoveu uma manutenção do verde da casca do fruto depois de 21 dias de armazenamento a 13°C. Segundo os autores, o CaCl₂ foi eficiente na manutenção e no prolongamento da cor verde do fruto por mais tempo. Os frutos apresentaram médias de H de 103,99 °h,

superior ao H verificado quando comparados na mesma época com os frutos não tratados com cálcio.

O tratamento com soluções de CaCl_2 2% (p/v) por imersão na pós-colheita do maracujá afetou significativamente a evolução da cor dos frutos, apresentando efeito até os 12 dias após a aplicação dos tratamentos, retardando o processo de degradação das clorofilas e síntese de carotenóides (Silva e Vieites, 2000).

Goiabas cortibel tratadas com CaCl_2 mostraram degradação das clorofilas *a* e *b* após a aplicação do cálcio, o que mostra que a degradação dos pigmentos pode não ser influenciada pela aplicação de cálcio na pós-colheita. Porém, a aplicação de soluções de CaCl_2 com as maiores concentrações foi efetiva em retardar a perda dos pigmentos verdes na casca dos frutos e menor exposição dos carotenóides (Werner et al., 2009). A coloração do fruto é, em última análise, o resultado do balanço entre os teores das clorofilas e dos carotenóides (Azzolini et al., 2004).

TABELA 1 – Ângulo de cor *hue* ($^\circ\text{h}$) da casca do mamão UENF/Caliman01 tratado com CaCl_2 e armazenado a $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e $85\% \pm 5\%$ UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

[CaCl ₂ , % (p/v)]	Ângulo <i>hue</i> (°h)					Equação	R ²
	Dias após aplicação dos tratamentos (DAT)						
	0	3	6	9	12		
0 ⁺	123,90 A	121,84 A	93,63 B	81,26 A	78,70 A	ŷ=-4,30x +130,43	0,91**
0 ⁺⁺	122,60 A	116,23 A	91,33 B	82,29 A	83,86 A	ŷ=-3,71x +125,26	0,87**
2	123,60 A	118,63 A	91,30 B	89,93 A	78,70 A	ŷ=-3,95x +128,64	0,92**
4	123,03 A	120,83 A	91,88 B	82,76 A	80,10 A	ŷ=-4,13x +128,64	0,89**
6	124,30 A	122,63 A	113,13 A	91,21 A	81,70 A	ŷ=-3,88x +133,80	0,93**
8	125,06 A	119,20 A	111,96 A	83,16 A	80,16 A	ŷ=-4,19x +131,27	0,95**

0⁺ controle I: Frutos sem infiltração com CaCl_2 e sem aplicação de vácuo; **0⁺⁺ controle II:** Frutos infiltrados com H_2O a vácuo de 50 kPa; **2** = Frutos infiltrados com CaCl_2 2% (p/v) à vácuo de 50kPa; **4** = Frutos infiltrados com CaCl_2 4% (p/v) a vácuo de 50kPa; **6** = Frutos infiltrados com CaCl_2 6% (p/v) a vácuo de 50kPa e **8** = Frutos Frutos infiltrados com CaCl_2 8% (p/v) a vácuo de 50kPa. As médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si, segundo o Teste Tukey ($p \leq 0,05$). ** significativo $p \leq 0,01$.

3.2.4.3. Firmeza do fruto - FF

A FF foi influenciada ($p \leq 0,05$) pela infiltração de CaCl_2 a vácuo (Tabela 2). De modo geral, a FF diminuiu com o amadurecimento dos frutos, enquanto a aplicação de CaCl_2 teve efeito ($p \leq 0,05$) na retenção da firmeza do fruto.

No início do ensaio não foi verificada diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos quanto à FF. A partir do 3º DAT, os frutos tratados com CaCl_2 apresentaram significativamente ($p \leq 0,05$) maior firmeza em relação àqueles não tratados. A aplicação da solução de CaCl_2 a 6% e 8% resultou em frutos significativamente mais firmes ($p \leq 0,05$) em relação aos não tratados, até o 9º DAT. A partir do 12º DAT o efeito do CaCl_2 já não é mais evidenciado fato que contribuiu para o ajustamento do modelo quadrático de acordo com o critério adotado R^2 (Tabela 2). Os frutos não tratados apresentaram perda de firmeza de aproximadamente 85% do início até o 6º DAT, enquanto que quando tratados com solução de CaCl_2 a 6% a perda foi de aproximadamente 35%.

Como observado nos resultados do presente trabalho, o tratamento em pós-colheita com cálcio tem sido bastante efetivo em retardar a perda de firmeza em frutos como manga (Taain et al., 2011), goiaba (Werner et al., 2009), morango (Chen et al., 2011) e maçã (Hussain et al., 2012), durante o armazenamento dos mesmos. Esses resultados podem ser justificados pela presença do cálcio na solução de CaCl_2 , haja vista que o mesmo possui um importante papel na estabilização da parede celular vegetal no que tange à manutenção da integridade através da interação com ácidos urônicos em cadeias de polissacarídeo de pectina para criar o chamado pectina "eggs-box" (Vicente et al., 2007; Kerbauy, 2008; Valero e Serrano, 2010).

Como observado no mamão, a manutenção da FF é de grande importância para a pós-colheita. O mamão é considerado bastante perecível e com uma vida útil relativamente curta devido ao seu padrão respiratório, ao alto conteúdo de água e à intensa atividade de enzimas que degradam a parede celular. Dada essa alta perecibilidade, o controle do amaciamento da polpa é de fundamental importância para o aumento da vida útil após a colheita.

TABELA 2 - Firmeza do fruto (N) do mamão UENF/Caliman01 tratado com CaCl_2 e armazenado a $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e $85\% \pm 5\%$ UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

[CaCl ₂ , % (p/v)]	Firmeza do fruto (N)										Equação	R ²
	Dias após aplicação dos tratamentos (DAT)											
	0		3		6		9		12			
0 ⁺	110,26 A	54,02 B	18,25 D	24,63 B	16,06 A						ŷ= 1,09x ² -22,53x+129,29	0,97**
0 ⁺⁺	107,02 A	38,91 B	22,83 CD	26,77 B	17,81 A						ŷ= 1,09x ² -21,72x+121,17	0,92**
2	110,28 A	77,00 A	31,34 CD	35,97 AB	16,07 A						ŷ= 0,61x ² -16,20x+126,63	0,95**
4	102,99 A	76,51 A	43,27 BC	33,28 AB	20,40 A						ŷ= 0,40x ² -12,55x+116,33	0,99*
6	103,88 A	92,32 A	66,08 A	41,02 A	24,00 A						ŷ= -0,07x ² - 5,95x+112,32	0,99 ^{ns}
8	100,83 A	89,98 A	59,60 A	43,24 A	16,92 A						ŷ= -0,05x ² - 6,71x+110,81	0,99 ^{ns}

0⁺ controle I: Frutos sem infiltração com CaCl_2 e sem aplicação de vácuo. **0⁺⁺ controle II:** Frutos infiltrados com H_2O a vácuo de 50 kPa; **2** = Frutos infiltrados com CaCl_2 2% (p/v) a vácuo de 50kPa; **4** = Frutos infiltrados com CaCl_2 4% (p/v) a vácuo de 50kPa; **6** = Frutos Frutos infiltrados com CaCl_2 6% (p/v) a vácuo de 50kPa e **8** = Frutos Frutos infiltrados com CaCl_2 8% (p/v) a vácuo de 50kPa. As médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si, segundo o Teste Tukey ($p \leq 0,05$). ** significativo $p \leq 0,01$, * significativo $p \leq 0,05$ e ^{ns} não significativo ($p \leq 0,05$) pelo teste F.

3.2.4.4. Firmeza do mesocarpo - FM

A FM foi influenciada ($p \leq 0,05$) pela infiltração da solução de CaCl_2 a vácuo. A FM sofreu alterações no tempo após a aplicação dos tratamentos (Tabela 3). Em decorrência do processo natural de amaciamento da polpa, de modo geral, houve redução na FM após a aplicação dos tratamentos, ou seja, com o amadurecimento do fruto. A redução na FM, porém, foi menor quando nos frutos tratados com soluções de CaCl_2 , quando comparado ao controle (Tabela 3). No primeiro dia de avaliação a FM não difere entre os tratamentos, o que demonstra a homogeneidade e a padronização dos frutos analisados no ensaio. Quando os frutos foram analisados no 3º DAT verifica-se que os frutos tratados com a solução de CaCl_2 apresentaram as maiores FM.

Os frutos quando avaliados nos 6º DAT apresentaram maior FM quando tratados com as maiores concentrações de CaCl_2 e esse efeito permaneceu até o 12º DAT. Porém, quando os frutos foram analisados no 9º DAT e 12º DAT, os

tratamentos com soluções de CaCl_2 foram eficientes na redução da perda da FM, diferindo significativamente dos controles (Tabela 3).

Os controles I e II apresentaram uma redução na FM de cerca de 74%, enquanto que o tratamento com solução de CaCl_2 a 6% reduziu a FM aproximadamente em 26%, o que significa uma diferença de aproximadamente 48 N. À medida que os frutos amadureciam, a infiltração com soluções de CaCl_2 com as maiores concentrações, resultou em frutos com FM superior àquela dos frutos não tratados.

O cálcio no tecido mesocárpico tem participação estrutural como constituinte do complexo Ca-pectina, presente na lamela média, além de atuar na “proteção” contra a degradação da parede celular por ação de enzimas pectinolíticas. A participação do Ca na manutenção da integridade de membrana também ajuda na manutenção do turgor celular, que é um componente importante da textura da polpa do mamão (Manganaris et al., 2007; Martin-Diana, 2007; Valero e Serrano, 2010; Yamamoto et al., 2011).

Diversos trabalhos na literatura têm reportado sobre o efeito benéfico dos sais de cálcio na manutenção da textura em pós-colheita de frutos, como o morango (Hernández-Muñoz et al., 2006), a maçã (Chardonnet et al., 2003), a banana minimamente processada (Melo et al., 2009; Vilas Boas et al., 2009), a goiaba (Pereira et al., 2007; Wener et al., 2009), a goiaba minimamente processada (Inam-ur-Raheem et al., 2013), o figo (Irfan et al., 2013) e em mamão (Al-Eryani-Raqeeb, 2008). Segundo os autores, a principal função do cálcio na manutenção da textura dos frutos é dada pelo seu papel crucial em manter a integridade da parede celular de frutos e lamela média por interação com ácido péctico na parede celular para formar pectato de cálcio; fruta tratada com cálcio é geralmente mais firme.

TABELA 3 - Firmeza do mesocarpo (N) do mamão UENF/Caliman01 tratado com CaCl_2 e armazenado a $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e $85\% \pm 5\%$ UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

[CaCl ₂ , % (p/v)]	Firmeza do mesocarpo (N)										Equação	R ²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)											
	0		3		6		9		12			
0 ⁺	74,17 A	19,77 BC	4,70 B	4,15 B	4,59 B						$\hat{y}=0,98x^2-18,95x+88,14$	0,96**
0 ⁺⁺	78,91 A	12,21 C	4,62 B	3,86 B	3,77 B						$\hat{y}=1,15x^2-21,31x+92,82$	0,92**
2	71,84 A	35,47 AB	7,88 B	7,72 A	8,19 A						$\hat{y}=0,80x^2-16,40x+87,27$	0,99**
4	73,92 A	37,56 AB	8,97 B	6,86 A	8,42 A						$\hat{y}=0,81x^2-16,75x+90,05$	0,99**
6	69,47 A	51,21 A	15,35 A	7,85 A	5,81 A						$\hat{y}=0,48x^2-12,44x+84,72$	0,96**
8	62,61 A	52,65 A	11,04 A	8,27 A	7,07 A						$\hat{y}=0,68x^2-13,77x+72,85$	0,97**

0⁺ controle I: Frutos sem infiltração com CaCl_2 e sem aplicação de vácuo; **0⁺⁺ controle II:** Frutos infiltrados com H_2O a vácuo de 50 kPa; **2** = Frutos infiltrados com CaCl_2 2% (p/v) a vácuo de 50kPa; **4** = Frutos infiltrados com CaCl_2 4% (p/v) a vácuo de 50kPa; **6** = Frutos Frutos infiltrados com CaCl_2 6% (p/v) a vácuo de 50kPa e **8** = Frutos Frutos infiltrados com CaCl_2 8% (p/v) a vácuo de 50kPa. As médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si, segundo o Teste Tukey ($p \leq 0,05$). ** significativo $p \leq 0,01$, * significativo $p \leq 0,05$ e ^{ns} não significativo ($p \leq 0,05$) pelo teste F.

3.2.4.5. Teor de sólidos solúveis - SS

O teor SS do fruto não foi influenciado ($p \leq 0,05$) pela infiltração a vácuo das soluções de CaCl_2 como também não foi observado variação significativa ($p \leq 0,05$) do teor de SS durante o amadurecimento do mamão (Tabela 4).

O teor de SS representa todas as substâncias solúveis armazenadas nas células, como ácidos orgânicos, aminoácidos, vitaminas e carboidratos, ou até mesmo componentes estruturais da parede celular degradada pelo processo de amadurecimento da polpa do fruto. Dentre os vários componentes contidos nesse extrato, a grande maioria é dada pelos açúcares: sacarose, frutose e glicose.

Em mamão o teor de SS muda muito pouco com o amadurecimento do fruto (Ali et al., 2014). Por ser um fruto que apresenta quantidades traço de amido armazenado, a variação no teor de SS após a colheita é muito pequena e quando ocorre é resultado da degradação da parede celular que aumenta a liberação de

pectina solúvel nos espaços intercelulares, contribuindo com um ligeiro aumento no teor de SS (Costa et al., 2002; Yao et al., 2012).

Os resultados mostraram que a infiltração dos frutos com CaCl_2 , mesmo mantendo a FF e FM (Tabelas 2 e 3), não resultou em mudanças no teor de SS do mamão. Conforme observado por Werner et al. (2009) em goiabas ‘Cortibel’ que o efeito da infiltração dos frutos com solução de CaCl_2 também não influenciou no teor de SS, corroborando com os resultados deste trabalho, o que mostra que o teor de SS pode não ser um atributo adequado para diferenciar o efeito da infiltração de solução de CaCl_2 na pós-colheita do mamão, assim como observado por Azzolini et al. (2004) e Valero e Serrano (2010).

TABELA 4 – Teor de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) do mamão UENF/Caliman01 tratado com CaCl_2 e armazenado a $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\% \pm 5\%$ UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

[CaCl ₂ , % (p/v)]	Teor de sólidos solúveis (°Brix)					Equação	R ²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)						
	0	3	6	9	12		
0 ⁺	8,70 A	9,38A	9,02 A	9,44 A	9,51 A	ŷ= 0,05x+ 8,28	0,55 ^{ns}
0 ⁺⁺	10,86 A	10,72 A	9,33 A	10,14 A	7,90 A	ŷ= -0,21x+11,31	0,71 ^{ns}
2	9,37A	10,33 A	9,11 A	9,21A	9,13 A	ŷ= -0,05x+ 9,80	0,25 ^{ns}
4	9,84 A	9,00 A	9,71 A	10,06 A	8,48A	ŷ= -0,05x+ 9,80	0,16 ^{ns}
6	9,35 A	8,42 A	8,41 A	8,44 A	10,22 A	ŷ= -0,05x+ 8,56	0,12 ^{ns}
8	8,71 A	10,30 A	9,75 A	9,35A	8,94 A	ŷ= -0,01x+ 9,52	0,01 ^{ns}

0⁺ controle I: Frutos sem infiltração com CaCl_2 e sem aplicação de vácuo; **0⁺⁺ controle II:** Frutos infiltrados com H_2O a vácuo de 50 kPa; **2** = Frutos infiltrados com CaCl_2 2% (p/v) a vácuo de 50kPa; **4** = Frutos infiltrados com CaCl_2 4% (p/v) a vácuo de 50kPa; **6** = Frutos Frutos infiltrados com CaCl_2 6% (p/v) a vácuo de 50kPa e **8** = Frutos Frutos infiltrados com CaCl_2 8% (p/v) a vácuo de 50kPa. As médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si, segundo o Teste Tukey ($p \leq 0,05$). ** significativo $p \leq 0,01$, * significativo $p \leq 0,05$ e ^{ns} não significativo ($p \leq 0,05$) pelo teste F.

3.2.4.6. Acidez titulável - AT

A AT do mamão UENF/Caliman01 não foi influenciada significativamente ($p \leq 0,05$) pela aplicação das soluções de CaCl_2 a vácuo. Os resultados mostram

uma diminuição na AT com o amadurecimento dos frutos (Tabela 5). A diminuição na AT está relacionada ao processo natural de maturação dos frutos, devido à utilização dos ácidos orgânicos como substratos no processo respiratório, via ciclo de Krebs. A tendência de redução na AT verificada se ajustou significativamente ($p \leq 0,05$) ao modelo linear de regressão, com exceção para os frutos tratados com solução de CaCl_2 de 6% e 8% (Tabela 5).

A AT apresentou diferença ($p \leq 0,05$) no primeiro dia de avaliação, provavelmente devido à heterogeneidade do conteúdo de ácidos orgânicos nos frutos no início do ensaio. A partir do 3º DAT, não é verificada mais diferenças na AT no mamão, independente da infiltração ou não de solução de CaCl_2 , permanecendo assim até o fim do ensaio no 12º DAT (Tabela 5).

O efeito do tratamento com cálcio na AT tem sido bastante variável nos trabalhos publicados nesta área. Figueroa et al. (2012) verificaram que o uso de CaCl_2 em morango (*Fragaria chiloensis*) não resultou em mudanças significativas na AT após a aplicação da solução de Ca, entretanto, o conteúdo de ácidos urônicos solúveis em água foi menor quando os frutos foram tratados com soluções de CaCl_2 , em comparação aos frutos não tratados.

Os resultados apresentados por Lara et al. (2004), Moura-Neto et al. (2010) e Mahmud et al. (2008) diferentemente do presente trabalho, observaram que a quantidade de ácidos orgânicos disponíveis no extrato da polpa de morango e de mamão aumentou à medida que aumentou a concentração da solução de cálcio aplicada no fruto. Segundo esses autores, esse resultado pode ser explicado pela redução da respiração, levando a uma diminuição no processo de amadurecimento dos frutos tratados. Mota et al. (2002) também verificaram redução na AT em jabuticabas tratadas com soluções de CaCl_2 durante o armazenamento dos frutos.

Werner et al. (2009) verificaram em goiaba 'Cortibel' tratada com cloreto de cálcio oscilações nos valores médios da AT no decorrer do período de avaliação, havendo efeito dos tratamentos apenas no nono dia de avaliação.

