

Há atualmente uma tendência da população em consumir alimentos saudáveis para a prevenção de doenças e melhoria da qualidade de vida. As frutas são de fundamental importância na alimentação humana, apresentando conteúdo significativo de vitaminas, minerais e carboidratos. Observa-se um aumento no consumo de frutos, destacando-se o aumento da comercialização de frutas tropicais, como manga, goiaba e mamão. A FAO - *Food Agriculture Organization* (2001) - estima que o consumo mundial aumente em 40% até 2005. O mamão (*Carica papaya* L.) apresenta grande aceitabilidade e excelente qualidade nutricional - como altos teores de vitamina C, carotenóides (precursores de vitamina A), cálcio, e elevado conteúdo de fibras - estes fatores contribuem para o aumento do seu consumo *in natura*. O mamão foi uma das culturas tropicais que apresentou crescimento mais significativo. O volume mundial produzido passou de 3,5 milhões de toneladas de frutos em 1990 para 5 milhões em 1999, representando um aumento de 41%, segundo dados da FAO de 2000. Segundo Nehmi et al. (2002), a produção mundial de mamão em 2001 foi de 5,4 milhões de toneladas. A figura 1 mostra os principais países produtores de mamão.

O Brasil é o principal produtor mundial de mamão, produzindo cerca de 1,9 milhões de toneladas no ano de 1999 (valor que representa um crescimento de 154% em relação à produção do ano de 1990). Dentre os estados brasileiros, a Bahia e o Espírito Santo são os maiores produtores, responsáveis por cerca de 87% da produção nacional (IBGE, 1998). O Estado da Bahia é o principal produtor de mamão do grupo ‘Solo’, respondendo por 60% da produção nacional, porém não possui certificação para a exportação. O Espírito Santo é o segundo produtor nacional, mas o único estado do Brasil que possui certificação com permissão para exportação. A figura 2 mostra os estados brasileiros produtores de mamão.

A alta perecibilidade do mamão é o principal problema enfrentado pelos produtores na comercialização da fruta *in natura*, tanto no mercado nacional, como internacional. A falta do emprego de tecnologias de conservação limita o período de comercialização e diminui a qualidade dos frutos, tendo como consequência a redução do número de mercados consumidores. O consumo do mamão como fruta fresca está condicionado à melhoria na qualidade dos frutos. Desta forma, a aplicação de tecnologias de conservação pós-colheita é prioridade nesta cultura e de grande interesse para o agronegócio. A compreensão dos processos fisiológicos de amadurecimento fornece subsídios para solução de problemas que afetam a produção e exportação e contribui para o aumento da produtividade e melhoria da qualidade de frutos, desenvolvendo produtos mais aceitáveis, tanto do ponto de vista econômico quanto social, aumentando a rentabilidade do produtor e atendendo as exigências do mercado.

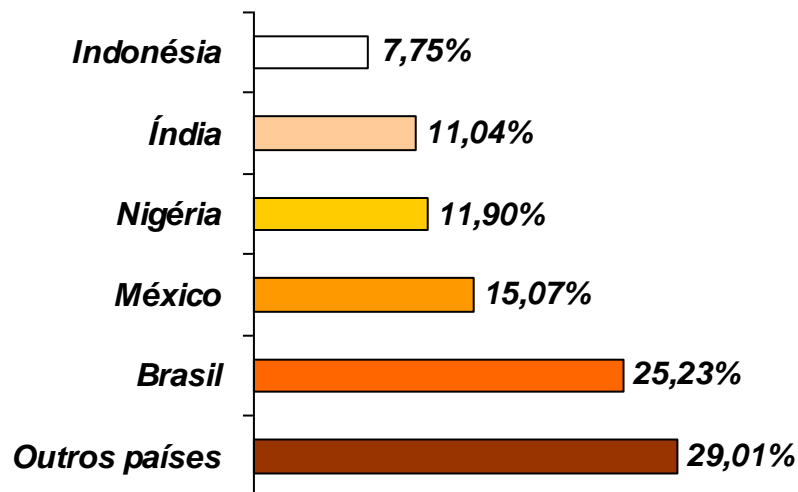


Figura 1 – Principais produtores mundiais de mamão (*Carica papaya* L.). Fonte: DA-AMAS – Agrobusiness and Marketing Assistance Service. http://www.da.gov.ph/agribiz/commodityfactsheet_papaya.html (acessado em 15/01/2005).

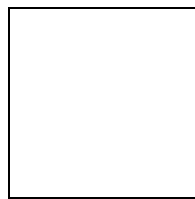


Figura 2 – Distribuição da produção nacional de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) nas regiões produtoras brasileiras. Fonte: IBGE 1998.

1.1. Desenvolvimento de frutos

Os frutos são órgãos originados do crescimento das estruturas que formam as flores ou inflorescências. O desenvolvimento de um fruto, em função dos processos fisiológicos, pode

ser dividido nas fases de crescimento, maturação, maturidade fisiológica, amadurecimento e senescência. As diferentes fases são caracterizadas por alterações na estrutura, fisiologia e bioquímica das células. Entretanto, muitos processos são comuns entre as fases, dificultando a clara distinção entre as mesmas (Watada et al., 1984), (Figura 3).

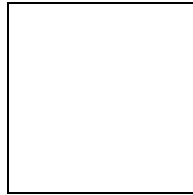


Figura 3 – Fases do desenvolvimento baseado nos processos fisiológicos (Modificado de Watada et al., 1984).

A primeira parte da fase de crescimento é caracterizada pela intensa divisão celular, elevada atividade metabólica, alta taxa de respiração e rápido crescimento do fruto. Ocorre o início da formação das sementes e vesículas de suco. Nesta etapa, apesar dos frutos serem fotossinteticamente ativos, os produtos assimilados por ele próprio não suprem a sua necessidade. Dessa forma, eles concorrem com as brotações novas pelos fotoassimilados das folhas mais velhas. A produção hormonal resultante do crescimento do tubo polínico e a fecundação induzem o fluxo de carboidratos para os frutos. Essa fase normalmente é de curta duração. A segunda parte é caracterizada pelo crescimento celular (aumento de tamanho das células), diminuição da intensidade respiratória, diferenciação de tecidos, endurecimento da semente, aumento do conteúdo de suco e espessamento da casca para algumas frutas. Nesta fase, ocorre uma diminuição da relação superfície/volume e um número maior de folhas é necessário para suprir o desenvolvimento do fruto. A segunda fase do desenvolvimento corresponde à maturação, que se caracteriza pela baixa atividade respiratória (entretanto

alguns frutos podem apresentar um pico respiratório), redução da taxa de crescimento, maturação fisiológica da semente, redução da firmeza da polpa, alterações na permeabilidade dos tecidos e pigmentação da casca pela degradação da clorofila e pela síntese de antocianinas e carotenóides. Nesta fase, ocorre um aumento da umidade, do conteúdo de sólidos solúveis totais, de açúcares redutores. Ao mesmo tempo, ocorre aumento da acidez e do nível de ácido ascórbico. A hidrólise do amido e de ácidos orgânicos acontece juntamente com o aumento da produção do hormônio etileno que acelera a atividade de enzimas responsáveis pela maturação do fruto. Nessa fase, ocorre alteração de cor (síntese e degradação de pigmentos), aroma (produção de substâncias voláteis) e textura (formação de ceras da casca) que tornam os frutos atrativos ao consumo. A maturação leva os frutos à maturidade fisiológica, definida como o estágio em que o fruto continuará sua ontogenia, mesmo que destacada da planta (Wills et al., 1998).

As próximas fases, o amadurecimento e a senescência do fruto, são caracterizados pela paralisação do desenvolvimento, perda de propriedades organolépticas, colapso de células, degeneração de tecidos, degradação da lamela dos cloroplastos, redução da atividade respiratória, elevada produção de etileno e redução dos níveis do hormônio auxina que acaba por determinar a abscisão dos frutos. Na fruticultura comercial, esta fase acontece após a colheita, pois os frutos devem ser colhidos muito antes de atingirem esta fase com o objetivo de prolongar a vida pós-colheita (Carvalho, 1992).

1.1.1. Fisiologia do amadurecimento e pós-colheita de frutos

O amadurecimento corresponde à etapa na qual o fruto completamente desenvolvido (maduro) apresenta mudanças nos fatores sensoriais do sabor, odor, cor e textura, tornando-o aceitável para o consumo (Chitarra & Chitarra, 1990). Esta etapa caracteriza-se por ser

transitória entre a maturação e a senescência. Como já citado, na fruticultura comercial, normalmente o amadurecimento da fruta se completa fora da planta, com o objetivo de prolongar a vida pós-colheita. Nesta fase, os sistemas enzimáticos presentes dentro das vesículas do complexo de Golgi induzem de forma irreversível alterações nos frutos conduzindo-os a senescência e morte.

Os principais processos de síntese durante o amadurecimento são a formação de pigmentos (carotenóides e antocianinas), a síntese de etileno, ácido abscísico e compostos voláteis aromáticos, e um aumento na formação de adenosina-trifosfato (ATP). (Finger & Vieira, 2002).

Os principais processos de degradação durante o amadurecimento relacionam-se com a oxidação de substratos, hidrólise do amido, degradação da clorofila, solubilização de pectinas e diminuição dos teores de celulose, taninos e ácidos orgânicos (málico, cítrico e tartárico) e oxidação do ácido ascórbico (Rhodes, 1980; Vendrell & Palomer, 1997).

Kader (1980) descreveu algumas transformações gerais que ocorrem durante o amadurecimento dos frutos, como, alterações de cor, amolecimento decorrente de mudanças na composição da pectina presente na parede celular, alteração na composição de carboidratos pela degradação do amido em açúcar ou interconversão de açúcares, mudança no padrão protéico (quantitativo ou qualitativo pela síntese de enzimas), alterações no padrão dos ácidos orgânicos resultando em mudanças de aroma e sabor dos frutos, entre outros. Essas transformações bioquímicas ocorrem em sua maioria simultaneamente e são inter-relacionadas.

1.1.1.1. Comportamento respiratório

A respiração é um processo oxidativo pelo qual os materiais orgânicos de reserva como carboidratos, proteínas e gorduras, são degradados em moléculas mais simples (CO_2 e H_2O) com produção de energia e esqueleto carbônico, que podem ser utilizados em reações de síntese (Kader, 1992).

O processo de respiração é fundamental no amadurecimento dos frutos, pois várias reações acopladas à respiração são responsáveis pela síntese de inúmeros compostos, como pigmentos, compostos fenólicos e fitohormônios (Purvis, 1997). Entretanto, a intensidade da respiração é também responsável pela longevidade das frutas em pós-colheita, provocando modificações profundas nos constituintes químicos, principalmente em condições não controladas, levando à perda de umidade e à rápida senescência do fruto, interferindo na qualidade. (Wills et al., 1981).

Os frutos carnosos são classificados, quanto ao seu comportamento respiratório em climatéricos e não climatéricos, sendo a distinção um resultado de respostas diferentes à ação do hormônio vegetal etileno, com conseqüências na conservação e qualidade de frutos maduros. O manuseio pós-colheita adequado dos frutos é baseado no conhecimento de mecanismos de controle da respiração e do amadurecimento, sendo a conservação inversamente proporcional à taxa respiratória e intensidade das reações catabólicas (Taiz & Zeiger, 2002).

No início do desenvolvimento, durante a formação dos frutos, quando as células estão se dividindo e crescendo rapidamente, a taxa de respiração é elevada. Com o início da expansão celular e da maturação, a respiração declina, se mantendo estável até a senescência dos frutos. Entretanto, alguns tipos de frutos, após o período de maturação, voltam a apresentar um pico respiratório, denominado *climatério*, que é coincidente com uma aceleração no processo de amadurecimento. Maçãs, tomates, abacates, bananas, mamões e caquis são alguns exemplos de *frutos climatéricos*. Ao contrário, laranjas, uvas, abacaxis e

morangos são exemplos de *frutos não climatéricos*. (Finger & Vieira, 2002). A figura 4 mostra os padrões respiratórios climatérico e não climatérico durante as fases de desenvolvimento dos frutos.

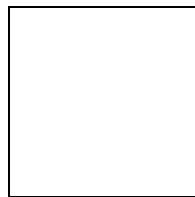


Figura 4 – Padrões respiratórios climatérico e não climatérico durante as fases de desenvolvimento dos frutos. (modificado de Finger e Vieira, 2002).