TABELA 5 – Acidez titulável (% ácido cítrico) do mamão UENF/Caliman01 tratado com CaCl₂ e armazenado a 25 °C ± 1°C e 85% ± 5% UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

[CaCl ₂ , % (p/v)]	Acidez titulável (% ácido cítrico)					Equação	R ²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)						
	0	3	6	9	12		
0 ⁺	0,10 A	0,08 A	0,08 A	0,07 A	0,08 A	$\hat{y}= -0,0019x+0,09$	0,64 ^{**}
0 ⁺⁺	0,10 A	0,07 A	0,08 A	0,07 A	0,07 A	$\hat{y}= -0,0028x+0,10$	0,88 ^{**}
2	0,10 A	0,08 A	0,07 A	0,07 A	0,08 A	$\hat{y}= -0,0021x+0,09$	0,68 ^{**}
4	0,08 AB	0,08 A	0,08 A	0,07 A	0,07 A	$\hat{y}= -0,0012x+0,09$	0,94 ^{**}
6	0,07 B	0,08 A	0,07 A	0,07 A	0,08 A	$\hat{y}= -0,0004x+0,07$	0,28 ^{ns}
8	0,08 AB	0,08 A	0,08 A	0,08 A	0,07 A	$\hat{y}= -0,0008x+0,08$	0,42 ^{ns}

0⁺ **controle I:** Frutos sem infiltração com CaCl₂ e sem aplicação de vácuo; 0⁺⁺ **controle II:** Frutos infiltrados com H₂O a vácuo de 50 kPa; 2 = Frutos infiltrados com CaCl₂ 2% (p/v) a vácuo de 50kPa; 4 = Frutos infiltrados com CaCl₂ 4% (p/v) a vácuo de 50kPa; 6 = Frutos Frutos infiltrados com CaCl₂ 6% (p/v) a vácuo de 50kPa e 8 = Frutos Frutos infiltrados com CaCl₂ 8% (p/v) a vácuo de 50kPa. As médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si, segundo o Teste Tukey ($p \leq 0,05$). ^{**} significativo $p \leq 0,01$, ^{*} significativo $p \leq 0,05$ e ^{ns} não significativo ($p \leq 0,05$) pelo teste F.

3.2.4.7. Razão SS/AT - *ratio*

A razão SS/AT não foi influenciada significativamente ($p \leq 0,05$) pela aplicação da infiltração de CaCl₂ no *ratio* no mamão UENF/Caliman01. Os resultados mostraram que o *ratio* variou ($p \leq 0,05$) em função do tempo de armazenamento dos frutos, ou seja, em função do amadurecimento dos mesmos. Nesse caso optou-se por estimar a equação de regressão com base na média de todos os tratamentos em cada período (Figura 7). A ausência de significância para os tratamentos é atribuída a pouca variação nos teores de SS e na AT do fruto (Tabelas 4 e 5).

O *ratio* é altamente influenciado pelas variações na AT como também no teor de SS, assim, a variação de um desses dois fatores poderá afetar a significância da razão SS/AT. Resultados publicados por Werner et al. (2009) com goiabas 'Cortibel' mostram menor *ratio* quando os frutos foram tratados com CaCl₂.

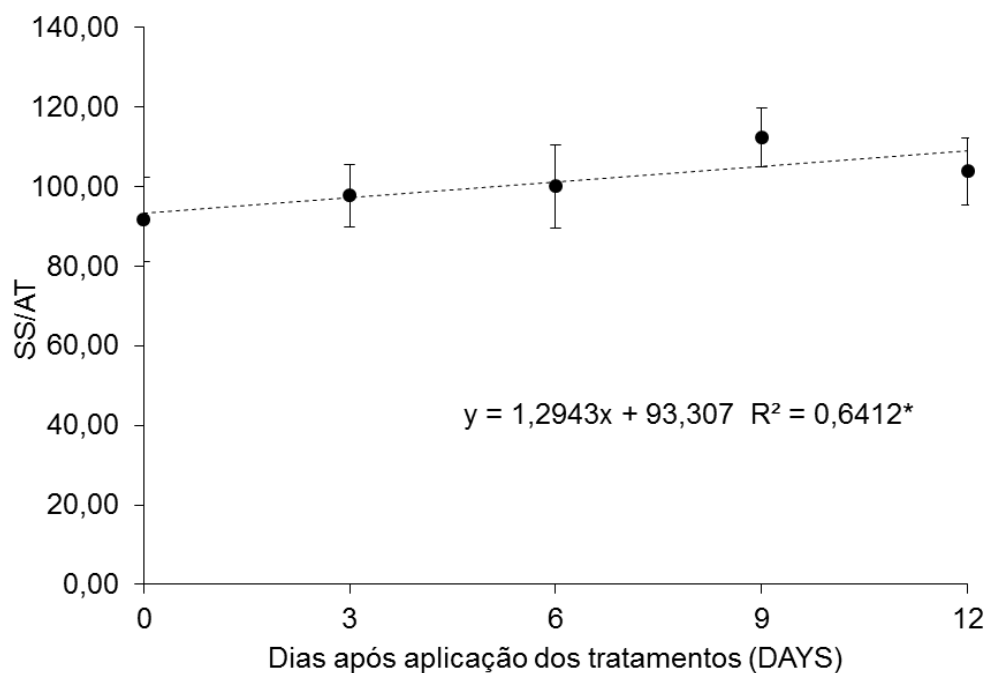


FIGURA 7 – Razão SS/AT em mamão UENF/Caliman01 submetido aos tratamentos com soluções de CaCl_2 por infiltração a vácuo, em função dos dias após aplicação dos tratamentos. Os resultados são apresentados com base na média dos tratamentos (As barras horizontais refere-se ao intervalo de confiança (IC) $p \leq 0,05$).

3.2.4.8. Teor de ácido ascórbico - AA

O teor de AA não foi influenciado significativamente ($p \leq 0,05$) pelas concentrações de CaCl_2 em pós-colheita (Tabela 6). Um dos fatores que podem explicar a diminuição do teor de ácido ascórbico nos frutos não tratados com CaCl_2 e até mesmo nas menores concentrações de CaCl_2 se deve pelo efeito dos frutos terem entrado em senescência mais cedo do que os frutos tratados com 6% e 8% de CaCl_2 . O amadurecimento e a senescência são fenômenos em que predominam, segundo Chitarra e Chitarra (2005), os processos oxidativos. Nessa fase do desenvolvimento dos frutos, mesmo que estejam ativas enzimas como superperóxido dismutase e catalase, há uma diminuição na eficiência do sistema antioxidante como um todo e no conteúdo de moléculas protetoras como por exemplo o β -caroteno, o α -tocoferol e o ácido ascórbico (Conklin, 2001).

Esses resultados estão em concordância com os publicados por Carvalho e Lima (2002) em que usando o CaCl_2 na pós-colheita de kiwi minimamente

processado não encontraram efeito da aplicação da solução de Ca no teor de AA. Segundo Antonioli et al. (2003), o uso do cloreto de cálcio também não interferiu no teor de AA em abacaxi 'Pérola' minimamente processado.

Diferente do observado no presente trabalho, goiabas 'Cortibel' quando tratadas com cálcio apresentaram diminuição nos teores de AA, justificado pela possível redução na degradação de polissacarídeos da parede celular, relacionados à via de síntese de AA em plantas (Werner et al., 2009; Szarka et al., 2013). Com resultados semelhantes, Torres et al. (2009) também observaram diminuição no teor de AA em atemóia (*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa* L.) e Irfan et al. (2013) observaram o mesmo em figo (*Ficus carica* L.).

TABELA 6 – Teor de ácido ascórbico (mg.100g⁻¹ MF) do mamão UENF/Caliman01 tratado com CaCl₂ e armazenado a 25 °C ± 1°C e 85% ± 5% UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

[CaCl ₂ , % (p/v)]	Teor de ácido ascórbico (mg.100g ⁻¹ MF)					Equação	R ²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)						
	0	3	6	9	12		
0 ⁺	31,63 A	33,38 A	44,27 A	56,46 A	44,27 AB	ŷ= 1,61x+30,72	0,58**
0 ⁺⁺	39,04 A	40,35 A	52,54 A	55,59 A	39,04 AB	ŷ= 0,50x+41,75	0,09 ^{ns}
2	36,86 A	32,07 A	43,40 A	38,60 A	49,06 AB	ŷ= 0,10x+32,78	0,57*
4	32,94 A	33,81 A	43,40 A	57,34 A	43,40 AB	ŷ= 1,48x+31,81	0,51*
6	31,63 A	32,07 A	34,25 A	39,91 A	59,95 A	ŷ= 2,14x+24,52	0,74**
8	32,94 A	39,04 A	35,99 A	49,93 A	59,51 A	ŷ= 2,13x+28,54	0,84**

0⁺ controle I: Frutos sem infiltração com CaCl₂ e sem aplicação de vácuo; **0⁺⁺ controle II:** Frutos infiltrados com H₂O a vácuo de 50 kPa; **2** = Frutos infiltrados com CaCl₂ 2% (p/v) a vácuo de 50kPa; **4** = Frutos infiltrados com CaCl₂ 4% (p/v) a vácuo de 50kPa; **6** = Frutos Frutos infiltrados com CaCl₂ 6% (p/v) a vácuo de 50kPa e **8** = Frutos Frutos infiltrados com CaCl₂ 8% (p/v) a vácuo de 50kPa. As médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si, segundo o Teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ** significativo $p \leq 0,01$, * significativo $p \leq 0,05$ e ^{ns} não significativo ($p \leq 0,05$) pelo teste F.

3.2.5. CONCLUSÃO

A aplicação das soluções de CaCl_2 a 6% e 8% por infiltração a vácuo resultou em melhorias na firmeza do fruto e do mesocarpo, mantendo o mamão UENF/Caliman01 firme por mais tempo.

As soluções de CaCl_2 não foram efetivas para retardar a mudança de cor da casca dos frutos UENF/Caliman01 apresentando uma evolução da mudança do verde para o amarelo conforme os frutos quando não tratados.

A perda de massa dos frutos não foi controlada pela aplicação das soluções de CaCl_2 , que também não interferiu no teor de sólidos solúveis, na acidez titulável, no *ratio* e no teor de ácido ascórbico.

3.3. Efeito da cobertura comestível a base de quitosana e o uso do cálcio na conservação da qualidade do mamão UENF/Caliman01

3.3.1. RESUMO

O mamão UENF/Caliman01 apresenta uma alta suscetibilidade à perda da firmeza durante o período de amadurecimento, caracterizando-se como um fruto altamente perecível e com um curto tempo de vida útil. A fim de aumentar a firmeza e retardar o amadurecimento do mamão UENF/Caliman01, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito do tratamento com cálcio e o uso de coberturas comestíveis a base de quitosana nas características de qualidade do mamão. Foram avaliados a perda de massa fresca (PMF), a cor da casca do fruto, a firmeza do fruto (FF) e do mesocarpo (FM), o teor de sólidos solúveis (SS), a acidez titulável (AT), o teor de ácido ascórbico (AA), a razão SS/AT (*ratio*) e os teores de clorofilas totais e de carotenoides na casca dos frutos. Os frutos quando tratados com CaCl_2 a 6% combinado com quitosana, independente da concentração da cobertura comestível, apresentaram uma menor PMF dos frutos, sendo essa perda menor à medida que aumentaram-se as concentrações de quitosana no filme aplicado na superfície do fruto. Os parâmetros de cor (L , a , b e ângulo *hue*) e o teor dos pigmentos da casca do mamão foram influenciados pelos tratamentos, que mostraram menor velocidade de degradação das clorofilas totais e menor teor de carotenoides nos frutos tratados em comparação ao controle. Os tratamentos com CaCl_2 combinado com as diferentes concentrações

de quitosana influenciaram, também, na FF e na FM. Quanto aos constituintes químicos da polpa como o teor de SS, o teor de AA e o *ratio* não foram influenciados pelos tratamentos e não mudaram com o amadurecimento dos frutos, exceto para a AT que apresentou mudança no 6º DAT.

Palavras-Chave: *Carica papaya* L., coberturas comestíveis, firmeza, e vida útil.

3.3. Effect of the edible coating from Chitosan and the use of calcium in the quality conservation of papaya UENF/Caliman01

3.3.2. ABSTRACT

Papaya UENF/Caliman01 presents a high susceptibility in relation to the loss of firmness during the period of maturity, it is characterized as a fruit highly perishable and with a short time of useful life. In order to increase the firmness and to retard the papaya's UENF/Caliman01 maturity, this work had as objective to evaluate the effect of treatment with calcium and the use of eatable coverage of Chitosan in relation to the characteristics of papaya's quality. It was evaluated the loss of fresh mass (PMF), the color of the fruit's peel, the fruit's firmness (FF) and of the mesocarp (FM), the soluble solid content (SS), titratable acidity (AT), the ascorbic acid content (AA), the SS/AT reason (ratio) and the total chlorophyll content and of the carotenoids on the fruit's peel. The fruit, when treated with CaCl_2 in 6% combined with Chitosan, independent of the eatable coverage concentration, presented a low PMF, being this loss lower in as much as increase the Chitosan's concentration applied on the fruit's surface. The color parameters (L , a , b e hue angle) and the content of papaya's peel pigment were influenced through the treatment, which showed a lower degradation rate of total chlorophyll, and a lower content of carotenoids on the fruit treated in comparison to the control. The treatment with CaCl_2 combined with the different Chitosan's concentration also influenced the FF and the FM. As for the chemical constituents of the pulp as

the SS content, the AA content, and ratio were not influenced by the treatments, and they didn't change with the maturity of the fruit, except for the AT, which presented the change in 6° DAT. .

Keywords: *Carica papaya* L., edible coatings, firmness and shelf life.

3.3.3. INTRODUÇÃO

O mamão é um fruto climatérico, apresentando altas taxas respiratórias, elevada concentração de água, casca fina e ainda polpa sensível e macia, caracterizado por ser altamente susceptível a injúrias e danos fisiológicos e, ou, fitopatológicos, o qual é determinante na redução da vida útil do produto (Chitarra e Chitarra, 2005; Bapat et al., 2010). Segundo Souza et al. (2009), o fruto do mamoeiro apresenta um pico de C_2H_4 e CO_2 por volta do sexto dia após a colheita. Os frutos passam por inúmeras transformações químicas, físicas e bioquímicas durante o seu desenvolvimento, as quais irão determinar a qualidade do produto (Jiménez et al., 2014).

O híbrido UENF/Caliman01 também conhecido como “Calimosa” apresenta casca fina, polpa firme e alaranjada, alto teor de sólidos solúveis com ótima qualidade de mesa (Costa e Pacova, 2003). Todavia, os frutos de mamão têm apresentado uma queda da firmeza muito acentuada apresentando um rápido amolecimento, comprometendo a vida útil do produto, dificultando o transporte e aumentando o índice de podridão, devido a processos resultantes da intensa atividade respiratória e enzimática. Toda ação que vise prolongar a vida-útil dos frutos após a colheita deve atentar para o controle destes dois processos (Paull et al., 1997).

A atmosfera modificada (AM), seja na forma exclusiva ou combinada com outros métodos de preservação pós-colheita como a adição do cálcio e compostos antimicrobianos, tem sido cada vez mais utilizada e ganhando

destaque na fisiologia pós-colheita (Scalon et al., 2002; Junior-Oliveira et al., 2007; Al Eryani-Raqeeb et al., 2008; Fernandes et al., 2010). A AM pode ser obtida pela substituição do ar, no interior da embalagem, por uma mistura de gases como O₂, CO₂ e N₂ ao redor do produto (Mantilla et al., 2010). Essas embalagens podem ser convencionais como as de cloreto de polivinila (PVC) ou de poliestireno ou biodegradáveis como as ceras, fécula de mandioca e a quitosana (Junior-Oliveira et al., 2007; Pereira et al., 2006; Ali et al., 2011; Leceta et al., 2013).

A quitosana, quando dissolvida em meio ácido, aplicada sobre a superfície dos frutos e deixada evaporar forma uma membrana semipermeável que tem sido amplamente utilizada na proteção de frutos perecíveis contra a desidratação, redução da respiração, manutenção da firmeza e coloração (Bautista-Baños et al., 2006; No et al., 2007; Abbasi et al., 2009). Diversos mecanismos estão envolvidos no aumento da conservação de frutos e hortaliças por meio do cobrimento com coberturas comestíveis. Esses incluem a diminuição na perda de água e o controle das trocas gasosas de CO₂, O₂ e C₂H₄, resultando em menor taxa respiratória, além da prevenção contra danos mecânicos gerados durante o manuseio do produto e os ataques de fungos. Tais mecanismos têm sido observados em morangos (Del-Valle et al., 2005; Velickova et al., 2013) e mamão (Hewajulige et al., 2005; Bautista-Baños et al., 2013). Dentre as inúmeras vantagens do uso de coberturas comestíveis, a mesma pode ainda ser considerada comestível e segura a saúde (Hirano et al., 1990), tornando uma boa opção a ser investigada para estender a vida de prateleira do mamão UENF/Caliman01.

A quitosana é um aminopolissacarídeo modificado, carboidrato polimérico natural obtido da desacetilação da quitina [poly-β-(1-4)-N-acetyl-D-glicosamina, encontrada naturalmente em carapaças de crustáceos, camarão, bem como em exoesqueleto de insetos, classificado como o segundo biopolímero mais abundante na natureza, perdendo apenas para a celulose (Cerqueira et al., 2011; Abdulkarim et al., 2013). A quitosana tem sido amplamente utilizada em diversos campos que vão desde a gestão de resíduos de processamentos de alimentos, medicina, biotecnologia e ainda agricultura por exemplo, na fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças (Ali et al., 2011; Cerqueira et al., 2011).

O íon Ca^{+2} é responsável por inúmeras funções na fisiologia da célula vegetal. Segundo Yang e Poovaiah (2003) e Reddy e Reddy (2004), o Ca^{+2} é um importante mensageiro intercelular, mediando respostas aos hormônios, estresses bióticos e abióticos em uma série de processos do desenvolvimento. Além disso, ele desempenha um papel essencial na manutenção estrutural de membranas e parede celular vegetal. O Ca^{+2} atua ligando grupos carboxílicos livres presentes nas cadeias de ácido poligalacturônico, presentes na lamela média da parede celular vegetal, favorecendo a ligação de uma parede a outra, contribuindo para a adesão das células (Kittermann et al., 2010). Em frutos como o mamão, o cálcio mantém a estrutura da célula pela interação de ácidos pécnicos presentes na parede celular com pectato de cálcio, além de formar ligações covalentes carregadas com poligalacturononas conferindo firmeza ao fruto (Lara et al., 2004; Yamamoto et al., 2011).

O CaCl_2 tem sido amplamente utilizado como agente de manutenção e preservação em frutos e vegetais (Al-Eryani-Raqeeb et al., 2008). Segundo Chardonnet et al. (2003), tem-se encontrado efeitos positivos do CaCl_2 em termos de aumento da firmeza de frutos e diminuição das perdas em pós-colheita em maçã. Tratamentos em pós-colheita com cálcio também tiveram efeitos significativos no controle de inúmeras desordens fisiológicas, diminuindo a incidência de fungos patogênicos e permitindo a manutenção da firmeza dos frutos (Bakshi et al., 2005).