O aumento da respiração em frutos climatéricos corresponde a um pico na produção de etileno, que está associado ao aumento da respiração e à indução da expressão gênica de proteínas envolvidas em modificações no metabolismo de carboidratos e da parede celular (degradação de componentes da parede por enzimas pectinolíticas) (Huber, 1983). Segundo Giovannoni (2001), em frutos climatéricos o etileno é necessário para coordenar e completar o amadurecimento.

Nos frutos não climatéricos, essas modificações já se realizaram durante todo o período de maturação do fruto, enquanto nos frutos climatéricos, essa fase se concentra no final da maturação. Nos frutos não-climatéricos a respiração diminui durante o amadurecimento e as transformações bioquímicas que tornam o fruto maduro ocorrem de forma mais lenta. O amadurecimento só ocorre se o fruto estiver aderido a planta, diferentemente dos frutos climatéricos que possuem a capacidade de amadurecer mesmo após a colheita (Wills et al., 1998).

1.1.1.2. Etileno

Diferente dos frutos não-climatéricos, os frutos climatéricos apresentam elevação acentuada na taxa de liberação de etileno, principalmente por meio de produção autocatalítica, no início do processo de amadurecimento.

A biossíntese do etileno é iniciada pela transformação do aminoácido metionina em S-adenosil L-metionina (SAM). O SAM é convertido à ácido 1-aminoacilclopropano 1-carboxílico (ACC), sendo catalisado pela enzima ACC sintase. O ACC é então oxidado à etileno através da ação da enzima ACC oxidase (Taiz & Zeiger, 2002), conforme mostrado na figura 5.

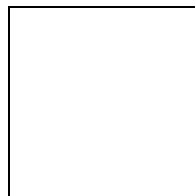


Figura 5 – Esquema da via biossintética do etileno. (Modificada de Taiz e Zeiger, 2002).

Após a sua síntese o etileno se liga ao seu receptor celular, um complexo protéico trans-membrana, desencadeando processos que culminam no amadurecimento e senescência do fruto (Burg & Burg, 1967; Lelièvre et al., 1997).

O etileno é biologicamente ativo em quantidades traço e seus efeitos são comercialmente importantes na agricultura (Abeles et al., 1992).

Durante o amadurecimento um grande número de genes é ativado na presença do etileno como o da poligalacturonase, endo-1,4-glucanase, sintase do ACC, oxidase do ACC e invertase (Brady, 1994; Picton et al., 1995, Bonghi et al. 1996). Em frutos não-climatéricos, apenas alguns genes têm a expressão aumentada pela aplicação exógena de etileno, trazendo a um aumento de proteínas responsáveis pela degradação de clorofila e síntese de carotenóides. Nos frutos climatéricos o etileno é o hormônio que induz o início do amadurecimento, porém nos não-climatéricos parece haver o envolvimento de outros fatores endógenos, como interação com outros hormônios, presença de ácido jasmônico e poliaminas, e uma possível influência de fatores do ambiente na indução e controle do amadurecimento (Vendrell et al., 2001).

O mamão é um fruto climatérico e suas transformações, resultantes do amadurecimento, ocorrem rapidamente após a colheita do fruto fisiologicamente maduro e são desencadeadas pela produção do etileno e aumento da taxa respiratória. Isso o caracteriza como um fruto bastante perecível em pós-colheita. Dada essa alta perecibilidade, o controle do amadurecimento é fundamental para o aumento na vida útil após a colheita, visando o mercado interno e exportação destas frutas. Os principais fatores que depreciam a qualidade pós-colheita do mamão são o rápido amolecimento e a elevada incidência de podridões (Paull, 1993).

1.1.1.3. Carboidratos

O teor dos açúcares é um importante atributo de qualidade dos frutos tendo papel fundamental no sabor e agindo também como um indicador do estágio de amadurecimento. O conteúdo de açúcares varia entre cultivares ou dentro de um mesmo cultivar dependendo das condições climáticas, da fertilidade do solo, da época do ano, do estágio de maturidade e porção do fruto analisada. (Arriola et al., 1980). Durante o amadurecimento, o adoçamento é proporcionado pelo acúmulo de sacarose originada da fotossíntese (enquanto o fruto está fixado à planta mãe) ou por hidrólise de carboidratos de reserva, como amido e polissacarídeos de parede celular (no caso de frutos já colhidos) (Souza, 1998).

Além do sabor, Gomes et al. (2002) relatam que os açúcares solúveis presentes nos frutos na forma combinada também são responsáveis pelas cores atrativas, como derivados das antocianinas, e pela textura, quando combinados adequadamente com polissacarídeos estruturais.

Os principais açúcares em frutos são: glicose, frutose, sacarose (solúveis em água) e amido (insolúvel em água), em proporções variadas, de acordo com a espécie. A glicose é geralmente o açúcar presente em maior quantidade, mas a frutose pode superá-la em algumas espécies. A frutose tem maior poder adoçante, seguida da sacarose e da glicose. Alguns frutos jovens (como manga, banana e maçã), contêm um alto teor de amido na polpa. A transformação de amido em açúcares solúveis é importante para a qualidade do sabor final da fruta. A banana, com o início da maturidade fisiológica apresenta um decréscimo acentuado dos teores de amido, caindo de 25% do peso da matéria fresca total do fruto verde para menos de 1% em frutos completamente maduros, sendo o amido hidrolisado em monossacarídeos e dissacarídeos (Chan et al., 1976). Entretanto, a manga, apresenta aumentos gradativos das concentrações de amido na polpa, apresentando razão constante entre amido-matéria fresca,

sendo o amido nestes frutos utilizado como um parâmetro de qualidade (Chitarra e Chitarra, 1990). No mamão o teor de amido durante o desenvolvimento fica em torno de 1% e o fruto não acumula amido para ser hidrolisado durante o amadurecimento, como ocorre na banana (Selvaraj et al., 1982). Neste caso, as modificações no conteúdo dos açúcares está condicionada à interconversão daqueles sintetizados enquanto os frutos se encontravam fixos à planta mãe ou também àqueles provenientes da degradação dos polissacarídeos constituintes da parede celular dos frutos (Viegas, 1992).

1.1.1.4. Parede celular e suas modificações durante o amadurecimento dos frutos

A parede celular é um compartimento extremamente dinâmico capaz de modificar-se em diferentes estádios do desenvolvimento da planta para permitir a ocorrência de vários fenômenos fisiológicos como germinação de sementes, crescimento por expansão celular, amadurecimento dos frutos e abscisão de folhas e flores. (Brett & Waldron, 1996; Campbell & Braam, 1999).

A parede celular é composta de diversos polissacarídeos estruturalmente diferentes, proteínas, derivados fenólicos (taninos, etc) e outros materiais que estão arranjados de maneira complexa. Esta estrutura desempenha uma diversidade de funções como: suporte estrutural e formato celular; proteção contra agentes patogênicos e desidratação; armazenamento e liberação de moléculas sinalizadoras; armazenamento de carboidratos, íons metálicos e outros materiais (Brett & Waldron, 1996; Cosgrove, 1999).

A célula vegetal sintetiza a sua parede celular em várias camadas. A primeira camada formada é a lamela média, depositada durante a divisão celular. A camada seguinte é

denominada parede celular primária, que é constantemente depositada durante o crescimento em área da célula. Muitas células limitam-se a formar essas duas camadas. Entretanto, outras células especializadas (vasculares, epidérmicas e de fibras lenhosas da madeira) desenvolvem uma parede celular secundária composta principalmente de celulose e lignina (Gibeaut & Carpina, 1994; Brett e Waldron, 1996). A figura 6 representa esquematicamente as diferentes camadas formadoras da parede celular.

De acordo com Brett e Waldron (1996) todas as camadas da parede celular possuem 2 fases: a fase constituída de microfibrilas de celulose e fase da matriz (constituída principalmente por pectina, hemicelulose e proteínas estruturais), conforme esquema representativo da figura 7.

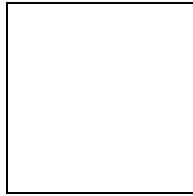


Figura 6 – Representação esquemática das camadas formadoras da parede celular vegetal. Fonte: http://library.thinkquest.org/C004535/cell_wall.html (acessado em 12/01/2005).

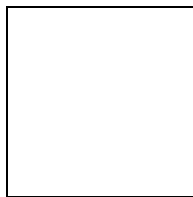


Figura 7 – Diagrama estrutural dos componentes da parede celular e seus arranjos estruturais. As microfibrilas de celulose são fixadas com hemicelulose. As pectinas em interação com proteínas estruturais formam uma matriz gelatinosa ao redor das fibras de celulose e hemicelulose. Fonte: http://www.enzymes.co.uk/answer24_pectinase.htm (acessado em 12/01/2005).

As microfibrilas de plantas superiores possuem cerca de 10 nm de espessura. A celulose, que constitui as microfibrilas, é uma cadeia de glucanos, não ramificada, com no mínimo 15.000 resíduos de glicose, unidos por ligações glicosídicas do tipo β -1,4. Cerca de 30 a 100 moléculas de celulose alinham-se paralelamente formando as microfibrilas. (Bartley & Knee, 1982). A figura 8 mostra a constituição das microfibrilas de celulose.

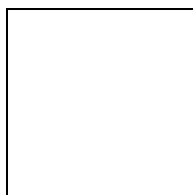


Figura 8 – Modelo estrutural representativo do arranjo das fibrilas e microfibrilas de celulose na parede celular. Fonte: <http://www.ualr.edu/~botany/images.html> (acessado em 12/02/2005).

De acordo com Brett & Waldron (1996), a composição da matriz é heterogênea variando em diferentes partes da parede, tipos celulares, espécies e provavelmente estádios do ciclo celular. Os componentes que podem ser encontrados são os polissacarídeos pécticos (pectina), hemiceluloses, proteínas (estruturais e enzimas) e compostos fenólicos tais como lignina, ácido ferúlico, ácido cumárico, etc.

As pectinas da matriz são os principais componentes químicos responsáveis pela textura das frutas. As pectinas são formadas principalmente por uma cadeia linear de homogalacturonato (ácido poligalacturônico), cujas unidades de ácido galacturônico estão unidas por ligações glicosídicas do tipo α -1,4. O grupo carboxílico de algumas unidades de ácido galacturônico pode estar esterificado com metanol formando galacturonato de metila. Os grupos carboxílicos ligam-se ao cálcio, formando o pectato de cálcio (protopectina), que é insolúvel e predomina nos tecidos imaturos. A lamela média da parede celular é estabilizada pelas zonas de junção entre o cálcio e grupos carboxílicos livres em moléculas de polissacarídeos pécticos esterificados. Com o amadurecimento, há a solubilização das protopectinas e liberação do cálcio pela acidificação da parede celular, através de enzimas pectinoléticas, levando ao enfraquecimento das ligações dos polissacarídeos da parede pelo deslocamento dos íons de cálcio das zonas de junção (Sole & Böttger, 1981). A figura 9 mostra a estrutura química do poligalacturonato, principal componente da pectina e sua interação com o Ca^{2+} formando a protopectina.

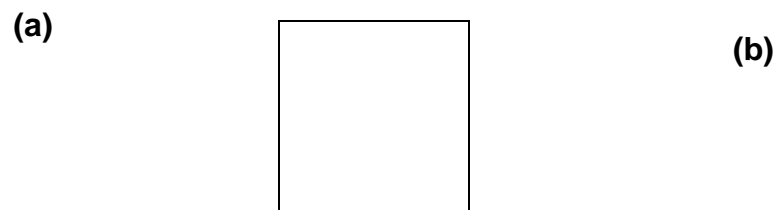


Figura 9 – Cadeia do Poligalacturonato da Pectina. (a) Representação esquemática, (b) estrutura química, (c) ligações iônicas de carboxilatos não-esterificados ($R-COO^-$) com o Cálcio. Fonte: Taiz & Zeiger, 2002.

1.1.1.4.1. Relação entre perda da textura da polpa e enzimas pectinolíticas

A perda de textura ou amolecimento em tecidos frescos de frutos é uma das mudanças mais importantes que ocorre durante a estocagem. Essa textura é afetada pela anatomia celular, pela proporção de água nas células e pela composição da parede celular. (Ali et al, 2004).