O tratamento com CaCl_2 em pós-colheita de frutos e vegetais pode ser por imersão, spray ou infiltração a vácuo, podendo ser combinado com outros tratamentos, como o uso de quitosana e baixa temperatura (Garcia et al., 1996; Hernández-Muñoz et al., 2008). A infiltração a vácuo consiste na penetração da solução nos espaços intracelulares por capilaridade e pelo gradiente de pressão gerado quando o ar é expulso para fora dos tecidos após a aplicação do vácuo e restauração da condição atmosférica (Valero e Serrano, 2010).

3.3.4. MATERIAL E MÉTODOS

3.3.4.1. Material Vegetal

Foram utilizados frutos do mamoeiro híbrido UENF/Caliman01 no estágio zero de amadurecimento (100% da casca verde) (Ritzinger e Souza, 2000). Os frutos foram provenientes dos pomares comerciais em plena produção de inverno (Junho de 2013), pertencentes à empresa Caliman Agrícola S/A situada no município de Linhares, ES, de coordenadas geográficas, 19°10'S; 39°50'W e altitude de 30 m. A região produtora apresenta temperaturas máximas entre 30°C e 32°C e mínimas entre 15°C e 18°C (Berilli et al., 2007; Souza et al., 2009).

Após a colheita e lavagem dos frutos no packing house, os mesmos foram transportados à temperatura de 14°C para a unidade de Bioquímica e Fisiologia Pós-colheita do Setor de Fisiologia Vegetal/LMGV na UENF em Campos dos Goytacazes – RJ, a cerca de 6 horas do local de colheita. No laboratório, os frutos foram sanitizados em solução de hipoclorito de sódio, 100 mL L⁻¹ por 5 min, seguido de lavagem em água deionizada. Após a sanitização, os frutos foram depositados em bancadas para a secagem com auxílio de papel toalha. Os frutos receberam os tratamentos com infiltração de solução de CaCl₂ na concentração de 6% a vácuo sob tensão de 50 kPa, seguido pela imersão nas soluções de

quitosana e levados para secagem em condições ambiente a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR $85\% \pm 5\%$. A escolha da solução de CaCl_2 a 6% (p/v) se deveu aos resultados positivos obtidos com esse tratamento, conforme detalhado no Capítulo I.

3.3.4.2. Aplicação da solução de cloreto de cálcio

Foi preparado soluções de cloreto de cálcio dihidratado ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Sigma-Aldrich) com peso molecular de 147,014 g/mol na concentração de 6% (p/v) aplicados pelo método de infiltração a vácuo.

A aplicação das soluções de CaCl_2 por infiltração a vácuo consistiu na imersão dos frutos em solução contida em béquer, o qual foi colocado no dessecador acoplado a uma bomba de vácuo. Fez-se vácuo a 50 kPa por cerca de 1 minuto, de modo que não houvesse mais saída de bolhas de ar, tanto da solução quanto do fruto. Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram depositados em bancadas e secados com papel toalha seguidos pela aplicação por imersão dos frutos nas soluções de quitosana nas concentrações de 0,5%; 1,0% e 2,0% (p/v). Após submissão dos tratamentos os frutos foram acondicionados em câmaras com controle de temperatura ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa ($85\% \pm 5\%$) com um déficit de pressão de vapor do ar (DPV_{ar}) de 0,475 kPa. Os frutos foram avaliados a cada 3 dias quanto à perda de massa fresca (PMF), à coloração da casca por meio dos parâmetros CIELAB como a luminosidade (L), a coordenada de cromaticidade a (a), a coordenada de cromaticidade b (b) e o ângulo de cor hue (H), a firmeza do fruto (FF) e do mesocarpo (FM), a teor de sólidos solúveis (SS), a acidez titulável (AT), a razão SS/AT (*ratio*), a teor de ácido ascórbico (AA) e os teores das clorofilas totais (Clo) e dos carotenoides (CT). Todo o experimento foi conduzido com três repetições, sendo a unidade amostral composta por um fruto.

3.3.4.3. Preparação das soluções e aplicação das coberturas comestíveis

Para promover a AM foi utilizado quitosana (Sigma-Aldrich, USA) de peso molecular médio, com pureza de 99,5% e 75-85% de desacetilação. Foram preparadas soluções de quitosana nas concentrações de 0,5%, 1,0% e 2,0% (p/v) contendo 0,5 mL (v/v) de ácido acético glacial (Sigma-Aldrich, USA). A solução foi agitada durante 12 horas, sendo controlado o pH na faixa de 5,6 - 5,8 com o próprio ácido acético glacial. Às soluções de quitosana de 0,5%, 1,0% e 1,5% (p/v) foram adicionados com pisseta volumétrica, 0,2 mL, 0,6 mL e 1,0 mL de Tween-20, respectivamente, como agente tensoativo conforme Ziani et al. (2008).

Após as soluções preparadas, os frutos foram imersos por 1 minuto e em seguida retirados para o escoamento do excesso de solução por 30 segundos e armazenados em câmara a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR $80 \pm 5\%$ com déficit de pressão de vapor do ar (DPV_{ar}) de 0,475 KPa. Após a aplicação dos tratamentos os frutos foram avaliados caracterizando o tempo 0 dia após aplicação dos tratamentos (0DAT), seguindo-se avaliações a cada 3 dias em um total de 12 dias de ensaio, de acordo com os atributos físicos e químicos listados anteriormente, seguindo metodologias descritas a seguir.

3.3.4.4. Perda de massa fresca - PMF

A PMF dos frutos foi obtida a partir do acompanhamento dos pesos dos frutos desde a implantação do experimento até o último dia de armazenamento. Os frutos foram pesados em balança semianalítica avaliando sempre os mesmos frutos e os resultados foram expressos em porcentagem de massa fresca perdida por meio da expressão:

$$\text{PMF (\%)} = [(P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}) / P_{\text{inicial}}] \times 100.$$

3.3.4.5. Determinação da coloração da casca

A coloração da casca do mamão UENF/Caliman01 foi avaliada com colorímetro (Minolta, modelo CR-300), usando o espaço de cor CIELAB amostrando em três pontos equidistantes na região equatorial do fruto. Obteve-se

assim as coordenadas de luminosidade (*L*), cromaticidade (*a* e *b*) e ângulo de cor *hue* (*H*) (McGuire, 1992).

3.3.4.6. Firmeza do fruto e mesocarpo – FF e FM

A FF e FM foram determinadas utilizando um penetrômetro digital de bancada (Fruit Pressure Tester, modelo 53205, TR, Italy) com ponta de prova de 8,0 mm, sendo os resultados expressos em Newton. Foram realizadas quatro medições em pontos equidistantes na região equatorial do fruto. As medidas de FF foram feitas diretamente sobre o fruto, sem retirada de casca.

Para a determinação da FM, o fruto foi dividido ao meio, no sentido transversal ao seu eixo, resultando em duas faces. A medida da FM foi feita diretamente sobre a polpa de cada face do fruto, em quatro pontos equidistantes, sendo os resultados expressos em Newton.

3.3.4.7. Teor de sólidos solúveis - SS

O teor de SS foi determinado a partir da extração de duas gotas de suco de uma amostra da polpa na região mediana do fruto. O suco foi extraído por prensa manual e depositado diretamente sobre o prisma de um refratômetro digital (ATAGO, modelo PR 201) e os resultados expressos em °Brix.

3.3.4.8. Acidez titulável - AT

A AT foi determinada por titulometria com NaOH 0,1N seguindo a metodologia descrita pelo método 22.058 descrito pela Associação Oficial de Químicos Analíticos (*Association of Official Agricultural Chemistry* - AOAC) (AOAC, 1992). Foram retirados 10 g de polpa do mamão que adicionado a 50 mL de água destilada foram homogeneizados (Turratéc TE 102, Tecnal, Brasil) por 30 s. O homogenato foi titulado com NaOH a 0,1N, utilizando um pHgâmetro de bancada (Hanna, pH 21 mv meter). Todas as medições foram tomadas em duplicata para cada fruto, dentro de cada repetição.

Em função da polpa do mamão possuir coloração vermelha rosada que interfere na identificação da cor rósea apresentada pela viragem da fenolftaleína, foi utilizado o valor de pH 8,2.

Para a determinação da AT foi utilizado a fórmula:

$$AT (\% \text{ ácido cítrico}) = [(V \cdot FC \cdot P' \cdot 10) / P]$$

Onde: V = volume (mL) gasto de NaOH 0,1N;

FC = fator de correção do NaOH:

P' = miliequivalência do ácido cítrico (0,064) e

P = peso (g) da polpa do mamão.

3.3.4.9. Razão SS/AT – *ratio*

O *ratio* foi obtido pela razão SS/AT. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o *ratio* é uma das formas mais utilizadas para avaliação do sabor de frutos, sendo inclusive, mais representativa que a média isolada de açúcares e, ou, acidez, pois representa melhor o equilíbrio entre as duas variáveis. É uma unidade adimensional, com grande importância na pós-colheita e caracterização da qualidade de frutos, sendo também um indicador de maturidade, sendo um forte indicador de qualidade.

3.3.4.10. Teor de ácido ascórbico - AA

A determinação do teor de AA foi realizada em amostras de polpa do mamão por titulometria conforme método descrito pela Associação Oficial de Químicos Analíticos (Association of Official Analytical Chemists - AOAC) (AOAC, 1984). Utilizaram-se soluções de AA (Sigma-Aldrich, USA) de concentrações conhecidas para o preparo da curva padrão.

Foi utilizado 1 g de polpa macerada em cadinho contendo 9 mL de ácido oxálico a 1% (p/v) diluído em ácido acético e filtrado em papel de filtro qualitativo com porosidade de 3 µm. Dessa mistura foram retirados 2 mL e transferidos para um erlenmeyer onde foram adicionados 5 mL de ácido oxálico a 1% (p/v). Todo o procedimento foi realizado em banho de gelo e abrigado da luz.

O conteúdo do erlenmeyer foi titulado com 2,6-dicloroindofenol (2,6-DCIP) até que a solução mantivesse a coloração “rosa pink” por alguns segundos. A titulação foi feita em duplicata para cada unidade experimental. O volume gasto com o 2,6-DCIP em cada amostra foi utilizado para a determinação da concentração de AA, a partir da curva padrão previamente estabelecida. Os resultados foram expressos em mg^{-1} de AA.100g⁻¹ de massa fresca (MF).

3.3.4.11. Conteúdo de pigmentos da casca

Para a determinação do conteúdo de pigmentos cloroplastídicos da casca, foi retirada uma amostra da casca de 2,54 cm² com um furador-de-rolha. O tecido foi fracionado em tiras finas de cerca de 1 mm, após a retirada de toda a polpa, seguiu-se a imersão dos fragmentos em 5 mL de DMSO (dimetilsulfóxido) saturado com CaCO₃ para a extração dos pigmentos, conforme método descrito por Hiscox e Israelstam (1979). Após 24 horas em repouso a 60°C, o extrato de pigmentos foi lido em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 480 nm, 649nm e 665 nm para avaliar o teor de carotenóides, clorofila *b* e clorofila *a*, respectivamente. O teor dos pigmentos foi obtido de acordo com as equações propostas por Wellburn (1994), sendo o teor de clorofila total (Clo) obtido pela soma dos teores de clorofila *a* e clorofila *b*, os resultados expressos em $\mu\text{mol m}^{-2}$.

3.3.4.5. Análise estatística

O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado sob esquema fatorial (6x5) representado em seis diferentes tratamentos descritos como: 1) **Controle I:** Frutos imersos em água; 2) **Controle II:** Frutos imersos em solução de CaCl₂ 6% sob pressão atmosférica; 3) **Controle III:** Frutos imersos em solução de CaCl₂ 6% sob vácuo de 50kPa; 4) solução de **CaCl₂ 6%** sob vácuo de 50kPa + **quitosana (QPA) 0,5%**CaCl₂; 5) **CaCl₂ 6%** sob vácuo 50kPa + **QPA 1,0%** e 6) **CaCl₂ 6%** sob vácuo 50kPa + **QPA 2,0%**. Após a aplicação dos tratamentos os frutos foram avaliados a cada 3 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), caracterizando 5 diferentes tempos de armazenamento (0, 3,

6, 9 e 12 dias) com três repetições de cada tratamento, totalizando 90 frutos, sendo que cada fruto foi tratado como uma unidade experimental.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade por meio dos parâmetros de Lilliefors, Cochran e Bartlett ($p \leq 0,05$), respectivamente. Não havendo restrições os dados foram submetidos à análise da variância ($p \leq 0,05$). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Em relação ao tempo após a aplicação dos tratamentos, as variáveis foram estudadas por análise da variância da regressão ($p \leq 0,05$) e o ajustamento de curvas caracterizadas pelos coeficientes de determinação (R^2). O grau de aderência dos coeficientes angulares das equações estimadas foi confirmado por meio da estatística t de Student ($p \leq 0,05$). Os dados foram analisados utilizando o software Saeg - Sistema para Análises Estatísticas (2007), versão 9.1UFV, Viçosa, MG.

3.3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.5.1. Perda de massa fresca - PMF

A PMF foi influenciada significativamente ($p \leq 0,05$) pelos tratamentos e de modo geral, aumentou ao longo dos dias após a aplicação dos tratamentos, seguindo uma tendência significativa ($p \leq 0,05$) linear (Tabela 7). Os frutos UENF/Caliman01 quando tratados com CaCl_2 isoladamente (controle II e III), tanto sob imersão ou vácuo, respectivamente. Esses resultados confirmam o observado no capítulo I, onde foi verificado que, independente das concentrações e da forma de aplicação, o CaCl_2 não tem efeito na diminuição da perda de massa fresca dos frutos. Quando os frutos foram tratados com CaCl_2 e posteriormente cobertos com revestimento de quitosana, porém, apresentaram menor PMF, diferindo dos controles em todos os períodos de avaliação, exceto para frutos tratados com CaCl_2 combinado com quitosana na concentração de 0,5% (Tabela 7).

A PMF dos frutos não tratados (controle I) apresentou um incremento diário médio de 0,27%, isso equivale a 3 g de massa fresca de mamão sendo perdida diariamente, totalizando ao fim do ensaio (12 dias) uma PMF média de 36 g, enquanto que nos frutos tratados com CaCl_2 combinado com QPA 2,0% o incremento diário médio na PMF foi de 0,16%, o que significa a perda diária média de 1,66 g. Os resultados indicam, portanto que mamões UENF/Caliman01 quando tratados com CaCl_2 + QPA 2,0% reduziram pela metade a PMF em relação aos frutos não tratados. Segundo Chien et al. (2013), a PMF dos frutos

está intimamente ligada à perda de qualidade dos mesmos, ocorrendo alterações na aparência e, conseqüentemente, diminuição na aceitabilidade do produto.

Corroborando com o presente trabalho, estudos por Al Eryani-Raqeeb et al. (2008) verificaram que o uso de CaCl_2 combinado com quitosana reduziu a PMF do mamão cv. Eksotika, conservando-os por um tempo maior. Esses resultados são explicados pelo fato de que a adição do cálcio no interior dos frutos via infiltração a vácuo pode aumentar a firmeza do fruto e por consequência a resistência da saída da molécula de água para a atmosfera, além de contribuir também com a estabilização da membrana plasmática.

Segundo Poovaiah (1986), a deficiência de cálcio nos tecidos além de causar alterações estruturais na parede celular e conseqüentemente decréscimo na rigidez do mesmo, pode também, se estiver em baixos níveis ou ausente no tecido, aumentar a microviscosidade das membranas, alterando assim a permeabilidade da mesma, causando desordens fisiológicas e facilitando a perda de água. Adicionalmente à ação da inclusão de cálcio no tecido, a barreira formada pelo filme dificulta a perda de água por transpiração, assim, resultando em uma diminuição da difusividade do vapor de água através do filme reduzindo a perda de massa (Poovaiah, 1986; Al Eryani-Raqeeb et al., 2008).

Resultados similares com relação à redução da PMF também foram observados por Mei e Zhao (2003), que utilizaram caseinato de cálcio combinado com quitosana em mamão 'Eksotika II' e observaram que quando os frutos eram tratados com caseinato de cálcio associado a concentrações crescentes de quitosana, verificaram redução na PMF (Ali et al., 2011).

O uso apenas de revestimento a base de quitosana, em diferentes concentrações, em frutos de morango resultou em efeito significativo na diminuição da PMF (Velickova et al., 2013).

TABELA 7 – Perda de massa fresca (%) do mamão UENF/Caliman01 tratado com CaCl_2 em combinação com revestimento de quitosana e armazenado a $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e $85\% \pm 5\%$ UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

Tratamentos	Perda de massa fresca (%)						Equação	R²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)							
	0	3	6	9	12			
Controle I	0,00 A	0,73 A	1,52 A	2,72 A	3,39 A		y=0,27x-0,081	0,99**
Controle II	0,00 A	0,70 A	1,44 A	2,11 A	3,27 A		y=0,23x-0,032	1,00**
Controle III	0,00 A	0,68 A	1,36 A	2,05 A	2,89 AB		y=0,26x-0,088	0,99**
CaCl₂ + 0,5%QPA	0,00 A	0,61 A	1,31 AB	1,96 AB	2,70 BC		y=0,22x-0,033	1,00**
CaCl₂ + 1,0%QPA	0,00 A	0,49 B	1,01 B	1,78 AB	2,25 CD		y=0,19x-0,049	0,99**
CaCl₂ + 2,0%QPA	0,00 A	0,39 B	0,83 B	1,46 B	1,95 D		y=0,16x-0,066	0,99**

Controle I: Frutos imersos em água; **Controle II:** Frutos imersos em solução de CaCl_2 6% sob pressão atmosférica e **Controle III:** Frutos imersos em solução de CaCl_2 6% sob vácuo de 50kPa. **QPA** = Quitosana. As médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si conforme o teste Tukey (GL=60; $p \leq 0,05$). Para cada tratamento foi realizada análise de regressão onde ** regressão significativo ($p \leq 0,01$) pelo teste F.

3.5.5.2. Determinação da coloração da casca

Os frutos foram selecionados pela coloração apresentando no início do ensaio (0DAT) uma coloração uniforme, verde escuro (Figura 8), com valores médios de L de 37,77, a = -12,66, b = 19,72 e H de $123,10^\circ\text{h}$ (Tabela 8).

A cor da casca dos frutos expressa no espaço CIELAB foi influenciada significativamente ($p \leq 0,05$) pelos tratamentos. De modo geral, os valores de L , a e b aumentaram durante o período de armazenamento (com o amadurecimento dos frutos), enquanto que, o H diminuiu. A tendência verificada para a variação em todos os parâmetros de cor, em função do tempo de armazenamento, que melhor ($p \leq 0,05$) se ajustou foi o modelo linear de regressão (Tabela 8).

Tratamentos	Dias após aplicação dos tratamentos (DAT)				
	0	3	6	9	12
Controle I					
Controle II					
Controle III					
6% CaCl ₂ + 0,5% QPA					
6% CaCl ₂ + 1,0% QPA					
6% CaCl ₂ + 2,0% QPA					

FIGURA 8 – Painel demonstrativo da mudança da cor da casca do mamão UENF/Caliman01 submetido aos tratamentos com CaCl₂ e combinação do CaCl₂ com quitosana em função dos dias após a aplicação dos tratamentos. Controle I: frutos não tratados, controle II: frutos imersos em solução CaCl₂ 6% (p/v) sob pressão atmosférica e controle III: frutos imersos em solução CaCl₂ 6% (p/v) sob vácuo.

No primeiro dia de avaliação, todos os parâmetros de cor de todos os tratamentos não diferiram entre si, caracterizando a homogeneidade das amostras quanto ao estágio de amadurecimento dos frutos. A luminosidade da casca no 3º DAT foi menor nos frutos tratados com CaCl_2 + QPA 1,0% e CaCl_2 + QPA 2,0%, que não diferiram entre si. Para os demais tratamentos, o valor de L não diferiu significativamente entre si (Tabela 8). Ainda no 3º DAT, os valores de cromaticidade a nos frutos tratados com CaCl_2 + QPA 1,0% e CaCl_2 + QPA 2,0% foram menores ($p \leq 0,05$), o que significa que os frutos permaneceram mais verdes, quando comparados com os demais tratamentos que não diferiram entre si (Tabela 8). Quanto à cromaticidade b não houve efeito dos tratamentos no 3º DAT (Tabela 8), o que significa que os tratamentos não alteraram o aparecimento da cor amarelada da casca dos frutos.

À medida que os frutos amadureciam era possível observar que aqueles tratados com cálcio, isoladamente, apresentavam pequena variação nos parâmetros de cor, que muitas vezes não diferiu do controle I (frutos imersos em água). Entretanto, com a presença do revestimento a base de quitosana, esse efeito foi mais evidente, apresentando menor variação dos parâmetros durante o período de armazenamento, além de apresentar valores mais próximos do primeiro dia de avaliação. Como pode ser verificado no 9º DAT, quando se observa que a luminosidade do fruto tratado com CaCl_2 + QPA 1,0% e CaCl_2 + QPA 2,0% diferiu dos demais tratamentos, com menor valor de L , o que significa frutos com menor brilho, mais escuros. A perda do verde também foi menor nos frutos revestidos com quitosana após a infiltração com solução de CaCl_2 , diferindo do controle I e II, os quais apresentaram maiores valores de a . O ângulo H também foi maior para os frutos revestidos com quitosana após a infiltração com solução de CaCl_2 , diferindo dos controles I, II e III, sendo que o tratamento com CaCl_2 + QPA 0,5% não diferiu dos controles.

O atraso na mudança de cor na casca do mamão UENF/Caliman01 quando tratado com cálcio e quitosana, pode ser justificado pelo uso da atmosfera modificada gerada pela cobertura comestível a base de quitosana, o qual inibiu o amadurecimento do fruto, resultando em uma menor mudança na cor da casca dos frutos. Essa inibição no amadurecimento do fruto pode estar ligada à diminuição do processo respiratório e menor síntese de etileno devido à menor difusão de O_2 através do revestimento biodegradável, com efeito na atividade

mitocondrial e na via de síntese do hormônio e, portanto, retardando o amadurecimento e a senescência do fruto (Watkins, 2000; Caleb et al., 2013).

TABELA 8 – Parâmetros de cor *L*, *a*, *b* e *H* (°h) da casca do mamão UENF/Caliman01 tratado com cálcio em combinação com revestimento de quitosana e armazenado a 25 °C ± 1°C e 85% ± 5% UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

Tratamentos	Luminosidade (<i>L</i>) da casca (%)					Equação	R ²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)						
	0	3	6	9	12		
Controle I	37,39A	57,11A	60,44A	61,60A	70,16A	y=2,33x+43,34	0,83**
Controle II	36,61A	52,93A	56,86A	64,73A	74,36A	y=2,91x+39,64	0,96**
Controle III	37,69A	51,17A	55,46AB	63,90A	73,97A	y=2,84x+39,38	0,98**
CaCl ₂ + 0,5%QPA	38,92A	52,97A	54,67AB	64,75A	69,31AB	y=2,41x+41,62	0,95**
CaCl ₂ + 1,0%QPA	39,06A	40,72 B	49,30 B	56,88 B	62,64 B	y=2,17x+37,06	0,96**
CaCl ₂ + 2,0%QPA	36,96A	36,90 B	39,87 C	51,90 B	67,25AB	y=2,51x+31,46	0,83**

Tratamentos	Cromaticidade <i>a</i> da casca					Equação	R ²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)						
	0	3	6	9	12		
Controle I	-12,70A	- 7,75A	6,96A	8,99A	15,26A	y=2,42x-12,38	0,94**
Controle II	-11,66A	- 7,52A	3,18A	9,40A	15,61A	y=2,38x-12,49	0,98**
Controle III	-12,69A	- 9,42A	1,06A	12,11A	13,06AB	y=2,43x-13,78	0,95**
CaCl ₂ + 0,5%QPA	-13,65A	- 6,31A	1,97A	12,57A	5,19 BC	y=1,88x-11,35	0,77**
CaCl ₂ + 1,0%QPA	-12,73A	-12,32 B	-11,00 B	-3,92 B	-1,19 C	y=1,04x-14,53	0,88**
CaCl ₂ + 2,0%QPA	-12,54A	-11,74 B	-12,95 B	-8,33 B	0,86 C	y=1,01x-14,98	0,70**

Tratamentos	Cromaticidade <i>b</i> da casca					Equação	R ²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)						
	0	3	6	9	12		
Controle I	18,56A	47,58A	55,12A	57,08A	62,37AB	y=3,23x+28,72	0,78**
Controle II	19,02A	41,68A	50,66A	60,53A	67,61A	y=3,86x+24,69	0,94**
Controle III	19,37A	39,01A	50,26A	60,70A	60,82AB	y=3,48x+25,11	0,90**
CaCl ₂ + 0,5%QPA	22,60A	42,27A	50,14A	60,93A	58,87AB	y=8,05x+28,40	0,86**
CaCl ₂ + 1,0%QPA	20,72A	23,43 B	35,92 B	50,39 BC	49,14 C	y=2,79x+19,16	0,91**
CaCl ₂ + 2,0%QPA	18,07A	18,56 B	22,56 C	43,93 C	57,01BC	y=3,44x+11,38	0,87**

Tratamentos	Ângulo de cor <i>hue</i> (H) da casca (°h)					Equação	R²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)						
	0	3	6	9	12		
Controle I	124,43A	99,26 B	82,78 C	81,36 B	76,30 B	y=-3,80x+115,66	0,84**
Controle II	121,93A	101,96 B	86,70 C	81,10 B	77,06 B	y=-0,36x+115,87	0,91**
Controle III	123,86A	103,56 B	88,83 C	78,83 B	78,00 B	y=-3,88x+117,91	0,91**
CaCl ₂ + 0,5%QPA	121,93A	99,23 B	88,16 C	78,40 B	85,40AB	y=-3,13x+113,40	0,76**
CaCl ₂ + 1,0%QPA	121,63A	118,26A	107,46 B	94,53A	91,60A	y=-2,79x+123,46	0,96**
CaCl ₂ + 2,0%QPA	124,83A	122,83A	120,33A	100,40A	89,16A	y=-3.12x+130,22	0,88**

Controle I: Frutos imersos em água; **Controle II:** Frutos imersos em solução de CaCl₂ 6% sob pressão atmosférica e **Controle III:** Frutos imersos em solução de CaCl₂ 6% sob vácuo de 50kPa. **QPA** = Quitosana. As médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si conforme o teste Tukey (GL=60; $p \leq 0,05$). Para cada tratamento foi realizado análise de regressão onde ** significativo ($p \leq 0,01$) pelo teste F.

3.5.5.3. Firmeza do fruto e do mesocarpo – FF e FM

A textura é um importante atributo de qualidade do fruto, sendo bastante influenciada pelo tempo de pós-colheita e pelos processos envolvidos no amadurecimento. A FF e a FM do mamão UENF/Caliman01, de modo geral, diminuíram durante o armazenamento. Os tratamentos influenciaram significativamente ($p \leq 0,05$) na perda de FF e FM, seguindo uma tendência que melhor ($p \leq 0,05$) se ajustou ao modelo quadrático de regressão (Tabela 9).

No primeiro dia de avaliação, tanto a FF, quanto a FM, não diferiram entre os tratamentos, o que significa uma amostra homogênea dos frutos utilizados nesse trabalho, quanto ao estágio de amadurecimento dos mesmos. A diferença entre os tratamentos pode ser observada a partir do 3º DAT. Nessa mesma época, a FF e a FM foram maiores para os frutos tratados com 6% CaCl₂ + 1,0% QPA e 2,0% QPA, não diferindo entre si. Em relação ao 0 DAT para o 3º DAT a FF reduziu cerca de 20% comparado àquela registrada no início do ensaio, enquanto que, no controle I (frutos não tratados) a perda de FF foi de 85%. O mesmo foi verificado em relação à FM, onde o controle I perdeu 90% da FM, contra 35% verificado nos frutos tratados com CaCl₂ + QPA 2,0%, caracterizando o efeito positivo da presença do CaCl₂ combinada com quitosana na manutenção da FF e FM (Tabela 9).

No 6° DAT, a FF do controle II e controle III não diferiu em relação àquele registrado para os tratamentos com CaCl_2 + QPA 0,5% e CaCl_2 + QPA 1,0%. Esses resultados comprovam que frutos tratados com cálcio, isoladamente, apresentam efeito significativo na manutenção da FF, o que se torna mais evidente quanto mais maduro estiver o fruto, sendo verificado esse efeito até o 12° DAT. Também se destaca que a presença da quitosana associada ao cálcio, promoveu uma melhor manutenção da FF até o 12° DAT (Tabela 9).

Os frutos tratados apenas com CaCl_2 (controle II e III) não apresentaram efeito significativo ($p \leq 0,05$) na FM, não diferindo do tratamento controle I, em todos os tempos de avaliação. Nas avaliações feitas no 9° DAT e 12° DAT, não foi observado mais efeito dos tratamentos entre esses dois tempos de avaliação (Tabela 9).

Conforme observado no presente trabalho, outros resultados puderam ser observados que o uso combinado do cálcio com quitosana pode ser efetivo, como observado por Al Eryani-Raqeeb et al. (2008), que verificaram que o tratamento do mamão cv. Eksotika II com quitosana foi efetivo na manutenção da FM. Ainda segundo esses autores, a combinação da quitosana com o cálcio apresentava efeito sinérgico, aumentando ainda mais a manutenção da FM.

Dávila-Aviña et al. (2011) investigaram o efeito da quitosana na qualidade do tomate e verificaram que os frutos apresentavam maior firmeza quando cobertos pela cobertura comestível. Estes resultados mostraram que os revestimentos comestíveis e o cálcio podem diminuir a perda de umidade dos frutos, controlando, assim a integridade e textura dos frutos de mamão. Diante disso, é possível dizer que a interação do cálcio com os ácidos pécnicos presentes na parede celular formando pectato de cálcio é fundamental na manutenção da textura dos frutos (Rolle e Chism, 1987).

TABELA 9 – Firmeza do fruto e do mesocarpo (N) do mamão UENF/Caliman01 tratado com cálcio em combinação com revestimento de quitosana e armazenado a 25 °C ± 1°C e 85% ± 5% UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

Tratamentos	Firmeza do fruto (N)										Equação	R ²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)											
	0	3	6	9	12							
Controle I	135,70A	19,53 C	6,89 C	4,74 C	3,39 C	y=1,90x ² -32,18x+124,25					0,91**	
Controle II	137,02A	23,41 C	12,08 B	6,71 C	7,47 B	y=1,86x ² -31,54x+126,03					0,92**	
Controle III	136,00A	27,90 C	14,04 B	12,65 B	6,78 B	y=1,72x ² -29,78x+125,20					0,91**	
CaCl ₂ + 0,5%QPA	125,13A	24,95 C	12,58 B	12,59 B	12,97A	y=1,69x ² -28,22x+115,48					0,92**	
CaCl ₂ + 1,0%QPA	123,79A	50,07 B	24,29 B	23,05A	11,73A	y=1,18x ² -22,59x+118,12					0,96**	
CaCl ₂ + 2,0%QPA	131,61A	106,03A	52,64A	23,24A	17,25A	y=0,42x ² -16,44x+138,05					0,97**	

Tratamentos	Firmeza do mesocarpo (N)										Equação	R ²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)											
	0	3	6	9	12							
Controle I	89,52A	6,06 C	4,20 B	1,99A	1,48A	y=1,31x ² -21,77x+80,33					0,88**	
Controle II	81,54A	8,45 BC	2,85 B	2,09A	2,27A	y=1,20x ² -19,91x+74,04					0,90**	
Controle III	89,59A	9,50 BC	4,30 B	3,67A	1,98A	y=1,28x ² -21,40x+81,07					0,91**	
CaCl ₂ + 0,5%QPA	85,98A	18,76 B	4,03 B	2,57A	3,41A	y=1,18x ² -20,26x+80,55					0,95**	
CaCl ₂ + 1,0%QPA	85,86A	24,77 B	10,62A	8,38A	4,52A	y=1,00x ² -18,00x+80,70					0,95**	
CaCl ₂ + 2,0%QPA	89,52A	6,06 C	4,20 B	1,99A	1,48A	y=1,31x ² -21,77x+80,33					0,88**	

Controle I: Frutos imersos em água; **Controle II:** Frutos imersos em solução de CaCl₂ 6% sob pressão atmosférica e **Controle III:** Frutos imersos em solução de CaCl₂ 6% sob vácuo de 50kPa. **QPA** = Quitosana. As médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si conforme o teste Tukey (GL=60; $p \leq 0,05$). Na linha foi realizada análise de regressão onde ** significativo ($p \leq 0,01$) pelo teste F.

3.5.5.4. Características químicas do mamão UENF/Caliman01

3.5.5.4.1. Teor de sólidos solúveis - SS

O teor de SS no mamão UENF/Caliman01 não foi influenciado pelos tratamentos ($p \leq 0,05$) e ao longo dos dias após a aplicação o processo de amadurecimento dos frutos não influenciou no conteúdo dos sólidos solúveis, apresentando pequenas variações com média geral de 10,8 °Brix (Tabela 10).

O mamão por não acumular quantidades significativas de amido na polpa para ser hidrolisado durante o amadurecimento pela respiração apresenta pouca variação no teor de sólidos solúveis após a colheita dos frutos (Bron e Jacomino, 2006). Diferentemente dos resultados encontrados no presente trabalho, no mamão 'Eksoitika II' o uso do cálcio combinado com quitosana retardou o processo de amadurecimento dos frutos, resultando em um menor conteúdo de sólidos solúveis da polpa do fruto (Al Eryani-Raqeeb et al., 2008) dado pela menor taxa respiratória e diminuição nas mudanças dos carboidratos mais complexos em açúcares (Yonemoto et al., 2002). O tratamento do tomate com cálcio teve pequeno efeito no teor de sólidos solúveis da polpa (Senevirathna, 2010; Wickramasinghe et al., 2013).

3.5.5.4.2. Acidez titulável - AT

A AT foi influenciada significativamente ($p \leq 0,05$) pelos tratamentos e apresentou pouca variação após a aplicação dos tratamentos ao longo dos dias de armazenamento (Tabela 10). No 0DAT notou-se uma homogeneidade na AT, o que deve estar relacionado ao conteúdo de ácidos orgânicos nos frutos, não apresentando diferença entre os tratamentos. Essa mesma tendência foi mantida até o 3º dia após a aplicação dos tratamentos. A influência dos tratamentos ocorreu no 6º DAT, observando diferença entre os tratamentos, onde os controles I, II, III e o tratamento com 6% CaCl_2 + 0,5% QPA não diferem entre si, apresentando menores valores de AT. Esse efeito, porém, não é mais verificado no 9º DAT permanecendo até o fim do ensaio 12ºDAT. Durante o amadurecimento dos frutos o conteúdo de ácidos orgânicos apresentou uma tendência de diminuição, estabilizando no 9º dia após aplicações dos tratamentos (Tabela 10).

O teor de ácidos, à medida que o fruto amadurece, tende a diminuir devido à oxidação dos mesmos no ciclo dos ácidos tricarboxílicos (Ciclo de Krebs) em decorrência do processo respiratório, ou até mesmo devido à conversão desses em açúcares (Chitarra e Chitarra, 2005; Al Eryani-Raqeeb et al., 2008; Ali et al., 2011). Os frutos quando tratados com quitosana e cálcio apresentaram maiores conteúdos de ácidos devido provavelmente, à menor atividade respiratória. Esses resultados também foram observados no mamão 'Eksoitika II' quando tratados

com quitosana e cálcio (Al Eryani-Raqeeb et al., 2008). O uso de quitosana em concentrações crescentes como cobertura no mamão 'Eksotika II' resultou em diminuição no conteúdo dos ácidos orgânicos mais lentamente se comparado aos frutos controle (Ali et al., 2011). Estudos similares em frutos de morango, pêssego e tomate tratados com quitosana resultaram na diminuição da AT com o tempo, em uma taxa mais lenta quando comparado ao controle (Han et al., 2004).

3.5.5.4.3. Teor de ácido ascórbico - AA

O teor de AA não sofreu influência significativa ($p \leq 0,05$) dos tratamentos, com pequenas variações em função do tempo após a aplicação dos tratamentos que não ajustaram significativamente a nenhum modelo de regressão proposto (Tabela 10). O teor médio de ácido ascórbico encontrado no presente trabalho foi de 47 mg.100g⁻¹ MF do mamão UENF/Caliman01.

Diferentemente dos resultados do presente trabalho, o teor de ácido ascórbico em mamão (Ali et al., 2011) e goiaba (Azzolini et al., 2004) tende a aumentar com o amadurecimento, diminuindo com o início da senescência. Esse aumento, segundo Mercado-Silva et al. (1998), está associado ao aumento da síntese de intermediários metabólicos, os quais são precursores da síntese do ácido ascórbico. Trabalhos em mamão que utilizaram cálcio em combinação com quitosana mostraram que o conteúdo de ácido ascórbico foi menor nos frutos não tratados, além de não apresentarem efeito da aplicação do cálcio. Entretanto, o uso da quitosana teve efeito significativo em atrasar a diminuição do teor de ácido ascórbico, natural durante o armazenamento dos frutos (Al Eryani-Raqeeb et al., 2008).