De acordo com Fisher e Amado (1994), o amolecimento, durante o amadurecimento de muitos frutos, é ocasionado provavelmente por mudanças na atividade de enzimas de degradação da parede celular presentes nas células, que, juntamente com a perda de água, contribuem para as mudanças de textura.

As células de frutos conservam suas propriedades osmóticas normais durante o amadurecimento e há probabilidade de uma pequena perda de pressão de turgor afetada pela desidratação dos frutos quando guardada em baixa umidade. A pressão de turgor

provavelmente fornece uma força direcionada para separação das células acompanhada de mudanças estruturais na lamela média e na parede celular primária (Simon, 1977).

A solubilização da parede celular ocorre devido à degradação da celulose e da matriz por ação de enzimas hidrolíticas. Uma das enzimas de degradação de parede celular envolvida no processo de amadurecimento é a pectinametilesterase (PME), que catalisa a desesterificação dos resíduos de galacturonosil presentes no polímero homogalacturonato no qual o grupo carboxílico encontra-se metilado. Esta enzima atua tanto nas extremidades reductoras como no interior das cadeias pécticas, reduzindo seu peso (Braverman, 1980; Cheftel e Cheftel, 1976 e Abu-Sarra e Abu-Goukh, 1992). A PME encontra-se largamente distribuída em raízes, caules, folhas e frutos da maioria das plantas superiores. A atuação desta enzima é necessária uma vez que prepara, por desmetilação, o ácido poligalacturônico para atuação de outras enzimas envolvidas no metabolismo da parede celular, como a poligalacturonase (Brownleader et al., 1999).

Outras enzimas pécticas também têm sido estudadas e relacionadas ao amaciamento dos frutos. A poligalacturonase (PG) atua provocando a hidrólise glicosídica do ácido péctico (ácido poligalacturônico) (Braverman, 1963). Essa enzima catalisa a hidrólise das ligações α -1,4 entre os resíduos de ácido galacturônico no interior da cadeia de pectina, sendo classificada em dois grupos, com base na sua ação sobre o substrato, uma com típico rompimento aleatório das ligações glicosídicas, chamada endo-PG, e outra, com rompimento terminal, exo-PG (Konno et al., 1983). A hidrólise das ligações glicosídicas na protopectina pela PG é responsável pelo amaciamento que acompanha a solubilização de pectinas durante o amadurecimento dos frutos (Pressey e Avants, 1982 e Huber, 1983). Estes autores afirmam ainda que nos frutos imaturos há ausência de PG, havendo seu aparecimento próximo ao início do amadurecimento, sugerindo que esta enzima esteja implicada na solubilização da

pectina. A figura 10 mostra o sítio de ação das enzimas PME e PG sobre o ácido poligalacturônico.

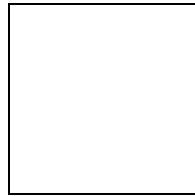


Figura 10 – Sítio de ação das enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) na degradação do ácido poligalacturônico na pectina da parede celular. Fonte: Taiz & Zeiger, 2002.

Em algumas frutas, não só a atividade da PG aumenta com o amadurecimento, mas também a da β -galactosidase, e esse aumento está associado ao aumento da solubilidade e da despolimerização das pectinas (Lazan et al., 2004). Existem várias isoformas de β -galactosidase, podendo ser distribuídas de modo diferenciado no tecido. Essa enzima hidroliza as ligações cruzadas de galactana e causa o afrouxamento dos poliuronídeos de parede celular (Wallner, 1978). A perda de certos açúcares neutros, especialmente galactose, foi observada durante o amadurecimento de frutos, tais como morango, tomates e maçãs (Pressey, 1983), sendo que este declínio foi atribuído à β -galactosidase (Carrington & Pressey, 1996; Pressey, 1983). A ação dessa enzima pode contribuir significativamente para o amaciamento do fruto e modificações na parede celular (Ranwala, Suematsu e Masuda, 1992).

1.2. Perdas pós-colheita

O estágio de maturação em que os frutos são colhidos é um fator determinante na qualidade pós-colheita. Segundo Castro & Sigrist (1988), as condições do fruto na época da colheita determinam seu comportamento e conseqüentemente, sua qualidade final. Frutos colhidos precocemente apresentam maior pré-disposição à desidratação e a distúrbios fisiológicos, podendo não amadurecer. Da mesma forma, frutos colhidos tardiamente apresentam, um encurtamento do período de armazenamento, devido à aproximação da fase de senescência. Os frutos colhidos muito maduros apresentam rápida diminuição do sabor e aparecimento de podridão, que são sintomas típicos de frutos sobremaduros. Portanto, o estágio de desenvolvimento em que o fruto é colhido é o ponto inicial, dentro da cadeia de pós-colheita, para a manutenção da qualidade.

A pós-colheita começa no momento da separação do vegetal da planta-mãe e se estende até que o mesmo atinja o consumidor final. O processo produtivo é cumulativo e o vegetal colhido representa o resultado do tempo, solo, da mão-de-obra, da semente, dos insumos e dos demais componentes necessários à produção. Caso a produção não seja consumida, todos os esforços prestados durante o processo produtivo terão sido em vão. Por este motivo, muitas vezes o aumento da vida útil dos vegetais por um único dia é considerado sucesso, pois aumenta o período de comercialização e conseqüentemente a rentabilidade (Taiz & Zeiger, 2002).

As perdas pós-colheita verificadas nos diferentes produtos hortofrutícolas, decorrem de inúmeros fatores, como: perdas fisiológicas (reações químicas e bioquímicas), microbiológicas, físicas (consumo ou dano causado por roedores, insetos e pássaros) e mecânicas (devido ao manuseio inadequado do produto). As perdas fisiológicas podem ainda ser divididas em perdas fisiológicas normais, decorrentes dos processos de respiração,

transpiração, amadurecimento e senescência, e anormais, oriundas de condições adversas de armazenamento, principalmente temperatura e umidade relativa. (Chitarra & Chitarra, 1990).

Com o aumento da facilidade de execução de transações entre países ou mesmo dentro de um país com dimensões continentais, como o Brasil, as frutas, caracterizadas como produtos perecíveis, devem ser bem manuseadas.

A conservação de alimentos já data de muitos anos e tem tido grande interesse nos últimos anos, principalmente para reduzir as perdas pós-colheitas, balancear as flutuações do mercado e aumentar o período de comercialização (Marín-Huachaca, 2004).

As condições ideais de armazenamento variam largamente de produto para produto e correspondem àquelas nas quais os produtos podem ser armazenados pelo maior espaço de tempo, sem perda de qualidade. O período de armazenamento depende principalmente da atividade respiratória do produto, susceptibilidade à perda de umidade e resistência aos microorganismos causadores de podridões. (Chitarra & Chitarra, 1990).

As técnicas de conservação atualmente utilizadas podem ser químicas, como aplicação de substâncias inseticidas, ou físicas, como tratamento térmico, armazenamento a baixas temperaturas e tratamento com radiação ionizante. (Saucedo-Velóz, 1997).

1.3. Irradiação

Associada aos procedimentos pós-colheita normalmente empregados, as radiações gama, em doses de baixos níveis, têm mostrado ser um excelente método para prolongar a vida comercial dos frutos, retardando os processos de amadurecimento e senescência, bem como reduzindo significativamente o apodrecimento causado por fungos e bactérias patogênicas (Käferstein & Moy, 1993).

Com a evolução dos processos tecnológicos de conservação de alimentos, observou-se há mais de meio século, que as radiações gama do Cobalto-60 ou do Césio-137 ou mesmo os elétrons acelerados são capazes de inibir a proliferação de microorganismos muitas vezes patogênicos que podem chegar a causar sérias doenças aos consumidores (Käferstein & Moy, 1993).

Para que a irradiação tenha sucesso, é necessário adequar a dose aplicada a cada fruto, de modo a evitar reações indesejáveis, como amolecimento indiscriminado ou escurecimento da casca. Deve-se levar em consideração o cultivar, tamanho, e estágio de amadurecimento dos frutos, uma vez que a eficácia do tratamento varia com estas características (Iaderoza et al., 1988; Murray, 1990). A radiação é capaz de reter a firmeza de mamões por 2 a 3 dias, o que pode significar um aumento de 30 a 50% na vida útil do fruto. Esta contenção é devida a uma diminuição das atividades das enzimas de hidrólise da parede celular, como pectinesterases, β -galactosidases, celulases, entre outras (D’Innocenzo, 1996; Zhao et al., 1996).

Atualmente, o uso da irradiação de alimentos vem sendo promovida pela Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA, Viena, Austria), pela Organização Mundial da Saúde (OMS, Genebra, Suíça), e pela Organização de Alimentos e Agricultura (FAO, Roma, Itália), sendo que o Grupo Consultivo Internacional de Irradiação de Alimentos (ICGFI,

Viena, Austria) é seu órgão regulamentador para congregar estas três organizações, e representa atualmente mais de quarenta países que se interessam por esse assunto, entre estes o Brasil.

1.4. A cultura do mamoeiro

Os cultivares de mamão mais plantados no Brasil pertencem ao grupo ‘Solo’. Seus frutos reúnem as principais características preferidas pelo mercado consumidor, que são: ter origem de flores hermafroditas; conteúdo mínimo de 13 a 15% de sólidos solúveis totais; peso médio em torno de 500 g; forma alongada; periforme ou oval e uniforme; casca lisa, sem nervuras ou manchas externas; frutos firmes, com polpa espessa, coloração vermelho-alaranjada; cavidade redonda; amadurecimento lento e altos teores de açúcares (Luna, 1986).

Dentro do Grupo ‘Solo’, os cultivares Golden e Gran Golden são produzidos no Espírito Santo. A variedade Sunrise Golden foi desenvolvida pela empresa Caliman Agrícola S/A (Caliman Agrícola Ltda), sendo hoje plantada e comercializada também por outras empresas, como a Gaia Importação e Exportação Ltda. O fruto do cultivar Golden é mais firme, o que acarreta um maior tempo útil de consumo, ficando ideal para consumo quando estiver com a casca completamente amarela. A cor de sua polpa é salmão, uma cor mais acentuada que em outras variedades garantindo um aspecto muito atraente à fruta. Hoje, cerca de 80% do volume exportado pela empresa Gaia é da variedade Golden em função da grande demanda dos consumidores (Gaia Importação e Exportação).

O cultivar Gran Golden é originado de uma seleção dentro do cultivar Golden, cultivado pela Gaia, que recebe basicamente os mesmos tratos culturais. Quanto às características organolépticas não há diferença entre os cultivares. A característica diferencial

é observada no campo, sendo que o cultivar Gran Golden apresenta maior tamanho dos frutos (Fontes, J.R.M. [mensagem pessoal]).

O amolecimento do mamão acontece no período de 6 a 12 dias quando o fruto é colhido no estágio um (1), no qual se observa o início do desaparecimento da cor verde, juntamente com o aparecimento de alguns traços de coloração amarela na extremidade basal. (Chan Jr. et al. 1979, 1981).

Para estudo das qualidades do fruto, podem ser adotados vários parâmetros, sejam eles físicos, como peso, comprimento, largura, espessura e firmeza da polpa, sejam químicos, como conteúdo de carboidratos, proteínas e vitaminas (Marique & Lajolo, 2004).

O fruto do mamoeiro varia em tamanho (pequeno, médio, grande e muito grande) e na forma, de acordo com o cultivar e o tipo de flor que lhe deu origem (Manica, 1982). O padrão para frutos do grupo ‘Solo’, nas condições de cultivo do estado do Espírito Santo, é de formato piriforme com peso médio de 350 a 450 gramas. (Marin et al., 1995). Frutos do grupo “Solo”, analisados por Carvalho et al. (1992), apresentaram peso entre 404,8g e 584,5 g, comprimento entre 13,3 cm e 14,8 cm e diâmetro entre 7,86 cm e 9,21 cm. Na composição química da polpa do mamão predominam água (86,8%), açúcares (12,18%) e proteínas (0,5%).

A variação da composição de açúcares solúveis e insolúveis tem um papel importante na definição final dos teores de sólidos solúveis totais das frutas sendo assim a caracterização e quantificação de teores destes carboidratos importantes para a diferenciação das variedades e dos diferentes estádios de amadurecimento (Gómez et al. 2002).