Resultados similares foram observados em mamão tratado com quitosana, onde se verificou um atraso na redução do teor de ácido ascórbico (Ali et al., 2011). De maneira análoga, o uso de atmosfera modificada com altas concentrações de CO₂ em tomates resultou em abrandamento no aumento do teor de ácido ascórbico durante o amadurecimento do fruto, justificado pelo menor acesso ao O₂ (Mathooko, 2003), como também observado em damasco e pimentas verdes (Ayranci e Tunc, 2004). Altas concentrações de quitosana (2,0% p/v) geram uma atmosfera modificada que suprime a síntese de ácido ascórbico

(Ali et al., 2011). Em mangas *Summer Bahisht Chaunsa*, segundo Abbasi et al. (2009), o teor de ácido ascórbico diminuiu ao longo dos dias de armazenamento, mas a taxa de diminuição foi maior em frutos não cobertos com quitosana. A razão para os altos teores de AA em frutos cobertos com quitosana pode ser atribuída pelo menor amadurecimento e pela menor oxidação do AA pelo menor acesso ao O₂ (Sritananan et al., 2005).

3.5.5.4.4. Ratio (SS/AT) – *ratio*

De acordo com a ANOVA, não houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos na razão SS/AT em mamão UENF/Caliman01. Após a aplicação dos tratamentos não se observou variação significativa na razão SS/AT.

A ausência de significância para os tratamentos é atribuída a pouca variação nos teores de SS e na AT do fruto. O *ratio* é altamente influenciado pelas variações na AT como também no teor de sólidos solúveis, assim, a variação de um desses dois fatores poderá afetar a significância da razão SS/AT. Diferentemente do presente trabalho, foi observado em mamão Formosa uma tendência na diminuição do *ratio* durante o período de armazenamento quando os frutos foram revestidos com coberturas comestíveis (Trigo et al., 2012). Trabalhos com goiaba ‘Cortibel’ conduzidos por Mercado-Silva et al. (1998), Azzolini et al. (2004) e Werner et al. (2009) verificaram menor *ratio* nos frutos tratados com cálcio.

TABELA 10 – Mudança nas características químicas do mamão UENF/Caliman01 tratados com cálcio e várias concentrações de quitosana por um período de 12 dias após a aplicação dos tratamentos armazenados a 25°C.

Tratamentos	Teor de sólidos solúveis (°Brix)					Equação	R²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)						
	0	3	6	9	12		
Controle I	9,22A	8,78A	11,58A	10,14A	10,06A	y= 0,10x+ 9,35	0,20 ^{ns}
Controle II	11,37A	10,16A	11,31A	11,65A	9,74A	y=-5,92x+11,20	0,11 ^{ns}
Controle III	10,54A	10,97A	10,07A	10,32A	9,44A	y=-9,51x+10,84	0,63 ^{ns}
CaCl ₂ + 0,5%QPA	12,06A	11,23A	9,83A	10,65A	10,40A	y=-0,13x+11,62	0,53 ^{ns}
CaCl ₂ + 1,0%QPA	11,04A	10,40A	10,73A	10,47A	9,65A	y=-9,00x+11,00	0,68 ^{ns}
CaCl ₂ + 2,0%QPA	10,37A	9,88A	11,01A	11,14A	11,12A	y=-9,16x+10,15	0,61 ^{ns}

Tratamentos	Acidez titulável (% ácido cítrico) (°Brix)					Equação	R²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)						
	0	3	6	9	12		
Controle I	0,069A	0,067A	0,06 C	0,055A	0,063A	y=0,00012x²-0,0021x+0,07	0,68 ^{ns}
Controle II	0,071A	0,076A	0,07 BC	0,057A	0,063A	y=0,00003x²-0,0007x+0,07	0,44 ^{**}
Controle III	0,074A	0,065A	0,07 BC	0,057A	0,057A	y=0,00009x²-0,0001x+0,07	0,57 ^{ns}
CaCl ₂ + 0,5%QPA	0,079A	0,080A	0,08AB	0,053A	0,058A	y=-0,00028x²+0,001x+0,08	0,61 [*]
CaCl ₂ + 1,0%QPA	0,067A	0,066A	0,10A	0,075A	0,053A	y=-0,00094x²+0,010x+0,06	0,59 ^{**}
CaCl ₂ + 2,0%QPA	0,061A	0,064A	0,11A	0,066A	0,074A	y=-0,00064x²+0,008x+0,05	0,32 [*]

Tratamentos	Teor de ácido ascórbico (mg.100g ⁻¹ MF)					Equação	R²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)						
	0	3	6	9	12		
Controle I	48,09A	45,65A	51,94AB	41,10A	49,84A	y=-0,034x+47,53	0,00 ^{ns}
Controle II	44,60A	49,84A	54,04A	44,25A	48,79A	y= 0,093x+47,74	0,01 ^{ns}
Controle III	41,80A	42,50A	47,04AB	45,30A	58,24A	y= 1,189x+39,84	0,72 ^{ns}
CaCl ₂ + 0,5%QPA	48,09A	59,28A	50,54AB	46,69A	46,69A	y=-0,512x+53,34	0,21 ^{ns}
CaCl ₂ + 1,0%QPA	51,94A	45,65A	34,80 B	41,10A	52,99A	y=-0,081x+45,79	0,00 ^{ns}
CaCl ₂ + 2,0%QPA	45,65A	47,74A	44,25AB	45,65A	49,14A	y= 0,165x+45,51	0,16 ^{ns}

Tratamentos	Razão SS/AT - Ratio					Equação	R²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)						
	0	3	6	9	12		
Controle I	132,88A	131,55A	180,50A	183,29A	183,29A	y=3,58x+136,28	0,47 ^{ns}
Controle II	161,25A	133,83A	161,16AB	204,21A	204,21A	y=2,12x+150,93	0,16 ^{ns}
Controle III	141,28A	167,44A	131,84AB	186,36A	186,36A	y=2,18x+145,20	0,23 ^{ns}
CaCl ₂ + 0,5%QPA	151,27A	143,37A	110,32AB	199,21A	199,21A	y=3,65x+134,54	0,26 ^{ns}
CaCl ₂ + 1,0%QPA	163,05A	157,84A	99,98 B	141,87A	141,87A	y=0,69x+144,29	0,01 ^{ns}
CaCl ₂ + 2,0%QPA	192,22A	160,53A	98,04 B	170,03A	170,03A	y=-2,17x+168,58	0,09 ^{ns}

Controle I: Frutos imersos em água; **Controle II:** Frutos imersos em solução de CaCl₂ 6% sob pressão atmosférica e **Controle III:** Frutos imersos em solução de CaCl₂ 6% sob vácuo de 50kPa. **QPA** = Quitosana. As médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si conforme o teste Tukey (GL=60; $p \leq 0,05$). Para cada tratamento foi realizado análise de regressão onde ** significativo ($p \leq 0,01$) e ^{ns} não significativo ($p < 0,05$) pelo teste F.

3.5.5.5. Conteúdo de pigmentos da casca

3.5.5.5.1. Teor de clorofila total – Clo

A cor é um dos mais importantes atributos de qualidade do mamão. O amarelecimento do fruto ocorre com a degradação das clorofilas e síntese dos carotenoides, o que é facilmente identificado pelo consumidor, podendo, em alguns casos provocar a desvalorização comercial do fruto (Bramley, 2013; Han et al., 2014).

O teor de Clo da casca do mamão UENF/Caliman01 foi influenciado significativamente ($p \leq 0,05$) pelos tratamentos. De modo geral, após a aplicação dos tratamentos houve uma diminuição no teor de Clo em todos os tratamentos, apesar de que frutos tratados com CaCl₂ + QPA tiveram menor degradação das clorofilas (Tabela 11). O teor de Clo nos controles I, II, III e no tratamento com CaCl₂ + 0,5% QPA não diferiu entre si, como também todo o tempo após a aplicação dos tratamentos, apresentando uma degradação de pigmentos mais acelerada quando comparada com os frutos tratados com CaCl₂ + 1,0% QPA e CaCl₂ + 2,0% QPA. Durante 12 dias de armazenamento, a taxa média de degradação nos frutos controle I (não tratados) foi de 34,58 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{dia}^{-1}$, enquanto que para os frutos tratados com CaCl₂ +1,0% QPA foi de 30,5 $\mu\text{mol m}^{-2}$

dia⁻¹, ou quando tratados com CaCl₂ + 2,0% QPA quando a degradação média de Clo foi de 33,5 µmol m⁻² dia⁻¹.

A redução no teor de Clo no mamão foi similar ao encontrado em pimentão por Xing et al. (2011), em pimenta verde (Tiware et al., 2013), em goiaba (Hong et al., 2012) e em buchas (*Luffa cylindrica*) (Han et al., 2014), onde os revestimentos de quitosana apresentaram efeito significativo no controle da degradação das clorofilas. Jiang e Li (2001) verificaram em frutos de longan (*Dimocarpus longan* Lour) revestidos com quitosana na concentração de 2,0% mudanças mais lentas no teor de Clo durante o armazenamento dos frutos, se comprado aos frutos tratados com quitosana com menores concentrações. É provável que o atraso na mudança de cor da casca do mamão tratado com concentrações mais altas de quitosana seja devido à baixa taxa de respiração do fruto, ocasionada pela menor tensão de O₂ nos frutos, ou devido às altas concentrações de CO₂ nos frutos, ambos (baixa tensão de O₂ e alta concentração de CO₂) inibindo a síntese de C₂H₄ dada a mudança da atmosfera (Ali et al., 2011).

A degradação das clorofilas em tecidos senescentes ocorre pela quebra oxigenolítica do macrociclo porfírico e esse processo envolve atuação de enzimas tais como a “feoforbída a oxigenase” (PaO) e a “redutase da via dependente de ferrodopina” (RCCR). A degradação é iniciada por fatores externos tais como estresse hídrico, luminosidade, alterações térmicas, níveis aumentados de etileno ou a combinação desses fatores (Pruzinká et al., 2003; Streit et al., 2005).

3.5.5.5.3. Teor de carotenóides totais - CT

O CT da casca do mamão foi influenciado significativamente ($p \leq 0,05$) pelos tratamentos e de modo geral houve incremento no CT após o tratamento dos frutos, seguindo uma tendência que pode ser ajustada ao modelo quadrático de regressão (Tabela 11).

O CT não sofreu mudança no 0DAT, 3DAT e 6DAT, porém, houve incremento médio de 20% no teor de CT entre essas três épocas de avaliação. No 9º DAT, o controle I apresentou o maior teor de CT, diferindo dos frutos tratados com 6% CaCl₂ combinados com as doses crescentes de quitosana

(0,5%; 1,0% e 2,0%) (Tabela 11). Esse efeito pode ser explicado pelo menor acesso ao O₂ e as menores transformações bioquímicas causadas pela respiração do fruto e menor atividade de clorofilases e enzimas oxigenases (Ali et al., 2011). Frutos cobertos com quitosana estão sujeitos à alteração nas trocas gasosas entre a atmosfera e o tecido vegetal, gerando uma atmosfera modificada ao redor do produto (Olivas et al., 2008). Nesse mesmo sentido, Al Eryani-Raqeeb et al. (2008) afirmam que frutos cobertos com coberturas comestíveis reduzem a emissão de etileno e apresentam menor taxa respiratória, causando um desaceleramento no amadurecimento com menor desmascaramento dos carotenóides, como também, diminuição na biossíntese desses pigmentos.

Ameixas tratadas com coberturas comestíveis a base de alginato apresentaram menores incrementos no conteúdo dos carotenóides ao longo dos dias de armazenamento, quando comparado aos frutos não tratados (Valero et al., 2013). Corroborando com os resultados do trabalho, o uso de coberturas comestíveis atrasou a degradação da clorofila, diminuindo o incremento nos valores de carotenóides totais em tomates e ainda apresentou diminuição no pico de etileno e na taxa respiratória desses frutos (Cipolatti et al., 2012).

TABELA 11 – Mudança no conteúdo de pigmentos da casca do mamão UENF/Caliman01 tratados com cálcio e várias concentrações de quitosana por um período de 12 dias após a aplicação dos tratamentos armazenados a 25°C.

Tratamentos	Clorofila total (μmol m ⁻²)					Equação	R ²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)						
	0	3	6	9	12		
Controle I	446,05 A	170,01 B	70,97 B	31,56 B	31,11 B	y=4,84x ² -0,44x+430,87	0,98**
Controle II	446,69 A	164,67 B	70,52 B	34,53 B	31,39 B	y=4,88x ² -0,68x+429,69	0,98**
Controle III	450,28 A	175,27 B	70,31 B	44,63 B	46,84 B	y=5,02x ² -1,60x+435,51	0,98**
CaCl ₂ + 0,5%QPA	432,30 A	215,64 B	73,93 B	53,46 B	62,32AB	y=4,54x ² -4,57x+429,71	1,00**
CaCl ₂ + 1,0%QPA	443,32 A	333,05 A	145,01A	141,34A	77,04A	y=2,19x ² -7,12x+452,27	0,96**
CaCl ₂ + 2,0%QPA	457,64 A	303,87A	118,11A	97,04AB	54,97AB	y=3,08x ² -0,70x+464,20	0,98**
Tratamentos	Carotenoides totais (μmol m ⁻²)					Equação	R ²
	Tempo após aplicação dos tratamentos (dias)						
	0	3	6	9	12		
Controle I	16,20 A	25,82A	32,14A	37,27A	36,19A	y=-0,17x ² +3,86x+16,01	0,99**
Controle II	13,14 A	25,43A	32,99A	36,57AB	34,19A	y=-0,26x ² +4,94x+13,06	1,00**
Controle III	15,35 A	25,23A	32,97A	35,19AB	29,04AB	y=-0,31x ² +4,92x+14,65	0,98*
CaCl ₂ + 0,5%QPA	13,33 A	22,55A	27,04A	25,79 B	19,44 B	y=-0,29x ² +4,02x+13,27	1,00**
CaCl ₂ + 1,0%QPA	10,82 A	16,02A	24,52A	25,22 B	18,50 B	y=-0,25x ² +3,83x+ 9,58	0,91**
CaCl ₂ + 2,0%QPA	11,44A	17,87A	24,95A	29,63AB	20,35 B	y=-0,26x ² +4,20x+10,10	0,88**

Controle I: Frutos imersos em água, **Controle II:** Frutos imersos em 6% CaCl₂ p/v sem vácuo e **controle III:** Frutos imersos em solução de cálcio 6% CaCl₂ p/v com vácuo. **QPA** = Quitosana. As médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si, segundo o Teste Tukey (GL=60; P ≤ 0,05). Na linha foi realizada análise de regressão onde (**) significativo (P ≤ 0,01), * significativo (p ≤ 0,05) e (ns) não significativo pelo teste F.

3.5.6. CONCLUSÃO

Os tratamentos com CaCl_2 isoladamente seja a vácuo, ou por imersão, não diminuíram a perda de massa fresca dos frutos de mamão UENF/Caliman01, como também não mantiveram a cor da casca por mais tempo, porém, resultaram em melhorias na firmeza do fruto.

O tratamento em pós-colheita com CaCl_2 a vácuo apresentou melhor respostas na manutenção da firmeza do mamão UENF/Caliman01 quanto a firmeza do fruto, não sendo muito eficiente nas regiões mais internas do mesocarpo.

Os frutos quando tratados com CaCl_2 + QPA 1,0% ou CaCl_2 + QPA 2,0% diminuíram a perda de massa fresca e mantiveram os frutos verdes por mais tempo.

A perda da firmeza do fruto e do mesocarpo foi menor quando esses foram tratados com 6% CaCl_2 + 1,0% QPA e 6% CaCl_2 + 2,0% QPA, porém esses tratamentos não interferiram nos atributos químicos dos frutos, apresentando a mesma qualidade dos frutos não tratados.

3.5.7. Considerações finais

O cálcio quando aplicado em pós-colheita no mamão UENF/Caliman01 em soluções de CaCl_2 não alterou a mudança de cor da casca, a perda de massa fresca dos frutos, bem como os atributos químicos tais como: teor de sólidos solúveis, acidez titulável, *ratio* e teor de ácido ascórbico independente das concentrações aplicadas. Porém, tais tratamentos foram efetivos na manutenção da firmeza dos frutos.

Diversos trabalhos têm apresentado o cálcio como uma grande opção em manter os frutos firmes por mais tempo seja tratados em pré como em pós-colheita e observam resultados contraditórios quando há mudanças das características químicas, bioquímicas. Com isso, é importante investigar a nível molecular a importância desse elemento em processos relacionados ao amadurecimento e buscar a participação de genes responsável pelo amadurecimento e se o cálcio atua nessa etapa por meio de análises metabolômicas, proteômicas e ainda se for o caso, transcriptômica. O Mamão, diferentemente de outras fruteiras, produz durante todo o ano, mas seus frutos não são exatamente iguais durante as mais diversas épocas do ano, sofrendo alterações físicas, químicas e bioquímicas. Em geral, frutos do período mais quente do ano (verão), desenvolvem-se mais rápido, levando cerca de 120 dias entre a antese e o período da colheita, são frutos menores, mais compactos,

pesam menos e são mais doces do que os de inverno e com isso é possível perceber que as respostas aos mais diversos tratamentos também é variável.

É necessário investigar com mais detalhamento a influencia da época de produção nas mais diversas estações do ano e associar isso com a interação com o cálcio e com as coberturas comestíveis.

O uso combinado do cálcio com quitosana como estratégia na manutenção da textura e geração de uma atmosfera modificada passiva (modificações das concentrações dos gases sem controle prévio) apresentou efeito bastante evidente nos atributos de qualidade do mamão UENF/Caliman01, todavia, os frutos quando tratados com CaCl_2 isoladamente seja por imersão ou a vácuo, não promoveram efeitos significativos na mudança de cor, na perda de massa fresca, bem como nos atributos químicos como também observado no primeiro capítulo, caracterizando o cálcio como um elemento pouco efetivo em tais características. Os frutos quando cobertos com quitosana apresentaram menores perdas de massa e essa perda foi menor quanto mais espessos eram os filmes (maiores concentrações). Tais frutos permaneceram verdes por mais tempo, apresentando maiores valores de ângulo hue, além de apresentarem menor luminosidade, caracterizando a quitosana como um tratamento efetivo na redução do processo de amadurecimento. A quitosana retardou o amadurecimento do mamão UENF/Caliman01 e esse efeito pode ser visto pelas menores mudanças no teor de pigmentos da casca, porém, manteve o fruto com a mesma qualidade dos controles, não apresentando mudanças no teor de sólidos solúveis, ácido ascórbico e no *ratio*.

O uso de coberturas comestíveis de acordo com o observado pelas buscas bibliograficas é um assunto muito investigado e de grande interesse por parte dos pesquisadores da área de pós-colheita de frutos e hortaliças, bem como alimentos, saúde e materiais, dentre outras áreas afins. Essas membranas caracterizadas como semipermeáveis sofrem alterações constantes e são bastante influenciadas pelas formas de aplicação, manuseio e exposições a condições diversas ambientais para secagem. Sabendo das suas propriedades físicas e químicas, torna-se oportuno novas investidas nas condições de fabricação, no grau de desacetilação, no controle de viscosidade, ainda, no controle de pH, na diluição e no controle do vento de exposição dos materiais cobertos com o filme.