A textura indica o estágio de maturação do fruto, sendo considerado como um dos principais atributos de qualidade, influenciando a aceitabilidade dos consumidores. Assim, frutos com baixa firmeza apresentam menor resistência ao transporte, armazenamento e ao manuseio (Fagundes & Yamanishi, 2001). As mudanças texturais são atribuídas à atividade

de enzimas que degradam a parede celular e não à degradação de amido, uma vez que já foi constatado que o fruto não possui este constituinte durante a ontogenia (Chan Jr. et al. 1979, 1981). Em mamões, estudos têm sido conduzidos a respeito da degradação enzimática da parede celular durante o amadurecimento (Chan Jr. et al., 1981; Chan Jr. e Tam, 1982; Lazan , Selamat e Ali, 1995). D’Innocenzo (1996) observou as atividades da poligalacturonase e da pectinametilesterase em vários estádios de desenvolvimento e concluiu que o amolecimento ocorria quando a atividade da pectinametilesterase era mínima e a da poligalacturonase era máxima.

A preservação do mamão em temperatura ambiente é desejável, uma vez que a quase totalidade da fruta comercializada ao nível de 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.

Com a queda de barreiras comerciais entre os países, na última década podemos observar um rápido aumento no mercado de frutos, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. A demanda por frutos exóticos, principalmente frescos de origem tropical e subtropical, está em plena expansão nos países da Europa. Sendo assim, cresce a necessidade de frutos com elevada qualidade para o mercado consumidor. Para isso, é necessário o conhecimento da fisiologia destes produtos vegetais para aplicação e desenvolvimento de avançadas técnicas de conservação pós-colheita segundo a necessidade de cada cultura.

O Brasil caracteriza-se por ser um país com ampla produção dos mais variados tipos de alimento hortofrutícolas. Porém possui também o aspecto negativo das altas perdas pós-colheita, sendo um dos que mais perde alimentos nesta etapa. Em países em desenvolvimento, estima-se que as perdas de pós-colheita oscilem entre 20 e 80% para frutos como mamão, banana, tomates, e cítricos.

A produção e os rendimentos financeiros não se resumem apenas no intervalo entre o plantio, a colheita e venda do produto. O aspecto pós-colheita também é importante, visto que a manutenção de um alimento vivo qualquer, por determinado tempo, possibilita não só o abastecimento regular do mercado, como também um maior ganho do produtor, principalmente em situação de baixa oferta do produto e para a exportação dos mesmos.

Considerando a relevância dos aspectos fisiológicos na qualidade e comercialização dos frutos, este trabalho propôs-se estudar as características físicas, bioquímicas e organolépticas durante a pós-colheita de frutos de mamão *Carica papaya*, cultivares Golden e Gran Golden produzidos em lavouras comerciais do Espírito Santo.

2. Objetivos

2.1. Objetivos gerais

- 2.1.1. Avaliar as características físicas, bioquímicas e organolépticas dos frutos de mamão (*Carica papaya* L.) dos cultivares Golden e Gran Golden durante a pós-colheita.
- 2.1.2. Avaliar os efeitos da radiação gama na conservação de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) do cultivar Golden durante a pós-colheita.

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1. Avaliar os frutos quanto às:

- 2.2.1.1. Características físicas:

- ✓ Peso
- ✓ Comprimento
- ✓ Diâmetro
- ✓ Espessura da polpa
- ✓ Perda de água
- ✓ Textura

- 2.2.1.2. Características bioquímicas

- 2.2.1.2.1. Teor de carboidratos

- ✓ Açúcares solúveis totais
- ✓ Açúcares redutores
- ✓ Glicose
- ✓ Açúcares não-redutores

- 2.2.1.2.2. Atividades enzimáticas

- ✓ Atividade da enzima poligalacturonase
- ✓ Atividade da enzima β -galactosidase

2.2.1.3. Comparar estas características entre os cultivares Golden e Gran Golden

2.2.1.4. Associar as características envolvidas na perda de textura dos frutos

2.2.2. Avaliar os frutos de mamão irradiados quanto:

- ✓ Perda de água dos frutos durante o armazenamento
- ✓ Textura da polpa
- ✓ Atividade enzimática da poligalacturonase

3. Materiais e Métodos

3.1. Análises das características físico-químicas

3.1.1. Coleta de frutos:

Para as análises físicas e químicas, frutos de mamão, dos cultivares Golden e Gran Golden, foram coletados mensalmente de plantações comerciais da Gaia Importação e Exportação Ltda, localizada no município de Linhares, região Norte do Espírito Santo.

Para colheita, foi observado o grau de desenvolvimento dos frutos através do surgimento de faixa de cor amarela na casca conforme indicado por Marin et al. (1995). Os frutos foram colhidos manualmente, armazenados em bandejas plásticas e cuidadosamente levados para o laboratório, onde foram selecionados de forma a obter lotes uniformes quanto ao amadurecimento. Os frutos foram mantidos à temperatura ambiente (~ 25 a 30°C) durante todo o período de experimento. A figura 11 mostra frutos do cultivar Golden acondicionados em caixas, preparados para distribuição no mercado interno.

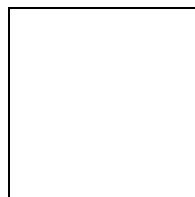


Figura 11 – Frutos do cultivar Golden embalados para distribuição. (Fonte www.gaiapapaya.com.br, acessado em 14/01/2005).

3.1.2 Características físicas:

As análises físicas de peso, comprimento, diâmetro e espessura da polpa foram realizadas no dia da colheita dos frutos e as análises de textura e perda de água foram realizadas nos vários estádios do amadurecimento natural dos frutos (do 1º ao 8º dia). As medidas foram realizadas segundo descrito por Souza (1998) e para todas foram utilizados quatro frutos a cada dia pós-colheita.

3.1.2.1 Peso: Os frutos foram pesados em balança digital (Marte, AS 200, capacidade 2000g e precisão 0,01g). O resultado foi expresso em gramas.

3.1.2.2 Comprimento e Diâmetro: Para as medidas de comprimento e diâmetro, os frutos foram seccionados longitudinalmente, e as medidas foram realizadas em uma das partes do fruto. O comprimento e o diâmetro foram determinados por medidas dos frutos no sentido longitudinal e transversal, respectivamente (figura 12), utilizando um paquímetro e os resultados expressos em centímetros.

3.1.2.3 Espessura da polpa: A espessura da polpa foi determinada por meio de medições na porção mediana dos frutos, utilizando-se um paquímetro. Os frutos foram seccionados longitudinalmente e, após a retirada das sementes, as medidas foram feitas nas duas extremidades de uma das partes do fruto. A espessura da polpa foi obtida pela média dessas medidas, e expressa em centímetros, conforme mostrado na figura 13.

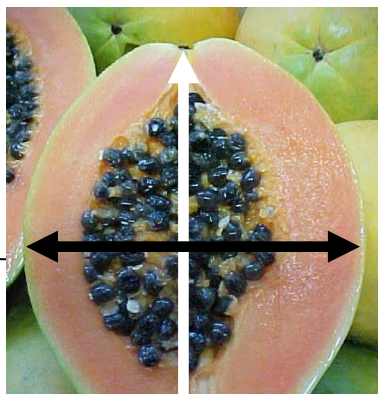


Figura 12 - Fruto do cultivar Golden. Seta branca - medida usada para a determinação do comprimento dos frutos. Seta preta - medida utilizada para determinação do diâmetro do fruto.

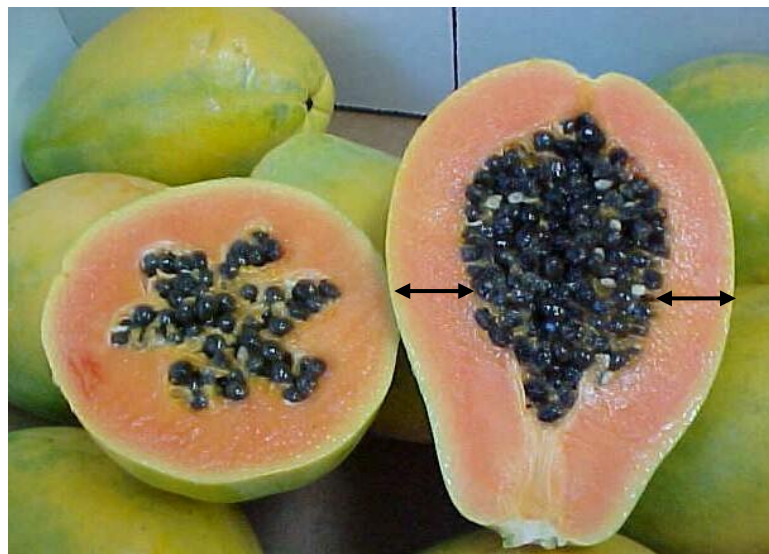


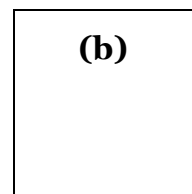
Figura 13 – Fruto do cultivar Golden. As setas indicam o local das medições para determinação da espessura da polpa. O fruto em corte transversal mostra a proporção e distribuição das sementes no fruto.

3.1.2.4 **Perda de água:** A perda de água foi acompanhada pela diminuição do peso do fruto durante os dias pós-colheita. Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de peso por dia pós-colheita.

3.1.2.5 **Textura:** A textura da polpa foi determinada conforme Maccollum et al. (1989), pela resistência à penetração, em regiões equatoriais (3 determinações por fruto), após a retirada da casca (espessura de 1 mm) utilizando um penetrômetro da marca EFFEGI (figura 14). Os valores foram expressos em libras e utilizados para o acompanhamento dos estádios de amadurecimento dos frutos. Valores mais altos correspondem a frutos mais firmes e mais verdes.

(a)

i



(b)

Figura 14 – Medida da textura da polpa no fruto de mamão. (a) Regiões perfuradas onde foram realizadas as medidas; (b) Penetrômetro.

3.1.3 Características químicas

3.1.3.1 Dosagem de açúcares

3.1.3.1.1 Extração de açúcares solúveis: Os açúcares foram extraídos da polpa com etanol 80%, segundo técnica de Hodge & Hofreiter (1962). Para a extração dos açúcares solúveis totais uma amostra de 2 g de polpa foi transferida para um frasco contendo 5mL de etanol 80% fervente. Este processo inativa invertases presentes na polpa que poderiam alterar as concentrações de açúcares redutores e não redutores. Posteriormente a mistura foi macerada em um grau de porcelana, acrescentando-se mais 10 mL de etanol 80% fervente. O homogenato obtido foi incubado por 15 minutos a 37°C para completa extração. Após este período de incubação o volume foi ajustado para 30 mL com etanol 80%. O extrato alcoólico foi obtido por processo de filtração à vácuo e mantido em banho-maria a 37°C até secagem completa. O material seco foi ressuspensão em 20mL de água e armazenado a -25°C até o momento de uso para as dosagens de açúcares solúveis.

3.1.3.1.2 Dosagem de açúcares solúveis totais: A determinação do conteúdo de açúcar solúvel total foi realizada conforme descrito por Hodge & Hofreiter (1962). A cada alíquota de 10 µL do extrato (obtido no item 3.1.3.1.1.) foram adicionados 990 µL de água destilada e 5mL de solução de antrona 0,2% (p/v) em ácido sulfúrico 15M (procedimento realizado em banho de gelo). A mistura foi incubada a 100°C por dez minutos. A absorbância do composto cromogênico formado foi determinada a 620nm após o resfriamento da mistura em banho de gelo. As concentrações de açúcares solúveis totais foram determinadas utilizando uma curva padrão de glicose.

3.1.3.1.3 Dosagem de açúcares redutores: A dosagem de açúcares redutores foi realizada segundo método descrito por Nelson (1944) e Somogy (1952). Nesse método, os açúcares redutores, em meio básico, são oxidados por agentes oxidantes (íons cúpricos - Cu^{2+}), onde o grupo carbonila do açúcar é oxidado a ácido carboxílico. Uma mistura contendo 10 μL do extrato (obtido no item 3.1.3.1.1.), 990 μL de água destilada e 1mL de reativo de cobre⁽¹⁾ foi incubada por 10 minutos a 100°C. Após o período de incubação, a mistura foi resfriada em banho de água corrente. A seguir, 1mL de reativo de arsenomolibdato⁽²⁾ foi acrescentado ao meio, e posteriormente foram adicionados 7 mL de água destilada. A leitura da absorbância do cromógeno formado foi determinada a 540nm. As concentrações de açúcares redutores foram determinadas utilizando-se uma curva padrão de glicose.

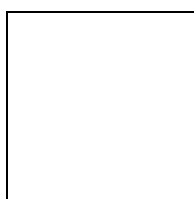
⁽¹⁾ Reagente de cobre: O reagente de cobre foi preparado a partir de 250mL de solução aquosa contendo tartarato de sódio e potássio 4,8% (p/v) e carbonato de sódio anidro 9,6% (p/v). A esta solução foram adicionados, seqüencialmente: 1- 100mL de solução sulfato de cobre 4% (p/v); 2- 16g de bicarbonato de sódio, e 3- 500mL de solução aquosa de sulfato de sódio 36% (p/v). A mistura foi deaerada e o volume final foi ajustado para 1L com água. O precipitado formado durante a primeira semana foi removido por filtração e o sobrenadante utilizado no ensaio.

⁽²⁾ Reagente arsenomolibdato: O reagente arsenomolibdato foi preparado misturando 450mL de solução de molibdato de amônio 5,6% (p/v), 21mL de ácido sulfúrico 96% e 25mL de solução de arsenato ácido de sódio heptahidratado 12%

(p/v). A mistura foi incubada a 37°C por 24h e após esse período armazenada em frasco âmbar para uso.

3.1.3.1.4 Açúcares não redutores: Os valores dos açúcares não redutores foram determinados pela diferença entre os valores de açúcares solúveis totais e açúcares redutores (Souza, 1998).

3.1.3.1.5 Dosagem de Glicose: A dosagem de glicose foi realizada utilizando-se o Kit Bio System (método enzimático – colorimétrico). Este método é específico para a glicose e se baseia nas seguintes reações:



A glicose é oxidada a ácido glicurônico pela glicose oxidase com liberação de peróxido de hidrogênio, este, é reduzido pela peroxidase na presença de 4-aminoantipirina, formando um composto de cor vermelha, cuja absorbância medida a 500 nm, é proporcional à concentração de glicose na amostra. Uma mistura contendo 10µL do extrato (obtido no item 3.1.3.1.1.) e 2,5mL de reagente foram incubados por 10 minutos à temperatura ambiente.

Após esse período de incubação foi feita a leitura da absorbância a 500nm. As concentrações foram determinadas através de uma curva de calibração utilizando-se a glicose como padrão.

3.1.3.2 Dosagem protéica e atividade enzimática

3.1.3.2.1 **Extração protéica:** As proteínas foram extraídas segundo metodologia descrita por Karakurt & Huber (2003). Uma amostra de 20g da polpa e 40mL de etanol gelado ($\approx 4^{\circ}\text{C}$) foram homogeneizados durante 2 minutos em mixer para extração de carboidratos. Uma alíquota de 8 mL do homogenato foi centrifugado 16000g por 20 minutos a 4°C . O sobrenadante foi descartado e o precipitado foi homogeneizado com 5 mL de etanol 80% gelado e centrifugado novamente a 16000g por 20 minutos a 4°C . Após o descarte do sobrenadante, o precipitado foi ressuspenso em 2 mL de tampão acetato de sódio (25mM pH 5,0 contendo NaCl 1,2M), incubado por 30 minutos à 4°C e posteriormente centrifugado a 16000g por 20 minutos a 4°C . O sobrenadante obtido, denominado extrato protéico, foi utilizado para dosagens de proteínas e atividades enzimáticas (poligalacturonase e β -galactosidase).

3.1.3.2.2 **Dosagem de proteínas:** O conteúdo protéico do extrato foi determinado pelo método de Lowry *et al.* (1951), utilizando soro albumina bovina (BSA – Sigma) como padrão. Uma solução diluída de 500 μL de água Milli-Q, contendo a amostra era acrescida de 5mL de reagente de cobre (solução de tartarato de sódio e potássio 2% (p/v), sulfato de cobre 2% (p/v), carbonato de sódio 3% (p/v) em NaOH 0,1 M, na relação 1:1:48). Após 10 minutos de repouso, 0,5mL de reagente de Folin (1:2 de água) foram adicionados e a leitura da absorbância a 660 nm foi feita após 10 minutos da adição deste reagente.

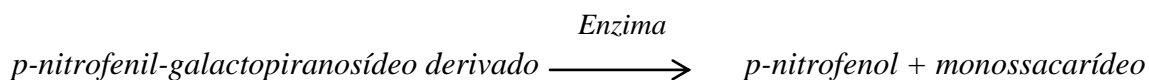
3.1.3.2.3 **Dosagem de atividade da poligalacturonase:** A atividade da poligalacturonase foi determinada segundo método descrito por Collmer *et al.* (1988), usando ácido poligalacturônico (Sigma) como substrato. Os grupos redutores liberados deste substrato por

ação da enzima (monossacarídeos) foram mensurados segundo Nelson (1944) e Somogy (1952). Antes do início da reação, 2,5mL de solução de substrato⁽¹⁾ e 400μL de tampão acetado de sódio 25mM pH 5,0 contendo NaCl 1,2M foram pré-incubados a 37°C por 10 minutos. A reação foi iniciada pela adição de 100μL do extrato protéico (obtido conforme item 3.1.3.2.1.). Essa mistura foi incubada a 37°C por 30 minutos. Posteriormente, uma alíquota de 100μL foi removida e a esta foi adicionada 750μL de reagente de cobre⁽²⁾ e 650μL de tampão acetado de sódio 75mM pH 5,3, sendo imediatamente incubada a 100°C por 10 minutos para paralisar a reação. Após esse período, a mistura foi resfriada e 1,5mL de reagente arsenomolibdato⁽²⁾ foi adicionado à mistura. Passados 20 minutos, a absorbância do composto cromogênico formado foi determinada a 500nm. A atividade poligalacturonásica foi expressa em porcentagem da absorbância, sendo esta ajustada para um valor constante de proteínas. O maior valor encontrado corresponde a 100%.

⁽¹⁾ Solução de substrato: Ácido poligalacturônico 0,24% (p/v) em tampão acetado de sódio 75mM, pH 5,3, contendo EDTA 7,5mM e NaCl 0,12M. Após a mistura o pH final foi ajustado para 5,3.

⁽²⁾ Conforme descrito no item 3.1.3.1.3.

3.1.3.2.4 Dosagem da atividade da β-Galactosidase: A atividade da β-galactosidase foi determinada segundo método descrito por Karakurt & Huber (2003) utilizando como substrato *p*-nitrofenil-β-galactopiranosídeo. O método baseia-se na seguinte reação:



onde o β -galactopiranosídeo é hidrolisado pela ação da β -galactosidase, liberando p-nitrofenol e o monossacarídeo. A atividade da enzima foi determinada através da estimativa do p-nitrofenol liberado, que forma um cromógeno amarelo sob condições alcalinas, apresentando λ máximo a 400nm e o coeficiente de extinção molar de $18,1 \times 10^3$.

Uma amostra de 350 μ L da solução de p-nitrofenil- β -galactopiranosídeo (6,6mM em tampão acetado de sódio 100mM, pH 5,2) e 325 μ L de tampão acetado de sódio 25mM pH 5,0 contendo NaCl 1,2M foram pré-incubados a 37°C por 10 minutos. Em seguida adicionou-se 25 μ L do extrato protéico (obtido no item 3.1.3.2.1.) e o período de incubação para reação enzimática foi de 20 minutos a 37°C. Ao final desse tempo, a reação foi paralisada pela adição de 1,75mL de NH₄OH 1M contendo EDTA 2mM e a absorbância do p-nitrofenol foi determinada a 400nm. A atividade galactosidásica foi expressa em unidades enzimáticas, sendo 1 unidade definida como a quantidade de enzima que libera 1 nmol de p-nitrofenol por minuto nas condições da reação.

3.2 Efeito da radiação gama nos frutos de mamão

3.2.2 Coleta de frutos:

Para este experimento, os frutos foram colhidos em lavouras comerciais do grupo Solo, cultivar Golden, representativas da região norte do ES, cedidos pela Caliman Agrícola

S/A. Os frutos utilizados foram coletados no estádio “um” de maturação (Marin et al., 1995) e conduzidos imediatamente e adequadamente aos laboratórios. A figura 15 mostra frutos do cultivar Golden preparados para transporte.

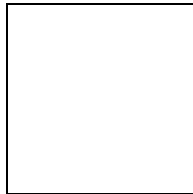


Figura 15 – Frutos de mamão, cultivar Golden, embaladas para o mercado interno. (www.caliman.com.br - acessado em 17/01/2005).

3.2.2 Irradiação dos frutos:

Os frutos teste foram conduzidos via área para o Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear - Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN), Belo Horizonte – MG, para o processo de irradiação, e posteriormente conduzido ao laboratório da UFES.

Os frutos foram irradiados no 1º dia pós-colheita, utilizando um irradiador panorâmico, MSD Nordion (Canadá), equipado com fonte de Cobalto-60 armazenada a seco, e sistema de mesas giratórias para homogeneização de doses. Os frutos foram irradiados com 2 doses (0,6 e 1,0 kGy) de acordo com Paull (1995) e Pimentel& Walder (2004). Os tratamentos foram denominados 1 – 0,0 kGy

(controle); 2 – 0,6 kGy; 3 – 1,0 kGy. Após irradiação, os frutos foram acondicionados em caixas de papelão, mantidas em sala fechada, com temperatura ambiente (\cong 25 a 30°C), e umidade relativa semelhantes às aquelas encontradas quando os frutos foram mantidos em meio natural para o processo de amadurecimento. As análises foram iniciadas no primeiro dia após a irradiação (2º dia pós-colheita).

Para todas as análises foram utilizados 3 ou 4 frutos para cada tratamento, durante os dias correspondentes ao amadurecimento, dentro do período de vida útil do fruto.

3.2.3 Análises físicas

As análises de perda de água dos frutos e textura da polpa foram realizadas conforme descrito nos itens 3.1.2.4. e 3.1.2.5.

3.2.4 Atividade da poligalacturonase

A atividade da enzima foi realizada conforme descrito no item 3.1.3.2.3.

3.3 Análise estatística:

Para análise estatística das variáveis estudadas foi empregada a análise de variância (ANOVA), seguida pelo cálculo das diferenças mínimas entre as médias, pelo método de Tukey a 5%. A análise de correlação e regressão foi realizada no programa Microsoft Office Excel 2003 sendo descrito por Lapponi (2000).

4. Resultados

Este trabalho abordou dois pontos que embora tenham sido realizados em experimentos separados, guardam estreita relação na busca do conhecimento da fisiologia e bioquímica do amadurecimento dos frutos de mamão.

São eles:

- 4.1 Estudo comparativo de características físicas, bioquímicas e organolépticas durante os diferentes estádios de amadurecimento de frutos de mamão, dos cultivares Golden e Gran Golden, durante os dias pós-colheita em diferentes estações do ano.

- 4.2 Avaliação dos efeitos da radiação gama na conservação de frutos de mamão durante o amadurecimento.

4.1. Estudo comparativo de características físicas, bioquímicas e organolépticas durante os diferentes estádios de amadurecimento de frutos de mamão, cultivares Golden e Gran Golden, durante os dias pós-colheita em diferentes estações do ano.

4.1.1. Análises físicas

4.1.1.1. Peso

A figura 16 mostra as medidas do peso médio de frutos coletados nos meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro, dos cultivares Golden e Gran Golden e a média do peso de todos os frutos durante todo o período analisado. Não foram encontradas

diferenças significativas entre o peso médio dos frutos dos dois cultivares como também entre os meses analisados. Em todo o período de estudo foi observada uma grande variação no peso dos frutos, havendo uma oscilação entre 290,94g a 613,19g e 326,05g a 748,54g para frutos Golden e Gran Golden, respectivamente. O peso médio dos frutos do cultivar Golden foi de 417,61g e para o cultivar Gran Golden 452,42g.