Como futuras linhas de investigação sugerimos o uso de medições das trocas gasosas via cromatografia gasosa para caracterizar o conteúdo desses gases que estão sendo produzidos via respiração e biossíntese de etileno e, assim, observar a participação desse filme na redução da taxa respiratória de frutos. Ainda, achamos de grande importância verificar o efeito dessas coberturas comestíveis na geração de espécies reativas de oxigênio (ROS) e, devido a quitosana ter propriedades antifúngicas, a realização de um levantamento da atividade da mesma no controle das principais doenças na pós-colheita do mamão.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC (1992). Official methods of analysis of the AOAC. 12.ed. Washington, p.1094.

AOAC (1984). Official methods of analysis of the AOAC. 13. ed. Washington, p.627-845.

Abbasi, N.A., Iqbal, Z.A.F.A.R., Maqbool, M., Hafiz, I.A. (2009). Post-harvest quality of mango (*Mangifera indica* L.) fruit as affected by chitosan coating. *Pakistan Journal of Botany*, v.41, n.1, p.343-357.

Abdulkarim, A., Isa, M.T., Abdulsalam, S., Muhammad, A.J., Ameh, A.O. (2013). Extraction and characterisation of chitin and chitosan from mussel shell. *Civil and Environmental Research*, v.3, n.2, p.108-114.

Acosta P.B., e Gross, K.C. (1995). Hidden sources of galactose in the environment. *European journal of pediatrics*, v.154, n.2, p.S87-S92.

Albersheim, P., Darvill, A., Roberts, K., Sederoff, R., Staehelin, A. (2011). Plant Cell Walls. *Garland Science, Taylor e Francis Group, LLC*. New York, p.430.

Al-Eryani-Raqeeb, A., Mahmud, T.M.M., Syed Omar, S.R., Mohamed Zaki, A.R., Al-Eryani, A.R. (2008). Effects of calcium and chitosan treatments on controlling anthracnose and postharvest quality of papaya (*Carica papaya* L.). *International Journal of Agricultural Research*, v.4, n.2, p.53-68.

Ali, A., Muhammad, M.T. M., Sijam, K., Siddiqui, Y. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of 'Eksotika II' papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. *Food Chemistry*, v.124, n.2, p.620-626.

Ali, A., Ong, M.K., Forney, C.F. (2014). Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. *Food Chemistry*, v.142, p.19-26.

Antoniolli, L.R., Benedetti, B.C., Souza-Filho, M.S.M. (2003). Efeito do cloreto de cálcio na qualidade de abacaxi 'Pérola' minimamente processado. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.9, p.1105-1110.

Archbold, D.D., e Pomper, K.W. (2003). Ripening pawpaw fruit exhibit respiratory and ethylene climacterics. *Postharvest Biology and technology*, v.30, n.1, p.99-103.

Ayranci, E., e Tunc, S. (2004). The effect of edible coatings on water and vitamin C loss of apricots (*Armeniaca vulgaris* L.) and green peppers (*Capsicum annum* L.). *Food Chemistry*, v.87, p.339–342.

Azzolini, M., Jacomino, A.P., Bron, I.U. (2004). Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.2, p.139-145.

Bailey, A.J.(1935). Lignin in douglas fir: Composition of the middle lamella. *Industrial Engineering Chemistry Analytical Edition*, v.8, n.1, p.52-55.

Bakshi, P., Fa, M., Gs., C., Ta, S. (2005). Role of calcium in postharvest life of temperate fruits: A review. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, v.42, p.1-8.

Bangerth, F., Dilley, D.R, Dewey, D.H. (1972). Effect of postharvest calcium treatments on internal breakdown and respiration of apple fruits. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, v.97, p.679–682.

Bapat, V.A., Trivedi, P.K., Ghosh, A., Sane, V.A., Ganapathi, T.R., Nath P. (2010). Ripening of fleshy fruit: molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnology Advances*. v.28, n.1, p.94-107.

Barboza Jr. A.C., Medeiros, E.A.S., Cardoso, M.C. de F., Bezzera, M.J.R., Jerônimo, C.E.M. (2013). Contribuições a gestão da segurança e saúde ocupacional de colaboradores do cultivo do mamão na região de Baraúna-RN. *Revista Holos*. v.4, p.101-110.

Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A.N., Velázquez-del Valle, M.G., Hernández-López, M., Ait Barka, E., Bosquez-Molina, E., Wilson, C.L. (2006). Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection*, v.25, n.2, p108-118.

Bautista-Baños, S., Sivakumar, D., Bello-Pérez, A., Villanueva-Arce, R., Hernández-López, M. (2013). A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. *Crop Protection*, v.49, p.8-20.

Berilli, S. D. S., Oliveira, J. D., Marinho, A. B., Lyra, G. B., Souza, E. D., Viana, A. P., Pereira, M. G. (2007). Avaliação da taxa de crescimento de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) em função das épocas do ano e graus-dias acumulados. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.29, n.1, p.11-14.

Bhowmik, S.R., Pan, J. C. (1992). Shelf life of mature green tomatoes stored in controlled atmosphere and high humidity. *Journal of Food Science*, v.57, n.4, p.948-953.

Bohn, T. e Walczyk, T. (2004). Determination of chlorophyll in plant samples by liquid chromatography using zinc-phthalocyanine as an internal standard. *Journal of chromatography A*, v.1024, n.2, p.123-128.

Botelho, R. V., Souza, N.L., Peres, N. A. R. (2002). Qualidade pós-colheita de goiabas 'Branca de Kumagai' tratadas com cloreto de cálcio. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, n.1, p.063-067.

Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, v.15, n.3.

Bouzayen, M., Latché, A., Nath, P., Pech, J. C. (2010). Mechanism of fruit ripening. In *Plant Developmental Biology-Biotechnological Perspectives*, Springer Berlin Heidelberg, p. 319-339.

Bramley, P.M. (2013). Carotenoid Biosynthesis and Chlorophyll Degradation., In: Graham, B. S., Poole, M., Giobannoni, J.J., Tucker, G.A. (2013) *The Molecular Biology and Biochemistry of Fruit Ripening*, New Delhi, India, p.75-116.

Bron, I.U. e Jacomino, A.P. (2006). Ripening and quality of 'Golden' papaya fruit harvested at different maturity stages. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.18, n.3, p.389-396.

Brummell, D.A. (2006). Cell wall disassembly in ripening fruit. *Functional Plant Biology*, v.33, n.2, p.103-119.

Brummell, D.A., e Harpster, M.H. (2001). Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. In *Plant Cell Walls*, Springer Netherlands, *Plant Molecular Biology*, v.47, p.311-340.

Caleb, O.J., Opara, U.L., Mahajan, P.V., Manley, M., Mokwena, L., Tredoux, A.G. (2013). Effect of modified atmosphere packaging and storage temperature on volatile composition and postharvest life of minimally-processed pomegranate arils (cvs. 'Acco' and 'Herskawitz'). *Postharvest Biology and Technology*, v.79, p.54-61.

Camargo, Y.R., Lima, L., Scalon, S.D.P., Siqueira, A. (2000). Efeito do cálcio sobre o amadurecimento de morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Campineiro. *Ciência Agrotécnica*, v.24, n.4, p.968-972.

Campana-Filho, S.P., Signini, R., Cardoso, M. B. (2007). Propriedades e aplicação de quitosana. *Revista Processos Bioquímicos*, v.1, n.2, p.9-18.

Campos, C.A., Gerschenson, L.N., Flores, S.K., (2011). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food and Bioprocess Technology* v.4, p.849–875.

Cao, N., Fu, Y., He, J. (2007). Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films. *Food Hydrocolloids*, v.21, n.7, p.1153-1162.

Carvalho, A.V. e Lima, L.C.O. (2002). Qualidade de kiwis minimamente processados e submetidos a tratamento com ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.5, p.679-685.

Cerqueira, T.S., Jacomino, A. P., Sasaki, F.F., Alleoni, A.C.C. (2011). Recobrimento de goiabas com filmes proteicos e de quitosana. *Bragantia*, v.70, n.1, p.216-221.

Chardonnet, C.O., Charron, C.S., Sams, C.E., Conway, W.S. (2003). Chemical changes in the cortical tissue and cell walls of calcium-infiltrated 'Golden Delicious' apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*, v.28, n.1, p.97-111.

Chien, P. J., Lin, H.R., Su, M.S. (2013). Effects of edible micronized chitosan coating on quality and shelf life of sliced papaya. *Food and Nutrition*, v.4, p. 9-13.

Chien, P.J., Sheu, F., Yang, F. H. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering*, v.78, n.1, p.225-229.

Chitarra, M.I.F e Chitarra, A.B. (2005). Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. rev. amp. Lavras: ESAL/FAEFE, p.785.

Cipolatti, E.P., Kupski, L., Rocha, M.D., Oliveira, M.D.S., Buffon, J.G., Furlong, E. B. (2012). Application of protein-phenolic based coating on tomatoes (*Lycopersicum esculentum*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.32. n.3, p.594-598.

Conklin, P. L. (2001). Recent advances in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants. *Plant Cell and Environment*, v.24.n.4, p.383-394.

Conway, W. S., Sams, C. E. (1987). The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium, or strontium on decay, firmness, respiration, and ethylene production in apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.112, n.2, p.300-303.

Conway, W.S., Sams, C.E., Wang, C.Y., Abbott, J. A.(1994). Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintaining quality in apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.119, n.1, p.49-53.

Corrêa, S.F., Mota, L., Paiva, L.B., do Couto, F.M., da Silva, M.G., de Oliveira, J.G., Miklós, A. (2011). Effects of ozone exposure on 'Golden' papaya fruit by photoacoustic phase-resolved method: Physiological changes associated with carbon dioxide and ethylene emission rates during ripening. *Journal of Applied Physics*, v.109, n.11, p. 11470(1) -114701(7).

Corrêa, S.F., Oliveira, J.G., Santos, W.C., Souza, A.F., Vargas, H., Silva, M.G., Miklos, A. (2012). Application of the photoacoustic spectroscopy in the monitoring

emission of C₂H₄ and CO₂ in passion fruit stored under different atmospheres. *Acta Horticulturae*, v.934, p.125-132.

Costa Filho, J.H., Costa, G.G., Maia, L.K.R., Costa, J.M.D., Medeiros, R.V. (2012). Efeito da aplicação de cera de carnaúba sobre incidência de doenças pós-colheita em mamão. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.6, n.5, p. 41-46.

Costa Silva, H.S.R., Santos, K.S.C.R., Ferreira, E.I. (2006). Quitosana: derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços. *Química Nova*, v.29, n.4, p.776-785.

Costa, A.D., Balbino, J.D.S., Folegatti, M.D.S., Matsuura, F. (2002). Características da fruta para exportação e normas de qualidade. *Mamão: pós-colheita*. Brasília-DF: *Embrapa Informação Tecnológica*, p.12-18.

Costa, A.F.S., Pacova, B.E.V. (2003). Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: Martins, D.S.; Costa, A.F.S. A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória - ES: INCAPER, p.59-102.

D'Innocenzo, M. (1996). Comportamento de enzimas da parede celular e textura da polpa relacionados ao tratamento de irradiação de mamões. (*Carica papaya* L. cv. Solo) durante o amadurecimento. Piracicaba: Esalq, 85p. (Dissertação - Mestrado em Ciências).

Damian, C., Beirão, L.H., Francisco, A.D., Espírito Santo, M.L.P., Teixeira, E. (2009). Quitosana: um amino polissacarídeo com características funcionais. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, v.16, n.2, p.195-205.

Dávila-Aviña, J.E.J., Villa-Rodríguez, J., Cruz-Valenzuela, R., Rodríguez-Armenta, M., Espino-Díaz, M., Ayala-Zavala, J.F., Olivas-Orozco, G.I., Heredina, B. e Gonzáles-Aguilar, G. (2011). Effect of edible coatings, storage time and maturity

stage on overall quality of tomato fruits. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, v.6, n1, p.162-171.

De Moraes, P.L.D., Da Silva, G.G., Menezes, J.B., Maia, F.E.N., Dantas, D.J., Júnior, R.S. (2007). Pós-colheita de mamão híbrido UENF/Caliman01 cultivado no Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.29, n.3, p.666-670.

Del Aguila, J.S. (2013). Hormônios e reguladores do crescimento vegetal: Morfologia e Fisiologia Vegetal. Disponível em:<<http://200.132.139.11/aulas/Eno>> Acesso em 19/01/2014.

Della Penna D., Lincoln J.E., Fischer R.L., Bennett A.B.(1989). Transcriptional analysis of polygalacturonase and other ripening associated genes in Rutgers, rin, nor and Nr tomato fruit. *Plant Physiology*, v.90, p.1372-1377.

Della Penna, D., Lashbrook, C.C., Toenjes, K., Giovannoni, J.J., Fischer, R.L., Bennett, A.B. (1990). Polygalacturonase isozymes and pectin depolymerization in transgenic rin tomato fruit. *Plant physiology*, v.94, n.4, p. 1882-1886.

Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Guarda, A., e Galotto, M. J. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, v.91, n.4, p.751-756.

Evangelista, R.M., Chitarra, A.B., Chitarra, M.I.F.(2002). Mudanças na ultra-estrutura da parede celular de mangas 'Tommy Atkins' tratadas com cloreto de cálcio na pré-colheita. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, n.1, p.254-257.

Farias, G. J. e Geraldi, I.O. (2012). Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.) Depart. Genética: Programa de Pós-graduação em genética e melhoramento de Plantas. Piracicaba – SP.13, Disponível em:<www.genetica.esalq.usp.br/pub/seminar/GJFarias-201002-Seminario.pdf> Acesso em 19/01/2014.

Fernandes, P.L.O., Aroucha, E.M.M., Souza, P.A., Sousa, A.E.D., Fernandes, P.L.O. (2010). Qualidade de mamão 'Formosa' produzido no RN e armazenado sob atmosfera passiva. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, n.4, p. 599-604.

Ferreira, M.D., Franco, A.T., Ferraz, A.C.O., Camargo, G., Tavares, M. (2008a). Qualidade do tomate de mesa em diferentes etapas, da fase de pós-colheita. *Horticultura Brasileira*, v.26, n.2, p.231-235.

Ferreira, M.D., Sanchez, A.C., Braunbeck, O.A. (2008b). Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças. *Embrapa Instrumentação Agropecuária*, Comunicado Técnico, 97. São Carlos – SP, p.144.

Figueroa, C.R., Opazo, M. C., Vera, P., Arriagada, O., Díaz, M., Moya-León, M.A. (2012). Effect of postharvest treatment of calcium and auxin on cell wall composition and expression of cell wall-modifying genes in the Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis*) fruit. *Food Chemistry*, v.132, n.4, p.2014-2022.

Fils-Lycaon, B., e Buret, M. (1990). Loss of firmness and changes in pectic fractions during ripening and overripening of sweet cherry. *HortScience*, v.25, n.7, p.777-778.

Fonseca, M.J.O., Leal, N.R., Cenci, S.A., Cecon, P.R., Bressan-Smith, R.E., Soares, A.G. (2006). Emissão de etileno e de CO₂ em mamão 'Sunrise Solo' e 'Golden'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.28, n.2, p.322-324.

Gallão, M.I.(2013). Parede Celular Vegetal. Disponível em <http://www.biologia.ufc.br/backup/docentes/IzabelGallao/PosGrad/Parede.Celular.Vegetal.pdf>>acesso em 26 de Nov. 2013.

Gallego, R., Arteaga, J.F., Valencia, C., Franco, J. M. (2013). Isocyanate-functionalized chitin and chitosan as gelling agents of castor Oil. *Molecules*, v.18, n.6, p.6532-6549.

Garcia, J.M., Herrera, S., Morilla, A. (1996). Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.44, n.1, p.30-33.

Gayathri, T., e Nair, A.S. (2013). Isolation, purification and characterisation of polygalacturonase from ripened banana (*Musa acuminata* cv. Kadali). *International Journal of Food Science and Technology*, v.1, p.1-6.

Gondim, J. A. M., Moura, M. D. F. V., Dantas, A. S., Medeiros, R. L. S., Santos, K. M. (2005). Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.25, n.4, p.825-827.

Goulão, L.F e Oliveira, C.M. (2008). Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit. *Trends in Food Science e Technology*, v.19, n.1, p. 4-25.

Giovannoni, J. (2001). Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual review of plant biology*, v.51, n.1, p.725-749.

Guo, Z., Ren, J., Dong, F., Wang, G., Li, P. (2013). Comparative study of the influence of active groups of chitosan derivatives on antifungal activity. *Journal of Applied Polymer Science*, v.127, n.4, p.2553-2556.

Han, C., Zuo, J., Wang, Q., Xu, L., Zhai, B., Wang, Z., Gao, L. (2014). Effects of chitosan coating on postharvest quality and shelf life of sponge gourd (*Luffa cylindrica*) during storage. *Scientia Horticulturae*, v.166, p.1-8.

Hayashi, Y., Ohara, N., Ganno, T., Ishizaki, H. Yanagiguchi, K., (2007). Chitosan-containing gum chewing accelerates antibacterial effect with an increase in salivary secretion. *Journal of Dentistry*, v.35, n.11, p.871-874.

Henrique, C.M., Cereda, M.P., Sarmiento, S.B. (2008). Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, n.1, p.231-240.

Hepler, P.K. e Wayne, R.O. (1985). Calcium and plant development. *Annual Review of Plant Physiology*, v.36, n.1, p.397-439.

Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Ocio, M. J., Gavara, R. (2006). Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, v.39, n.3, p.247-253.

Hernández-Munoz, P., Almenar, E., Valle, V. D., Velez, D., Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, v.110, n.2, p.428-435.

Hewajulige, I.G.N., Sivakumar, D., Sultanbawa, Y., Wilson Wijeratnam, R.S., Wijesundera, R.L.C. (2005). Effect of chitosan coating on the control of anthracnose and overall quality retention of papaya (*Carica papaya* L.) during storage. *International Symposium on Papaya 740*, p. 245-250.

Hirano, S., Itakura, C., Seino, H., Akiyama, Y., Nonata, I., Kanbara, N., Kawakami, T. (1990) Chitosan as an ingredient for domestic animal feeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v38, p.1214-1217.

Hiscox, J.D. e Israelstam, G.F.A. (1979). A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany*, v.57, n.12, p.1332-1334.

Hopkins, W.G., Huner, N.P.A. (2009). Introduction to Plant Physiology. 3ed, p.528.

Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., Gong, D. (2012). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, v.144, p.172-178.

Hussain, P. R., Meena, R. S., Dar, M. A., Wani, A. M. (2012). Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality

and shelf-life extension of Red delicious apple. *Journal of Food Science and Technology*, v.49, n.4, p.415-426.