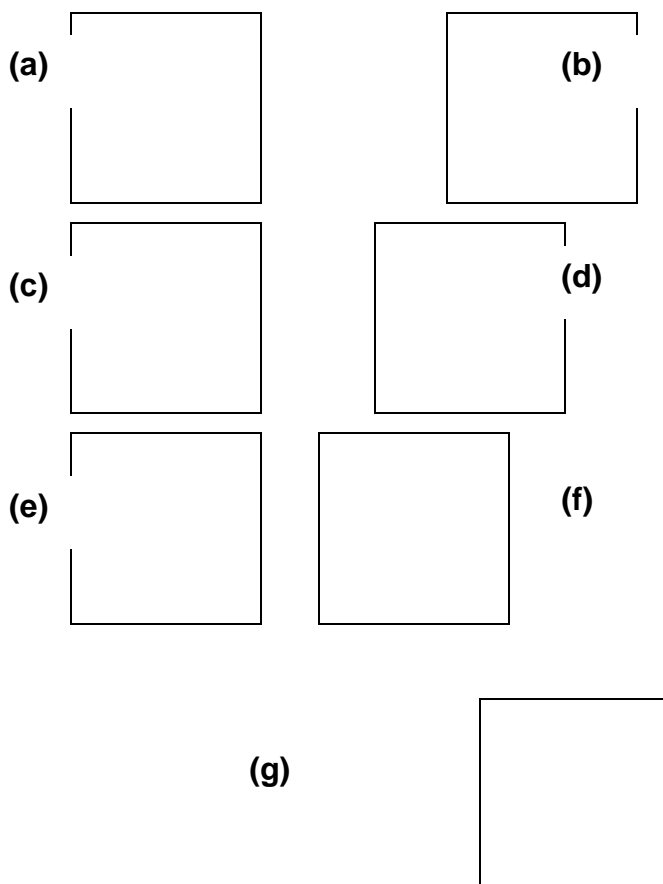


Figura 16 – Peso médio mensal dos frutos de mamão dos cultivares Golden e Gran Golden. (a) Janeiro, (b) Março, (c) Maio, (d) Julho, (e) Setembro, (f) Novembro e (g) Média do peso dos frutos durante o período analisado. (*) sem diferença significativa. (n=32).

4.1.1.2. Comprimento e Diâmetro

Os valores das medidas de comprimento e diâmetro dos frutos para os dois cultivares durante os meses analisados estão representados nas figura 17 e 18 respectivamente. Não foram encontradas diferenças significativas destes parâmetros tanto entre cultivares quanto entre os meses analisados. O comprimento dos frutos variou entre 11,5 a 14,9 cm para frutos Golden e entre 11,4 a 15,2 cm para frutos Gran Golden, a largura entre 7,0 a 9,5 cm (Golden) e 6,9 a 9,6 cm (Gran Golden). O comprimento médio foi de 12,74cm e 13,09 cm e a largura média 8,23 e 8,35 cm para os cultivares Golden e Gran Golden respectivamente.

4.1.1.3. Espessura da polpa

Na figura 19 estão representados os valores de espessura da polpa dos frutos para os dois cultivares durante os meses analisados.

A espessura da polpa variou entre 1,7 a 3,0 cm (média de 2,07 cm) para frutos Golden e 1,5 a 2,9 cm (média de 2,08 cm) para frutos Gran Golden. Os valores encontrados mostram que não há diferença significativa entre os cultivares e entre os meses analisados.

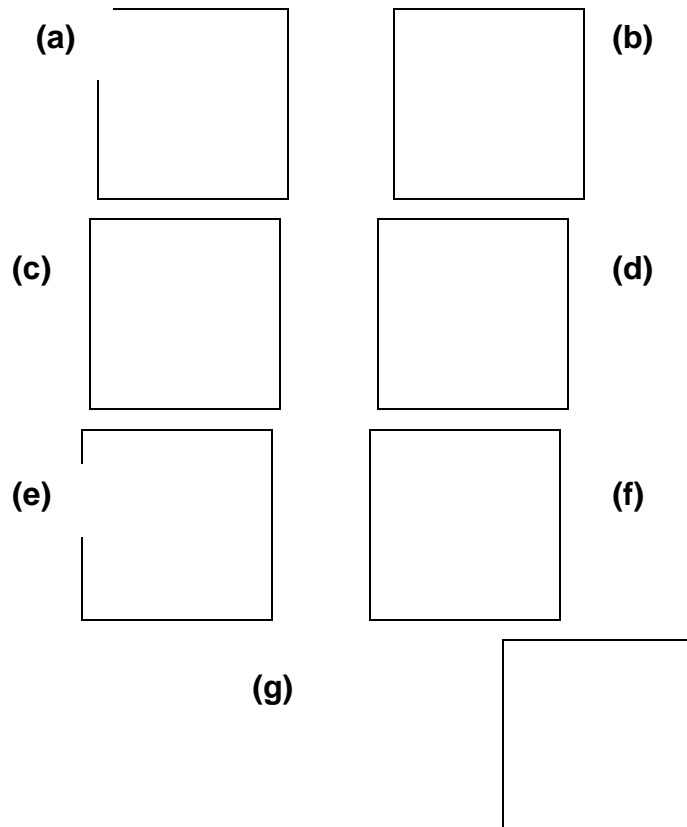
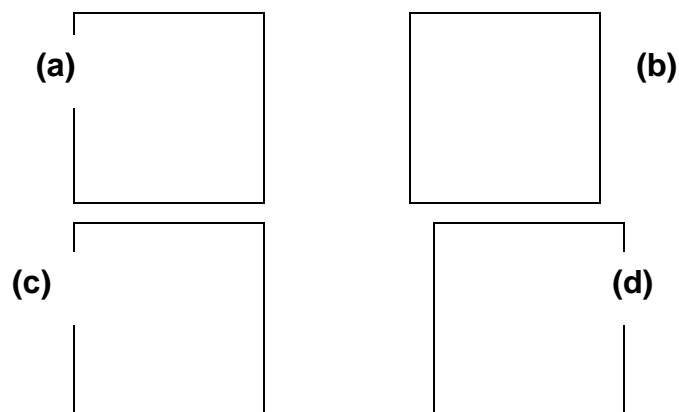


Figura 17 – Comparação entre o comprimento médio mensal dos frutos de mamão dos cultivares Golden e Gran Golden. (a) Janeiro, (b) Março, (c) Maio, (d) Julho, (e) Setembro, (f) Novembro e (g) Média do comprimento dos frutos durante o período analisado. (*) sem diferença significativa. (n=32).



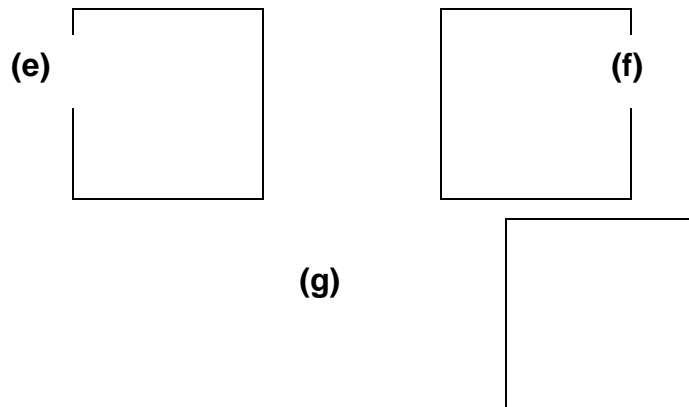


Figura 18 – Comparação entre o diâmetro médio mensal dos frutos de mamão dos cultivares Golden (G) e Gran Golden (GG). (a) Janeiro, (b) Março, (c) Maio, (d) Julho, (e) Setembro, (f) Novembro e (g) Média do diâmetro dos frutos durante o período analisado. (*) sem diferença significativa. (n=32).

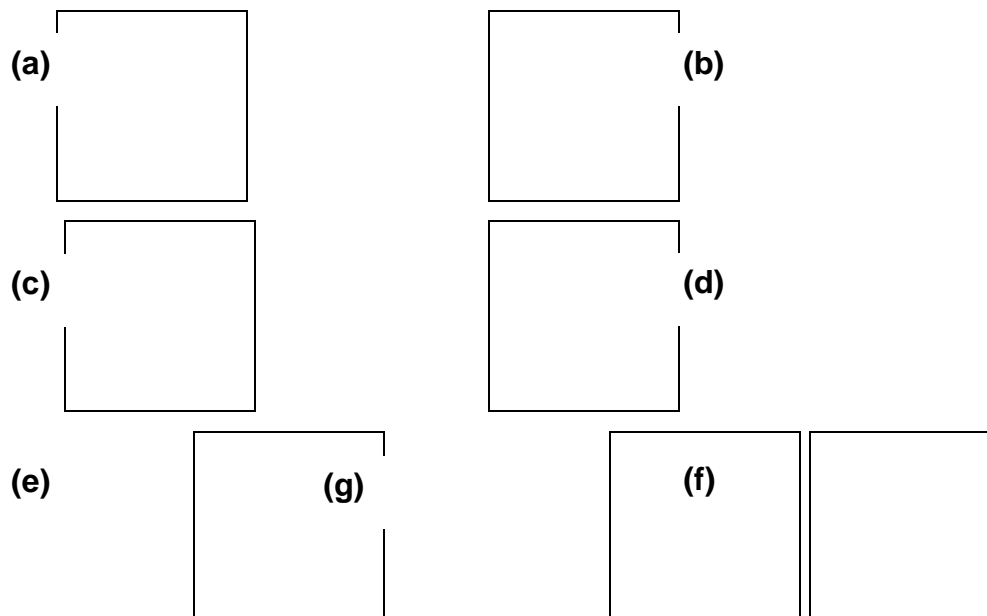


Figura 19 – Comparação entre a espessura média mensal dos frutos de mamão dos cultivares Golden (G) e Gran Golden (GG). (a) Janeiro, (b) Março, (c) Maio, (d) Julho, (e) Setembro, (f) Novembro e (g) Média da espessura dos frutos durante o período analisado. (*) sem diferença significativa. (n=32).

4.1.1.4. Perda de água

Os resultados referentes às medidas de perda de água para os cultivares Golden e Gran Golden, durante os dias pós-colheita são mostrados na figura 20. Observa-se uma perda de água diária de $\approx 1,03\%$. Do 1º ao 8º dia pós-colheita foi observada uma perda total de 6,53% para o cultivar Golden e 7,88% para Gran Golden (figura 20c), não havendo diferença significativa desta característica entre os dois cultivares como também entre os meses analisados.

4.1.1.5. Textura

A figura 21 mostra os resultados da análise da textura dos frutos durante os dias pós-colheita. O início do amolecimento (perda da textura) ocorre no 4º dia pós-colheita, sendo que, a alteração é mais acentuada do 5º para o 6º dia, perdendo completamente sua textura (zero libras) a partir do 8º dia pós-colheita. Não foram encontradas diferenças significativas deste parâmetro entre os cultivares, nem durante os meses analisados para ambos.

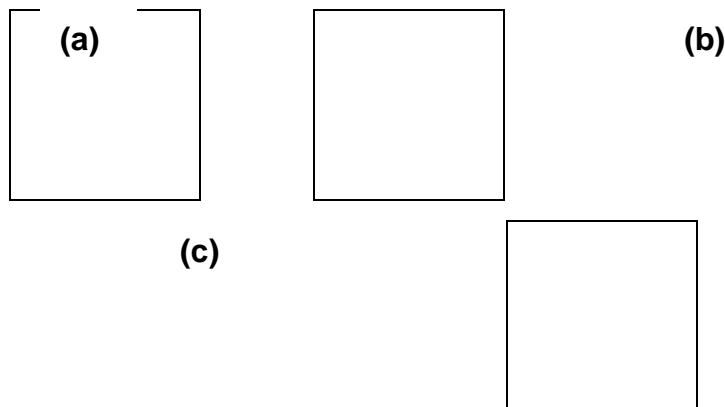


Figura 20 – Porcentagem de perda de água acumulada durante os dias pós-colheita. (a) Golden e (b) Gran Golden. (c) Perda total de água (%) do mamão durante o amadurecimento

dos frutos em temperatura ambiente. Figura representativa de todos os meses analisados. (*) sem diferença significativa. (n=20).

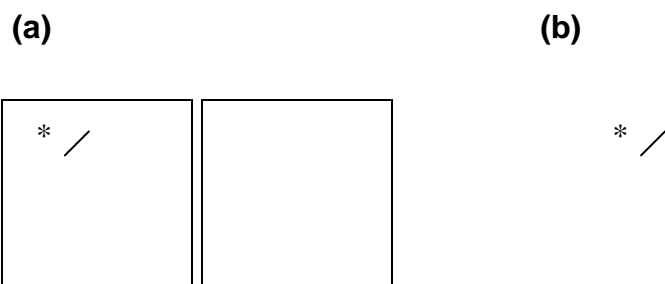


Figura 21 – Comparação entre a textura média dos frutos de mamão dos cultivares Golden (a) e Gran Golden (b). (*)/ Indicam valores acima da capacidade de leitura do aparelho. Figura representativa de todos os meses analisados. A significância das diferenças entre os grupos foi determinada por ANOVA uma via seguida do teste Tukey 5%. (n=32).

4.1.2. Análises químicas

4.1.2.1. Açúcares

As figuras 22 e 23 mostram os resultados referentes às médias diárias dos teores de açúcares solúveis totais para os cultivares Golden e Gran Golden, nos meses analisados. Observa-se que durante o amadurecimento, a concentração de açúcar total varia de 7,5% a 11% para o cultivar Golden e 7,6% a 11,5% para o cultivar Gran Golden. Não foram observadas alterações no teor de carboidratos nos três primeiros dias pós-colheita mantendo-se $9\% \pm 1,39$, apresentando no 4º dia uma redução significativa para níveis de $7,5\% \pm 1,28$, com posterior aumento até o 6º dia, sendo que neste dia já se alcança o teor máximo de açúcares solúveis totais.

Nas figuras 24 e 25 estão representados os resultados das dosagens de açúcares redutores, na polpa dos frutos Golden e Gran Golden. Os teores de açúcares redutores permaneceram $4\% \pm 0,89$ em ambos os cultivares (até o 3º dia pós-colheita). Semelhante ao

que aconteceu nas concentrações de açúcar total há um aumento gradativo a partir do 4º dia, mantendo-se estável a partir do 6º dia ($6\% \pm 0,98$). A análise, durante os dias pós-colheita, do teor de glicose, um açúcar redutor, seguiu o mesmo perfil obtido para o conteúdo de açúcares redutores. O conteúdo de glicose manteve-se no nível de $2,5\% \pm 0,47$ até o 3º dia, aumentando a partir do 4º dia alcançando índices máximos já no 6º dia pós-colheita ($4\% \pm 0,78$). As figuras 26 e 27 mostram os resultados das dosagens de glicose, na polpa dos frutos Golden e Gran Golden, durante o amadurecimento.

Nas figuras 28 e 29 estão representados os resultados de açúcares não-redutores, na polpa dos frutos Golden e Gran Golden. O conteúdo de açúcares não redutores mantendo-se $5\% \pm 0,96$ em ambos os cultivares até o 3º dia pós-colheita. No 4º dia ocorreu uma redução para níveis de $3\% \pm$ desvio, com posterior aumento no 5º dia, mantendo-se estável a partir do 6º dia pós-colheita ($4,5\% \pm 0,91$), entretanto apresentando um conteúdo menor que nos dias iniciais do amadurecimento.

A análise dos resultados dos teores de açúcares solúveis totais, açúcares não redutores, açúcares redutores e glicose, indicam não haver diferença significativa desses parâmetros tanto entre os cultivares quanto durante os meses analisados.

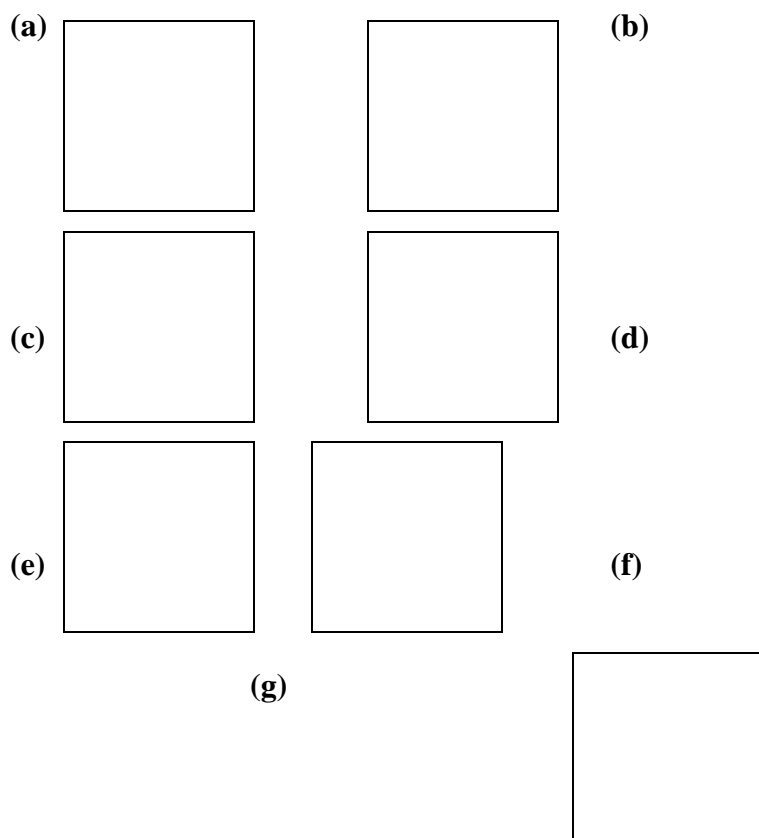
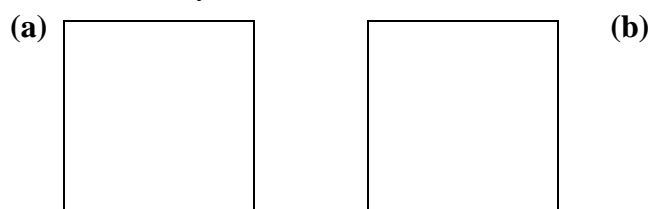


Figura 22 – Teores de açúcares solúveis totais dos frutos de mamão do cultivar Golden durante os dias pós-colheita nos meses de (a) janeiro, (b) março, (c) maio, (d) julho, (e) setembro e (f) novembro. (g) Média do teor de açúcar total durante os meses analisados. A significância das diferenças entre os grupos foi determinada por ANOVA uma via seguida do teste Tukey 5%. (n=32).



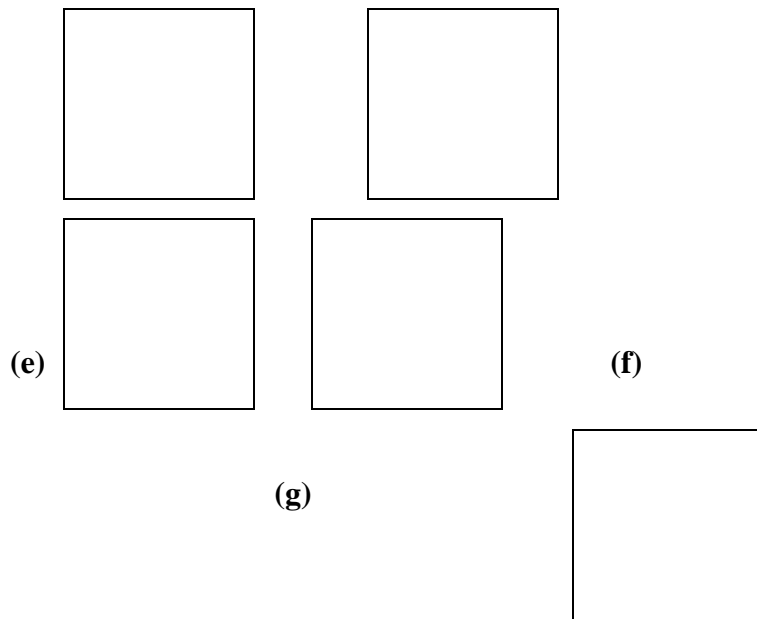


Figura 23 – Teores de açúcares solúveis totais dos frutos de mamão do cultivar Gran Golden durante os dias pós-colheita nos meses de (a) janeiro, (b) março, (c) maio, (d) julho, (e) setembro e (f) novembro. (g) Média do teor de açúcar total durante os meses analisados. A significância das diferenças entre os grupos foi determinada por ANOVA uma via seguida do teste Tukey 5%. (n=32).

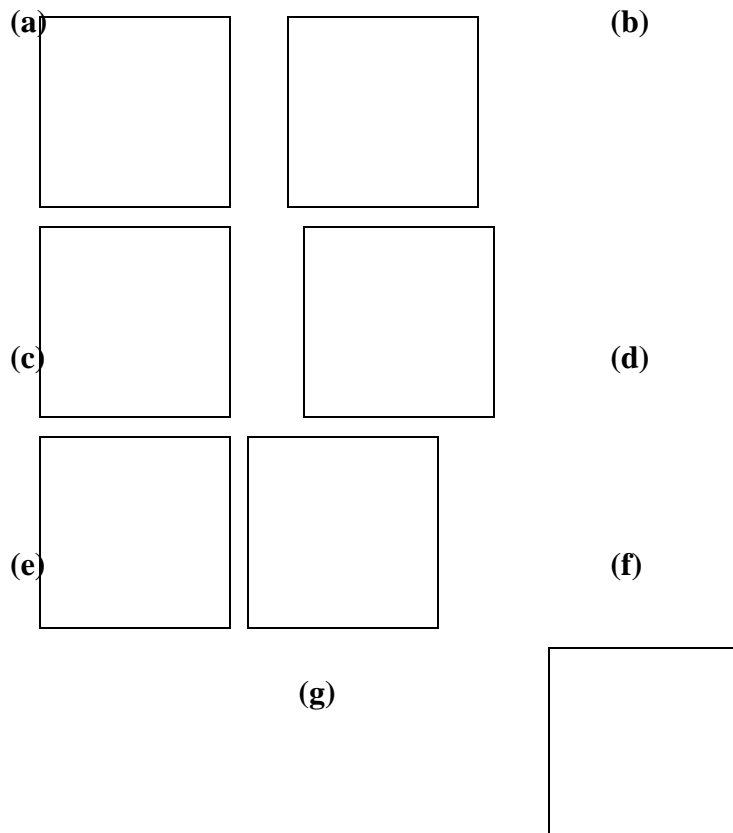


Figura 24 – Teores de açúcares redutores dos frutos de mamão do cultivar Golden durante os dias pós-colheita nos meses de (a) janeiro, (b) março, (c) maio, (d) julho, (e) setembro e (f)

novembro. (g) Média do teor de açúcar total durante os meses analisados. A significância das diferenças entre os grupos foi determinada por ANOVA uma via seguida do teste Tukey 5%.

(n=32).