Inam-ur-Raheem, M., Huma, N., Anjum, F. M., Malik, A. U. (2013). Effect of calcium chloride and calcium lactate on quality and shelf-life of fresh-cut guava slices. *Pakistan Journal Agricultural Science*, v.50, n.3, p. 427-431.

Irfan, P.K., Vanjakshi, V., Prakash, M.N., Ravi, R., Kudachikar, V.B. (2013). Calcium chloride extends the keeping quality of fig fruit (*Ficus carica* L.) during storage and shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, v.82, p.70-75.

Jacomino, A. P., Trevisan, M. J., Arruda, M. C. D., Kluge, R. A. (2007). Influence of the interval between harvest and 1-methylcyclopropene application on papaya ripening. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.29 n.3, p.456-459.

Jarvis, M.C., Briggs, S.P.H., Knox, J.P. (2003). Intercellular adhesion and cell separation in plants. *Plant, Cell and Environment*, v.26, n.7, p.977-989.

Jiang, Y e Li, J. (2001). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry*, v.73, n.2, p.139-143.

Jiang, Y., Li, J., Jiang, W. (2005). Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. *LWT – Food Science and Technology*, v.38, n.7, p.757-761.

Jiménez, V.M., Mora-Newcomer, E., Gutiérrez-Soto, M.V. (2014). Biology of the papaya plant. In *Genetics and Genomics of Papaya*, Springer, p.17-33.

Junior-Oliveira, L.F.G., Carlos, L.A., Cordeiro, C.A.M., Coelho, E.M., Araujo, T.R. (2007). Qualidade de mamão ‘Golden’ minimamente processado armazenado em diferentes temperaturas. *Scientia Agraria*, v.8, n.3, p. 219-224.

Junior-Oliveira, L.F.G., Coelho, E.M., Coelho, F.C. (2007). Caracterização pós-colheita de mamão armazenado em atmosfera modificada. *Revista Brasileira. Engenharia Agrícola Ambiental*, v.10, n.3, p.660–664.

Kadir, S.A. (2005). Fruit quality at harvest of “Jonathan” apple treated with foliarly - applied calcium chloride. *Journal of plant nutrition*, v.27, n.11, p.1991-2006.

Kaiser, A., Brinkmann, M., Carle, R., Kammerer, D.R. (2012). Influence of thermal treatment on color, enzyme activities, and antioxidant capacity of innovative pastelike parsley products. *Journal of agricultural and food chemistry*, v.60, n.12, p.3291-3301.

Kerbaui, G.B. (2008). Fisiologia Vegetal. 2 ed. Editora Koogan, Rio de Janeiro. p.431.

Kester, J.J e Fennema, O.R. (1986). Edible films and coatings: a review. *Food Technology*, v.40, n.12, p.47-59.

Kim, Y., Williams, M.A., Galant, A.L., Luzio, G.A., Savary, B.J., Vasu, P., Cameron, R.G. (2013). Nanostructural modification of a model homogalacturonan with a novel pectin methylesterase: Effects of pH on nanostructure, enzyme mode of action and substrate functionality. *Food Hydrocolloids*. v.33, p.132-141.

Kittermann, D., Neuwald, D.A., Streif, J. (2010). Influence of calcium on fruit firmness and cell wall degrading enzyme activity in 'Elstar' apples during storage. In: *VI International Postharvest Symposium* 877 p.1037-1043.

Knox, J.P. (1992). Cell adhesion, cell separation and plant morphogenesis. *The Plant Journal*, v.2, n.2, p.137-141.

Krongyut, W., Srilaong, V., Uthairatanakij, A., Wongs-Aree, C., Esguerra, E.B., Kanlayanarat, S. (2011). Physiological changes and cell wall degradation in

papaya fruits cv. 'Kaek Dum' and 'Red Maradol' treated with 1-methylcyclopropene. *International Food Research Journal*, v.18, n.4, p.1251-1259.

Kudla, J., Batistič, O., Hashimoto, K. (2010). Calcium signals: the lead currency of plant information processing. *The Plant Cell Online*, v.22, n.3, p.541-563.

Kumar, S., Kumar, R., Nambi, V. E., Gupta, R. K. (2013). Postharvest changes in antioxidant capacity, enzymatic activity, and microbial profile of strawberry fruits treated with enzymatic and divalent ions. *Food and Bioprocess Technology*, p.1-11.

Latou, E., Mexis, S.F., Badeka, A.V., Kontakos, S., Kontominas, M.G. (2014). Combined effect of chitosan and modified atmosphere packaging for shelf life extension of chicken breast fillets. *LWT-Food Science and Technology*, v.55, n.1, 263-268.

Lara, I., Garcia, P., Vendrell, M. (2004). Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v.34, n.3, p.331-339.

Lazan, H., Ali, Z.M., Liang, K.S., Yee, K.L. (2006a). Polygalacturonase activity and variation in ripening of papaya fruit with tissue depth and heat treatment. *Physiologia Plantarum*, v.77, n.1, p.93-98.

Leceta, I., Guerrero, P., De La Caba, K. (2013). Functional properties of chitosan-based films. *Carbohydrate polymers*, v.93, n.1, p.339-34.

Levy, I., Shani, Z., Shoseyov, O. (2002). Modification of polysaccharides and plant cell wall by endo-1,4- β -glucanase and cellulose-binding domains. *Biomolecular engineering*, v.19, n.1, p.17-30.

Mahmud, T.M.M., Eryani-Raqeeb, A.A., Omar, S.S.R., Mohamed, A.A.R. Eryani, A.A.R. (2008). Effects of different concentrations and applications of calcium on

storage life and physicochemical characteristics of papaya (*Carica papaya* L.) *American Journal of Agricultural and Biological Science*. v.3, n.3, p.526-533.

Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G., Mignani, I. (2007). The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Food Chemistry*, v.100, n.4, p.1385-1392.

Manica, I. In: Manica, I.(2000). Fruticultura tropical 6: Goiaba. Porto Alegre, RS: Cinco Continentes, p.271-321.

Manrique, G.D., e Lajolo, F.M. (2004). Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology and Technology*, v.33, n.1, p.11-26.

Mantilla, S.P.S., Santos, E.B., Vital, H.D., Mano, S.B., Franco, R.M. (2010). Atmosfera modificada e irradiação: métodos combinados de conservação e inocuidade alimentar. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, v.1, n.1, p.1679-7353.

Marin, A.A. (2001) Actividades mono e difenolasa en el extracto crudo del frut chicozapote (*Achras sapota*). In: Foro institucional del posgrado em ingenieria bioquímica, 2001, Mérida. Memórias. Mérida: Instituto Tecnológico de Mérida, p.22.

Martin-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R. C., Baldwin, E. A. (2005). Conservación mediante recubrimientos comestibles. In: González Aguilar, Nuevas tecnologías de conservación: Productos Vegetales Frescos Cortados, p. 340-356.

Martín-Diana, A. B., Rico, D., Barat, J.M., Barry-Ryan, C.(2009). Orange juices enriched with chitosan: Optimisation for extending the shelf - life. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v.10, n.4, p.590-600.

Martin-Diana, A.B., Rico, D., Frias, J.M., Barat, J.M., Henehan, G.T.M., Barry-Ryan, C. (2007). Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Trends in Food Science & Technology*, v.18, n.4, p.210-218.

Mathooko, F.M. (2003). A comparative study of the response of tomato fruit to low temperature storage and modified atmosphere packaging. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, v.2, p.34–41.

McGuire, R.G. (1992) Reporting of objective color measurements. *HortScience*, v.27, n.12, p.1254-1255.

Mei, Y. e Zhao, Y.(2003). Barrier and mechanical properties of milk protein based edible films containing nutraceuticals. *Journal Agricultural Food Chemistry*, v.51, p.1914-1918.

Melo, A.A. M., Vilas-Boas, E.D.B., Justo, C.F.(2009). Uso de aditivos químicos para a conservação pós-colheita de banana 'Maçã' minimamente processada. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.33, n.1, p.228-223.

Mercado-Silva, E., Benito-Bautista, P., de los Angeles García-Velasco, M.(1998). Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. *Postharvest Biology and Technology*, v.13, n.2, 143-150.

Michelli, F. (2001). Pectin methylesterases: cell wall enzymes with important roles in plant physiology. *Trends in Plant Science*, v.6, n.9, p.414-419.

Molina-Hidalgo, F.J., Franco, A.R., Villatoro, C., Medina-Puche, L., Mercado, J.A., Hidalgo, M.A., Blanco-Portales, R. (2013). The strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruit-specific rhamnogalacturonate lyase 1 (FaRGLyase1) gene encodes an enzyme involved in the degradation of cell-wall middle lamellae. *Journal of experimental botany*, v.64, n.6, p.1471-1483.

Mota, W.F., Salomão, L.C.C., Pereira, M.C.T., Cecon, P.R. (2002) Influência do tratamento pós-colheita com cálcio na conservação de jabuticabas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, n.1, p.049-052.

Moura-Neto, L.G.D.M.N., Amaral, D.S.D., Moura, S.M.A., Peixoto, L.G.(2010). Qualidade pós-colheita de goiabas cv. “Paluma” submetidas à aplicação de cloreto de cálcio armazenadas em temperaturas ambiente. *Agropecuária científica no semiárido*, v.4, n.1, p.27-31.

No, H. K., Meyers, S. P., Prinyawiwatkul, W., Xu, Z. (2007). Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: a review. *Journal of food science*, v.72, n.5, p.87-100.

No, H.K. e Meyers, S.P. (1995). Preparation and characterization of chitin and chitosan: a review. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, v.4, n.2, p.27-52.

Nunes-Nesi, A., Fernie, A.R., Stitt, M. (2010) Metabolic and signaling aspects underpinning the regulation of plant carbon nitrogen interactions. *Molecular Plant*, v.3, n.6, p.973-996.

O'Donovan, A., Gupta, V.K., Coyne, J.M., Tuohy, M.G. (2013). Acid Pre-treatment Technologies and SEM Analysis of Treated Grass Biomass in Biofuel Processing. In *Biofuel Technologies*. Springer Berlin Heidelberg, p.97-118.

Olivas, G.I., e Barbosa-Cánovas, G.V. (2008). Alginate–calcium films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizer and relative humidity. *LWT-Food science and technology*, v.41, n.2, p.359-366.

Oliveira, J.G e Vitoria, A.P. (2011). Papaya: nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders. An overview. *Food Research International*, v.44, n.5, p.1306-1313.

Paiva, E.P., Lima, M.S., Paixão, J.A. (2009). Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, v.10, n.4, p.196-211.

Paull, R. E., Gross, K., e Qiu, Y. (1999). Changes in papaya cell walls during fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology*, v.16, n.1, p.79-89.

Paull, R.E., Nishijima, W., Reyes, M., Cavaletto, C. (1997) Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology Technology*. v.11, n.1, p.165-179.

Pauly, M., e Keegstra, K. (2010). Plant cell wall polymers as precursors for biofuels. *Current opinion in plant biology*, v.13, n.3, p.304-311.

Pelloux, J., Rustérucci, C., Mellerowicz, J. (2007). New insights into pectin methylesterase structure and function. *Trends in Plant Science*, v.12, n.6, p.267-277.

Pereira, L. M., Carmello-Guerreiro, S. M., Bolini, H., Cunha, R. L., & Hubinger, M. D. (2007). Effect of calcium salts on the texture, structure and sensory acceptance of osmotically dehydrated guavas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.87, n.6, p.1149-1156.

Pereira, M.E.C., Silva, A.S., Bispo, A.S.R., Santos, D.B., Santos, S.B., Santos, V.J. (2006). Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, n.6, p.1116-1119.

Perosa, J.M.Y., Tarsitano, M.A.A., Martins, M.I.E.G., Pigatto, G., Antonangelo, A. (2012). Perfil do consumidor de frutas em cidades do interior do estado de São Paulo. *Revista Brasileira Fruticultura*, v. 34, n.4, p.1084-1090.

Picard, I., Hollingsworth, R.G., Wall, M., Nishijima, K., Salmieri, S., Vu, K. D., Lacroix, M. (2013). Effects of chitosan-based coatings containing peppermint

essential oil on the quality of post-harvest papaya fruit. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, v.3, n.2, p.178-189.

Pillai, C.K.S., Paul, W., Sharma, C. P. (2009). Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation. *Progress in Polymer Science*, v.34, n.7, p.641-678.

Pitak, N. e Rakshit, S.K. (2011). Physical and antimicrobial properties of banana flour/chitosan biodegradable and self-sealing films used for preserving fresh-cut vegetables. *Lwt-Food Science and Technology*, v.44, n.10, p.2310-2315.

Poovaiah, B.W. (1986). Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology*, v.10, p.86-89.

Pressey, R. (1988). Reevaluation of the changes in polygalacturonases in tomatoes during ripening. *Planta*, v.174, n.1, p.39-43.

Pruzinská, A., Tanner, G. Anders, L. Roca, M., Hortensteiner, S. (2003). Chlorophyll breakdown: Pheophorbide a oxygenase is a rieske-type iron-sulfur protein, encoded by the accelerated cell death I gene. *Plant Biology*, v.100, n.25, p.15259-15264.

Pun, U.K., Niki, T., Ichimura, K. (2013). Ethanol reduces sensitivity to ethylene and delays petal senescence in cut *Tweedia caerulea* flowers. *Plant Growth Regulation*, n.69, p.125-1330.

Ranaldi, G., Marigliano, I., Vespignani, I., Perozzi, G., Sambuy, Y. (2002). The effect of chitosan and other polycations on tight junction permeability in the human intestinal Caco-2 cell line. *The Journal of nutritional biochemistry*, v.13, n.3, p.157-167.

Reddy, V.S e Reddy, A.S. (2004). Proteomics of calcium-signaling components in plants. *Phytochemistry*, v.65, n.12, p.1745-1776.

Resende, E.C.O., Martins, P.F., Azevedo, R.A.D., Jacomino, A.P., Bron, I.U. (2012). Oxidative processes during 'Golden' papaya fruit ripening. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.24, n.2, p.85-94.

Ritzinger, C.H.P. e Souza, J.S. (2002). Mamão: Fitossanidade. Cruz das Almas.

Robles-Sánchez, R.M., Rojas-Graü, M.A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G., Martin-Belloso, O. (2013). Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. *LWT-Food Science and Technology*, v.50, n.1, p.240-246.

Rolle, R.S. e Chism, G.W. (1987). Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *Journal Food Quality*. v.10, p.157-177.

Rose, J. K., e Bennett, A.B. (1999). Cooperative disassembly of the cellulose–xyloglucan network of plant cell walls: parallels between cell expansion and fruit ripening. *Trends in plant science*, v.4, n.5, p.176-183.

Rossetto, M.R.M., Nascimento, J.R.O., Purgatto, E., Fabi, J.P., Lajolo, F.M., Cordenunsi, B.R. (2008). Benzylglucosinolate, benzylisothiocyanate, and myrosinase activity in papaya fruit during development and ripening. *Journal Agricultural Food Chemical*, v.56, p.9592-9599.

Ruggiero, C., Marin, S.L.D., Durigan, J.F.(2011). Mamão, uma história de sucesso. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, p.76-82.

Ruiz-May, E., e Rose, J. K. (2013). 7 Cell Wall Architecture and Metabolism in Ripening Fruit and the Complex Relationship with Softening. *The Molecular Biology and Biochemistry of Fruit Ripening*, p.163-187.

SAEG, Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

Saftner, R. A., Bai, J., Abbott, J. A., Lee, Y.S. (2003). Sanitary dips with calcium propionate, calcium chloride, or a calcium amino acid chelate maintain quality and shelf stability of fresh-cut honeydew chunks. *Postharvest Biology and Technology*, v.29, n.3, p.257-269.

Salomão, L.C.C., Siqueira, D.L., Santos, D., Borba, A.N. (2007). Cultivo do mamoeiro. Viçosa: (Ed). UFV, p.73.

Sanders, D., Pelloux, J., Brownlee, C., Harper, J. F. (2002). Calcium at the crossroads of signaling. *The Plant Cell Online*, v.14, p.S401-S417.

Santana, L. R., Matsuura, F. C. A. U., Cardoso, R. L. (2004). Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): avaliação sensorial e físico-química dos frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.24, n.2, p.217-222.

Santos Junior, A. M. D., Maluf, W. R., Faria, M. V., Lima, L. C. D. O., Campos, K. P. D., Lima, H. C. D., Araújo, F. M. (2003). Post-harvest behaviour of chemical, biochemical and physical aspects of tomato fruits heterozygous in alcobaça and ripening inhibitor loci. *Ciência e Agrotecnologia*, v.27, n.4, p.749-757.

Sañudo-Barajas, J.A., Labavitch, J., Greve, C., Osuna-Enciso, T., Muy-Rangel, D., Siller-Cepeda, J. (2009). Cell wall disassembly during papaya softening: Role of ethylene in changes in composition, pectin-derived oligomers (PDOs) production and wall hydrolases. *Postharvest Biology and Technology*, v.51, n.2, p.158-167.

Sebastià, C. H., Hardin, S. C., Clouse, S. D., Kieber, J. J., Huber, S. C. (2004). Identification of a new motif for CDPK phosphorylation in vitro that suggests ACC synthase may be a CDPK substrate. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v.428, n.1, p.81-91.

Scalon, S.P.Q., Vieira, M.C., Zárata, N.A.H. (2002). Combinações de cálcio, atmosfera modificada e refrigeração na conservação pós-colheita da mandioquinha-salsa. *Acta Scientiarum*, v.24, n.5, p.1461-1466.

Schulz, P., Herde, M., e Romeis, T.(2013). Calcium-dependent protein kinases: hubs in plant stress signaling and development. *Plant physiology*, v.163, n.2, p.523-530.

Scott, K. J., e Wills, R. B. H. (1979). Effects of vacuum and pressure infiltration of calcium chloride and storage temperature on the incidence of bitter pit and low temperature breakdown of apples. *Crop and Pasture Science*, v.30, n.5, p.917-928.

Selvy, P. E., Lavieri, R. R., Lindsley, C. W., Brown, H. A. (2011). Phospholipase D: enzymology, functionality, and chemical modulation. *Chemical reviews*, v.111, n.10, p.6064-6119.

Senevirathna, P.A.W.A.N.K., e Daundasekera, W.A.M.(2010).Effect of postharvest calcium chloride vacuum infiltration on the shelf life and quality of tomato (cv.'Thilina'). *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)*, v.39, n.1, p.35-44.

Serrano, L.A.L., e Cattaneo, L.F. (2010). O cultivo do mamoeiro no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.32, n.3, p.657-659.

Serrano, M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillen, F., Valero, D. (2004). Effect of preharvest sprays containing calcium, magnesium and titanium on the quality of peaches and nectarines at harvest and during postharvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.84, n.11, p.1270-1276.

Shinagawa, F. B. (2009). Avaliação das características bioquímicas da polpa de mamão (*Carica papaya* L.) processada por alta pressão hidrostática (Tese de Doutorado), Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, UFRJ, RJ, p.133.

Silva, A.D. e Vieites, R.L.(2000). Alterações nas características físicas do maracujá-doce submetido à imersão em solução de cloreto de cálcio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.20, n.1, p.1-13.

Silva, D. F. P. D., Siqueira, D. L. D., Santos, D. D., Machado, D. L. M., & Salomão, L. C. C. (2011). Edible coatings on postharvest life of 'Mexerica-do-Rio'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, p.357-362.

Silva, S.F., Figueiredo, R.M.F., Queiroz, A.J.D.M., Lemos, D.M., Lima, J.C.B. (2013). Caracterização de blends de mamão formosa e figo-da-índia. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.8, n.3, p.202-206.

Silva-Weiss, A., Ihl, M., Sobral, P.J.A., Gómez-Guillén, M.C., Bifani,V.(2013). Natural additives in bioactive edible films and coatings: Functionality and applications in foods. *Food Engineering Reviews*, v.5, n.4, p.200-216.

Singh, D.K., Ram, R.B., Yadava, L.P. (2013). Preharvest treatment of Ca, K, and B reduces softening of tissue in 'Dashehari' Mango. *International Journal of Fruit Science*, v.13, n.3, p.299-311.

Sivakumar, D., e Wall, M.M. (2013). Papaya Fruit Quality Management during the Postharvest Supply Chain. *Food Reviews International*, v.29, n.1, p. 24-48.

Smitha, K.T., Sreelakshmi, M., Nisha, N., Jayakumar, R., Biswas, R. (2014). Amidase encapsulated *O*-carboxymethyl chitosan nanoparticles for vaccine delivery. *International journal of biological macromolecules*, v.63, p.154-157.

Soliva-Fortuny, R.C. e Martín-Belloso, O. (2003). New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science e Technology*, v.14, n.9, p.341-353.

Somerville C. (2006) Cellulose synthesis in higher plants. *Annual Review Cell and Development Biology*, v.22, p.53–78.

Souza, M.S. Azevedo I.G de, Corrêa S. F, Silva M.G, Pereira M. G e Oliveira J. G (2009). Resposta da aplicação do 1-MCP em frutos de mamoeiro 'Golden' em diferentes estádios de maturação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.31, p.693-700.

Sritananan, S., Uthairatanakij, A., Jitareerat, P., Photchanachai, S., Vongcheeree, S. (2005). Effects of irradiation and chitosan coating on physiological changes of mangosteen fruit stored at room temperature. *Int. Symp. "New Frontier of Food and Non-Food Products"*, p.22-23.

Streit, N.M., Canterle, L.P., Canto, M.W.D., Hecktheuer, L.H.H. (2005). The chlorophylls. *Ciência Rural*, v.35, n.3, p.748-755.

Szarka, A.; Bánhegyi, G.; Asard, H. (2013) The inter-relationship of ascorbate transport, metabolism and mitochondrial, plastidic respiration. *Antioxidants & Redox Signaling*. v.19, n.1, p.1036-1044

Taain, D. A., Ibrahim, M. A. A. A. H., e Al-sareh, E. A. (2011). A study on the effect of postharvest calcium chloride treatments on the storability of mango fruits (*Mangifera indica* L.). *Dirasat: Agricultural Sciences*, v.37, n.2.

Taiz, L., e Zeiger, E. (2009). *Plant Physiology*. Sinauer, Assoc. Inc. Sunderland Ma, USA, 5 ed., p.782.

Tiwari, K., e Paliyath, G. (2011). Cloning, expression and functional characterization of the C2 domain from tomato phospholipase D α . *Plant Physiology and Biochemistry*, v.49, n.1, p.18-32.

Torres, L.M.A.R., Silva, M.D., Guaglianoni, D.G., Neves, V.A. (2010). Effects of heat treatment and calcium on postharvest storage of atemoya fruits. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, v.20, n.3, p.359-368.

Trevisan, M.J., Jacomino, A.P., Cunha Junior, L.C., Alves, R.F.(2013). Application of 1-methylcyclopropene associated with ethylene to minimize its effects in inhibition of ripening of 'golden' papaya. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.35, n.2, p.384-390.

Trigo, J.M., Albertini, S., Spoto, M.H.F., Sarmiento, S.B.S., Reyes, A.E.L., Sarriés, G.A. (2012). Effect of edible coatings on the preservation of fresh cut papayas. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.15, n.2, p.125-133.

Uenojo, M., e Pastore, G. M. (2007). Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. *Química Nova*, v.30, n.2, 388-394.

Valero, D., e Serrano, M. (2010). Postharvest biology and technology for preserving fruit quality, Vol.1, New York: CRS press.

Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Alves, V.D., Moldão-Martins, M. (2013). Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv. Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT-Food Science and Technology*. v.52, n.2, p.80-92.

Ventura, J.A., e Costa, H. (2002). Controle de doenças em pós-colheita no mamão: estágio atual e perspectivas. *Summa Phytopathologica*, v.28, n.2, p.137-138.

Vicente, A.R., Saladie, M., Rose, J.K., Labavitch, J.M. (2007). The linkage between cell wall metabolism and fruit softening: looking to the future. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.87, n.8, p.1435-1448.

Vilas Boas, B. M., Alves, A. D. P., Alves, J. A., Rodrigues, L. J., Alves, T. C., Boas, E. V. D. B. V. (2013). Physical, chemical and biochemical characterization of pequi fruit harvested at different stages of development. *Ciência Rural*, v.43, n.12, p.2285-2290.

Vilas Boas, E. V. D. B. V., Reis, C. M. F., e Melo, A. A. M. (2009). Uso de misturas químicas para a manutenção da firmeza de banana 'prata' minimamente processada. *Ciência e agrotecnologia*, v.33, n.1, p.237-244.

- Villadiego, A. M. D., Soares, N. F. F., Andrade, N. J., Puschmann, R.; Minim, V. P. R.; Cruz, R. (2005) Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. *Revista Ceres*, v. 52, n. 300, p. 221-244.
- Voragen, F. G., Timmers, J. P., Linssen, J. P., Schols, H. A., Pilnik, W. (1983). Methods of analysis for cell-wall polysaccharides of fruit and vegetables. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, v.177, n.4, p.251-256.
- Wang, Y., Zhu, J., Zhu, R., Zhu, Z., Lai, Z., Chen, Z. (2003). Chitosan/Prussian blue-based biosensors. *Measurement Science and Technology*, v.14, n.6, p.831.
- Watkins, CB. (2000). Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. *HortTechnology*, v.10, n.3, p.501-506.
- Wellburn, A.R. (1994). The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal Planta Physiologi*, v.144, p.307-313.
- Werner, E.T., Junior-Oliveira, L.F.G.D., Bona, A.P.D., Cavati, B., Gomes, T. D.U.H. (2009). Efeito do cloreto de cálcio na pós-colheita de goiaba 'Cortibel' *Bragantia*, v.68, n.2, p.511-518.
- Wickramasinghe, W.R.K.D.W.K.V., Abayagunawardane, W.A.A.S., Dissanayake, P.K. (2013). Effect of pressure infiltration of calcium chloride on postharvest storage life of avocado (*Persia Americana* Mill). *The Journal of Agricultural Sciences*, v.8, n.2, p.70.
- Xing, Y.G., Li, X.H., Xu, Q.L., Yun, J., Lu, Y.Q., Tang, Y., 2011. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*. v.124, p.1443–1450.

Yamamoto, E.L., Ferreira, R.M., Fernandes, P. L. O., Albuquerque, L. B., Alves, E. O. (2011). Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.6, n.2. p. 49-55.

Yang, T. e Poovaiah B.W. (2003) Calcium/Calmodulin-mediated signal network in plants: review. *Trends in Plant Science*, vol.8, n.10, p.505-512.

Yao, B.N., Tano, K., Konan, H.K., Bédié, G. K., Oulé, M. K., Koffi-Nevry, R., Arul, J. (2012). The role of hydrolases in the loss of firmness and of the changes in sugar content during the post-harvest maturation of *Carica papaya* L. var solo. *Journal of Food Science and Technology*, v.1. p.1-8.

Yien, L., Zin, N.M., Sarwar, A., Katas, H. (2012). Antifungal activity of chitosan nanoparticles and correlation with their physical properties. *International journal of biomaterials*, ID 632698, p.1-9.

Yonemoto, Y, Higuchi, H., Kitano, Y. (2002). Effects of storage temperature and wax coating on ethylene production, respiration and shelf-life in cherimoya fruit, *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, v.71, p.643-650.

Zegzouti, H., Jones, B., Frasse, P., Marty, C., Maitre, B., Latché, A., Bouzayen, M. (1999). Ethylene-regulated gene expression in tomato fruit: characterization of novel ethylene-responsive and ripening-related genes isolated by differential display. *The Plant Journal*, v.18, n.6, p.589-600.

Ziani, K., Oses, J., Coma, V., Maté, J.I. (2008) Effect of the presence of glycerol and Tween 20 on the chemical and physical properties of films based on chitosan with different degree of deacetylation. *LWT-Food Science and Technology*, v.41, p.2159-2165.

APÊNDICE

TABELA 13 - Análise da variância das regressões das características físico-químicas do mamão (*Carica papaya* L.) genótipo UENF/Caliman01 avaliados em diferentes tempos de armazenamento submetidos à aplicação de cloreto de cálcio em diferentes concentrações a vácuo em temperatura de 25°C e UR 85%.

C. Físicas		PMF (%)	FF (N)	FM (N)	H	SS	AT	SS/AT	AA
FV	GL	QM							
Dias	4	14,898**	4730,21**	2734,27**	1420,173**	0,354 ^{ns}	0,0004101**	1017,739*	300,980**
Linear	1	58,370**	14228,11**	7185,66**	5146,728**	0,844 ^{ns}	0,0010575**	2635,765**	701,414**
Quadrática	1	0,584 ^{ns}	4050,40**	3304,96**	47,064*	0,044 ^{ns}	0,0004109*	652,687 ^{ns}	151,307*
Cúbica	1	0,628 ^{ns}	376,37*	441,00*	387,936**	0,147 ^{ns}	0,0000006 ^{ns}	24,100 ^{ns}	337,528*
Quártica	1	0,095 ^{ns}	265,98*	5,48 ^{ns}	98,962*	0,382 ^{ns}	0,0001718*	758,403 ^{ns}	13,670 ^{ns}
Resíduo	10	2,20	25,63	85,87	9,33	1,52	0,00002	236,42	33,47
CV (%)		46,72	11,34	43,14	3,05	13,38	6,34	13,36	13,77

GL = Grau de liberdade, CV (%) = coeficiente de variação, PM = perda de massa fresca (%), FF = firmeza do fruto (N), FM = firmeza do mesocarpo (N), H = Ângulo *hue*, SS = teor de sólidos solúveis (°Brix), AT = acidez titulável (% ácido cítrico), SS/AT = razão entre sólidos solúveis e acidez titulável (*ratio*), AA = teor de ácido ascórbico (mg.100g⁻¹ MF). FV = Fontes de Variação, CV= Coeficiente de variação (%). ** significativo ($p \leq 0,01$) * significativo a ($p \leq 0,05$) e ns ($p \leq 0,05$) não significativo pelo teste F.

TABELA 14 - Análise da variância das características físicas e químicas do mamão UENF/Caliman01 tratados com CaCl₂ e armazenado a 25 °C ± 1°C e 85% ± 5% UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

C. físicas		PMF (%)	FF (N)	FM (N)	H	SS	AT	SS/AT	AA
FV	GL	QM							
Tempo após o tratamento (D)	4	66,99**	22073,10**	14190,06**	17019,07**	1,15 ^{ns}	0,00090**	1275,19**	985,00**
Tratamento Ca ⁺² [CaCl ₂] (C)	5	1,70 ^{ns}	1157,47**	190,46*	113,59**	1,11 ^{ns}	0,00011 ^{ns}	118,66 ^{ns}	69,31 ^{ns}
Interação (DxC)	20	0,13 ^{ns}	376,92**	143,63**	51,16*	1,78 ^{ns}	0,00017**	442,47 ^{ns}	143,12**
Resíduo	60	0,43	82,79	63,62	28,58	1,36	0,00005	267,97	62,79
C.V (%)		25,96	16,93	32,24	5,27	12,44	9,50	13,74	18,82
Média		2,54	53,72	24,73	101,30	9,37	0,08	119,08	42,09

GL = Grau de liberdade, CV (%) = coeficiente de variação, PMF = perda de massa fresca (%), FF = firmeza do fruto (N), FM = firmeza do mesocarpo (N), H = Ângulo *Hue*, SS = Teor de sólidos solúveis (°Brix), AT = acidez titulável (% ácido cítrico), SS/AT = razão entre sólidos solúveis e acidez titulável (*ratio*), AA = teor de ácido ascórbico (mg.100g⁻¹ MF). FV = Fontes de Variação, CV= Coeficiente de variação (%). ** significativo ($p \leq 0,01$) * significativo a ($p \leq 0,05$) e ns ($p \leq 0,05$) não significativo pelo teste F.

TABELA 15. Análise da variância da regressão das características físicas do mamão UENF/Caliman01 tratado com CaCl₂ em combinação com revestimento de quitosana e armazenado a 25 °C ± 1°C e 85% ± 5% UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

Características		PMF (%)	FF (N)	FM (N)	L	a	b	H
FV	GL	QM						
Dias	4	21,0395**	47285,28**	23128,58**	2636,41**	1438,46**	4629,92	4941,88**
Linear	1	83,9004**	137490,60**	61576,31**	10399,23**	5637,63**	17824,63	18770,06**
Quadrática	1	0,2496ns	43829,38**	25833,12**	0,16ns	2,79ns	586,51	965,34*
Cúbica	1	0,0075ns	7284,77**	4778,18**	93,13ns	113,31ns	0,80	19,80ns
Quártica	1	0,0009ns	536,35ns	326,70ns	53,11ns	0,11ns	107,74	12,34ns
Resíduo	85	0,12	311,93	100,09	34,70	45,01	77,59	93,40
CV (%)		26,86	41,19	41,14	10,91	37,40	20,57	9,76

GL = Grau de liberdade, CV (%) = coeficiente de variação, PMF = Perda de massa fresca (%), FF = Firmeza do fruto (N), FM= Firmeza do mesocarpo (N), L = Luminosidade da casca, a = coordenada de cromaticidade a da casca, b = coordenada de cromaticidade b da casca e H = Ângulo hue da casca. Valores quando dispostos de ** é significativo ($p \leq 0,01$), * significativo ($p \leq 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p \leq 0,05$) pelo teste F de Fischer.

TABELA 16. Análise da variância da regressão das características químicas e bioquímicas do mamão UENF/Caliman01 tratado com CaCl₂ em combinação com revestimento de quitosana e armazenado a 25 °C ± 1°C e 85% ± 5% UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos..

Características		SS	AT	AA	SS/AT	Clo	CT
FV	GL	QM					
Dias	4	1,99ns	0,0019**	115,80ns	6428,75ns	496177,1**	349514,6**
Linear	1	1,48ns	0,0013*	29,96ns	4560,14ns	1627454,0**	23876,12*
Quadrática	1	0,83ns	0,0020**	95,68ns	4036,52ns	342580,9**	1126889,0**
Cúbica	1	5,09ns	0,0001ns	309,59**	5280,93ns	10247,66ns	109800,4**
Quártica	1	0,57ns	0,0041**	027,99ns	11837ns	4426,04ns	137504,5**
Resíduo	85	1,99	0,0016	62,02	1225,99	2407,63	2344,5
CV (%)		13,42	18,57	16,60	22,34	27,80	12,15

GL = Grau de liberdade, CV (%) = coeficiente de variação, AT = acidez titulável (% ácido cítrico), AA = teor de ácido ascórbico (mg.100g⁻¹ MF), Clo= teor de clorofila total (μmol m⁻²), CT = teor de carotenóides totais ((μmol m⁻²). Valores quando dispostos de ** é significativo ($p \leq 0,01$), * significativo ($p \leq 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p \leq 0,05$) pelo teste F.

TABELA 17 - Análise da variância das características físicas do mamão UENF/Caliman01 tratado com CaCl_2 em combinação com revestimento de quitosana e armazenado a $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e $85\% \pm 5\%$ UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

Características		PMF (%)	FF (N)	FM (N)	L	a	b	H
FV	GL	QM						
Tempo após os tratamentos (D)	4	21,039**	47285,28**	23128,58**	2636,41**	1438,46**	4629,92**	4941,88**
Tratamentos (C)	5	0,920**	1598,28**	447,69**	304,08**	389,15**	734,32**	956,36**
Interação (DxC)	20	0,135**	702,39**	172,63**	0044,88**	58,23**	99,79**	104,11**
Resíduo	60	0,052	74,59	46,95	8,85	11,93	15,46	17,91
C.V (%)		17,594	20,142	28,18	5,51	19,262	9,18	4,21

GL = Grau de liberdade, CV (%) = coeficiente de variação, PMF = Perda de massa fresca (%), FF = Firmeza do fruto (N), FM= Firmeza do mesocarpo (N), L = Luminosidade da casca, a = coordenada a de cromaticidade da casca, b = coordenada b de cromaticidade da casca e H = Ângulo hue da casca. A coordenada de cromaticidade a foi acrescida de uma constante (20) a fim de transformar os valores ** O parâmetro a da casca foi adicionado a uma constante a fim de que todos os valores fossem positivos para gerar a anova geral. ** significativo ($p \leq 0,01$), * significativo ($p \leq 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p \leq 0,05$).

TABELA 18 - Análise da variância das características química e bioquímica do mamão UENF/Caliman01 tratado com CaCl_2 em combinação com revestimento de quitosana e armazenado a $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e $85\% \pm 5\%$ UR durante 12 dias após a aplicação dos tratamentos.

Características		SS	AT	AA	SS/AT	Clo	CT
FV	GL	QM					
Tempo após os tratamentos (D)	4	1,99ns	0,0019**	115,80ns	6428,75ns	496177,1**	915,09**
Tratamentos (C)	5	1,86ns	0,0003**	43,34ns	366,09ns	16232,56**	301,98**
Interação (DxC)	20	1,69ns	0,0003**	77,31ns	1748,82ns	2493,18**	021,61ns
Resíduo	60	2,10	0,00008	58,48	1123,37	1227,04	22,78
C.V (%)		13,79	13,40	16,11	21,38	19,85	19,50

GL = Grau de liberdade, CV (%) = coeficiente de variação, AT = acidez titulável (% ácido cítrico), AA = teor de ácido ascórbico ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ MF), Clo= teor de clorofila total ($\mu\text{mol m}^{-2}$), CT = teor de carotenóides totais ($\mu\text{mol m}^{-2}$) ** significativo em nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$), * significativo em nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p \leq 0,05$).