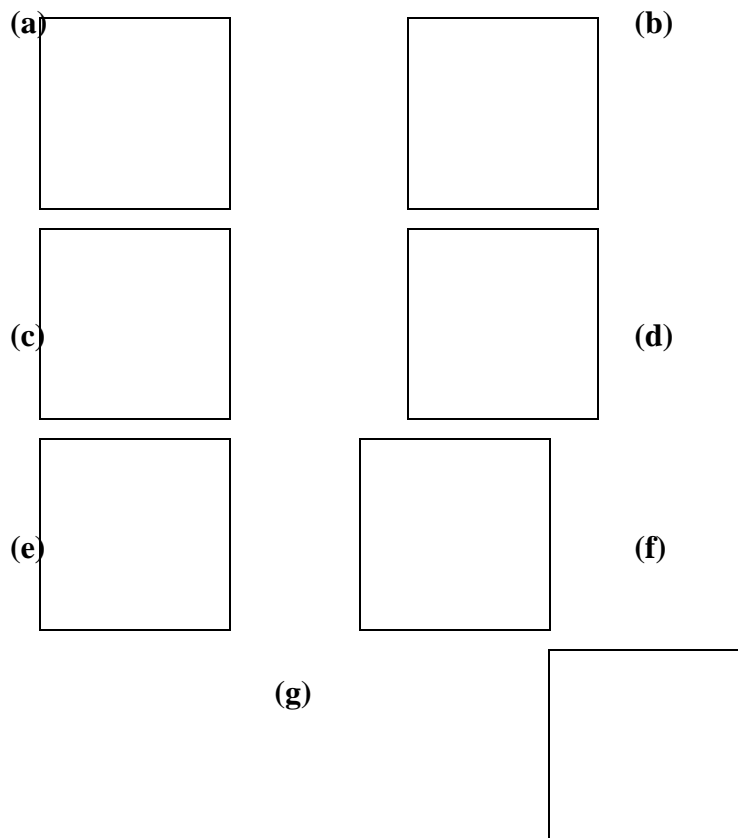
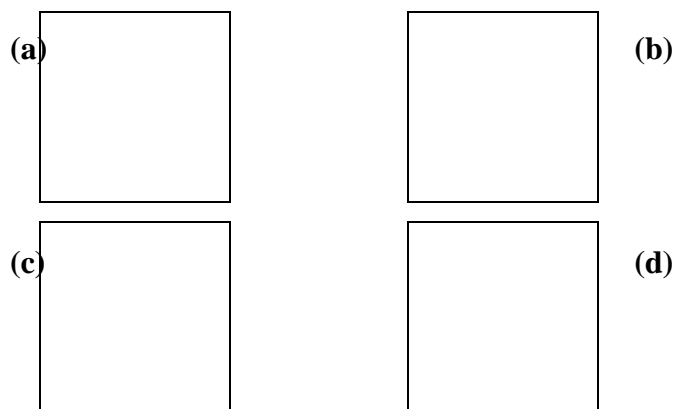


Figura 25 – Teores de açúcares redutores dos frutos de mamão do cultivar Gran Golden durante os dias pós-colheita nos meses de (a) janeiro, (b) março, (c) maio, (d) julho, (e) setembro e (f) novembro. (g) Média do teor de açúcar total durante os meses analisados. A significância das diferenças entre os grupos foi determinada por ANOVA uma via seguida do teste Tukey 5%. (n=32).



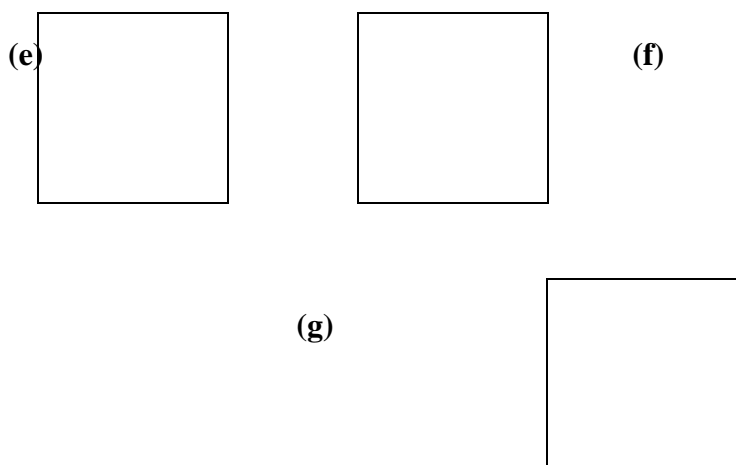


Figura 26 – Teores de glicose dos frutos de mamão do cultivar Golden durante os dias pós-colheita nos meses de (a) janeiro, (b) março, (c) maio, (d) julho, (e) setembro e (f) novembro. (g) Média do teor de açúcar total durante os meses analisados. A significância das diferenças entre os grupos foi determinada por ANOVA uma via seguida do teste Tukey 5%. (n=32).

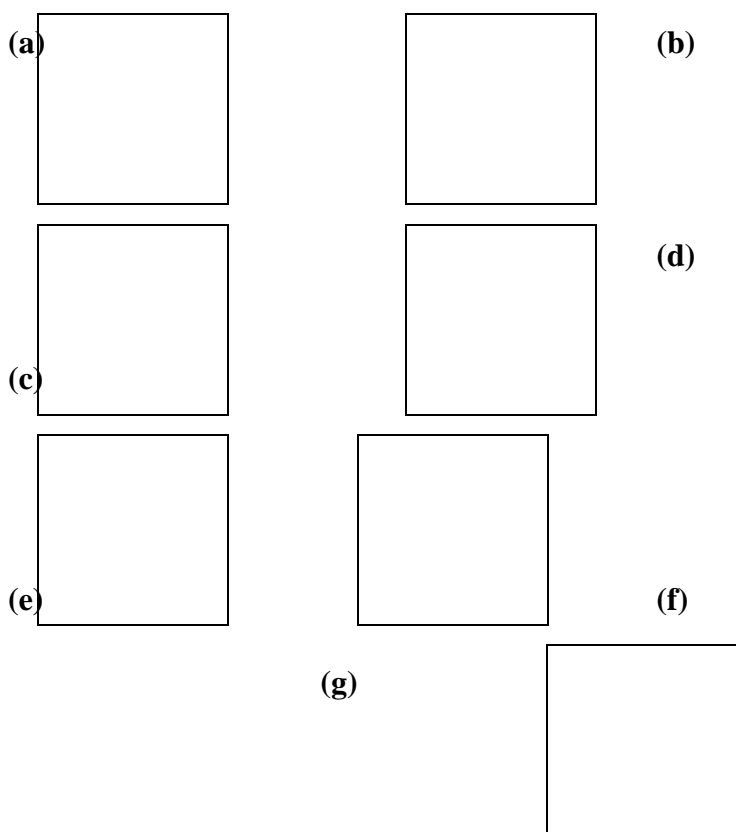


Figura 27 – Teores de glicose dos frutos de mamão do cultivar Gran Golden durante os dias pós-colheita nos meses de (a) janeiro, (b) março, (c) maio, (d) julho, (e) setembro e (f) novembro. (g) Média do teor de açúcar total durante os meses analisados. A significância das diferenças entre os grupos foi determinada por ANOVA uma via seguida do teste Tukey 5%. (n=32).



Figura 28 – Teores de açúcares não-redutores dos frutos de mamão do cultivar Golden durante os dias pós-colheita. Os valores representam a média do teor de açúcar não-redutor durante os meses analisados. A significância das diferenças entre os grupos foi determinada por ANOVA uma via seguida do teste Tukey 5%. (n=32).

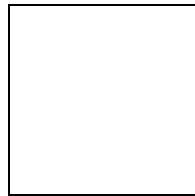


Figura 29 – Teores de açúcares não-redutores dos frutos de mamão do cultivar Gran Golden durante os dias pós-colheita. Os valores representam a média do teor de açúcar não-redutor durante os meses analisados. A significância das diferenças entre os grupos foi determinada por ANOVA uma via seguida do teste Tukey 5%. (n=32).

4.1.2.2. Atividade da enzima Poligalacturonase

Os resultados referentes à avaliação diária da atividade da enzima poligalacturonase durante o amadurecimento dos frutos de mamão estão representados na figura 30. Observa-se um decréscimo na atividade da enzima no 2º dia pós-colheita. Nos dias posteriores a atividade aumenta apresentando pico máximo no 6º dia com posterior declínio. Não foram encontradas

diferenças significativas na atividade desta enzima tanto nos diferentes meses analisados quanto entre os cultivares Golden e Gran Golden.

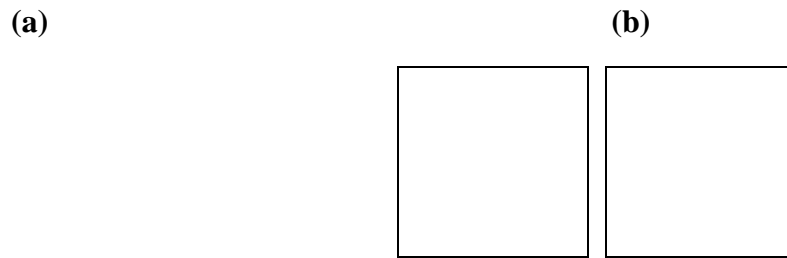
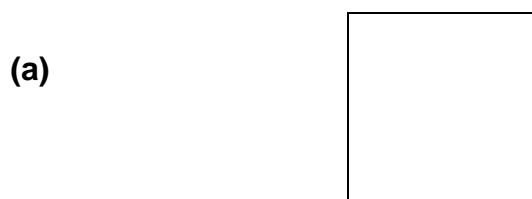


Figura 30 – Perfil da atividade da enzima poligalacturonase durante os dias pós-colheita dos frutos de mamão, cultivares (a) Golden e (b) Gran Golden. A atividade foi expressa em porcentagem, sendo o maior valor encontrado correspondente a 100%. A significância das diferenças entre os grupos foi determinada por ANOVA uma via seguida do teste Tukey 5%. (n=4).

4.1.2.3. Atividade da enzima β -Galactosidase

A figura 31 mostra o resultado da avaliação diária da atividade da enzima β -galactosidase na polpa dos frutos de mamão durante os dias pós-colheita. Os resultados indicam que a atividade da enzima β -galactosidase aumenta gradativamente com o amadurecimento. Não foram encontradas diferenças significativas nos resultados quando comparados os cultivares Golden e Gran Golden.



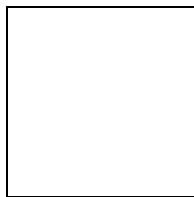
(b)

Figura 31 – Perfil da atividade da enzima β -Galactosidase durante os dias pós-colheita dos frutos de mamão, cultivares (a) Golden e (b) Gran Golden. A atividade foi expressa nmol de p-nitrofenil liberado por grama de proteína por minuto. A significância das diferenças entre os grupos foi determinada por ANOVA uma via seguida do teste Tukey 5%. (n=4).

4.2. Avaliação dos efeitos da radiação gama na conservação de frutos de mamão durante o amadurecimento

4.2.1. Análises físicas

4.2.1.1. Perda de água

_____A figura 32 mostra os resultados referentes aos efeitos da radiação gama sobre a perda de água dos frutos de mamão, durante o amadurecimento. O tratamento com radiação gama reduziu a perda de água dos frutos de forma dose dependente. As doses 0,6kGy e 1,0kGy reduziram em 9,45% e 39,88%, respectivamente.

4.2.1.2. Textura

Na figura 33 estão representados os resultados das medidas diárias da textura dos frutos de mamão submetidos a radiação gama. As duas doses testadas (0,6 e 1,0 kGy) retardaram em 2 dias o início da perda de textura. Os frutos submetidos a radiação apresentaram no 12º dia pós-colheita características texturais semelhantes a frutos controle com 7 a 8 dias pós-colheita.

A figura 34 mostra o aspecto da polpa dos frutos (controle e irradiados) no 10º dias pós-colheita, e a aparência visual externa durante os dias pós-colheita, confirmando o efeito da radiação na manutenção da textura dos frutos.

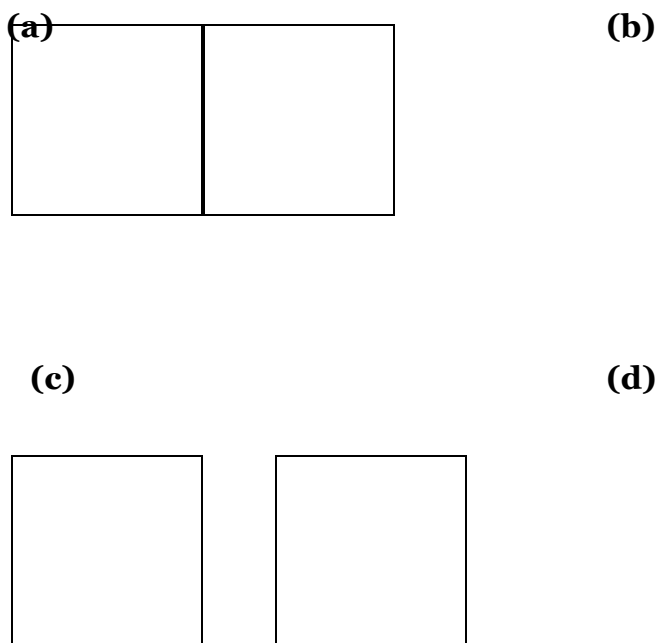


Figura 32 – (a) Perda total de água (%) do mamão dos tratamentos controle, 0,6kGy e 1,0kGy, durante o amadurecimento dos frutos em temperatura ambiente. Porcentagem acumulada de perda de água diária durante os dias pós-colheita. Perda de água diária acumulada (b) Controle, (c) 0,6kGy e (d) 1,0kGy. A significância das diferenças entre os grupos foi determinada por ANOVA uma via seguida do teste Tukey 5%. (n=4).

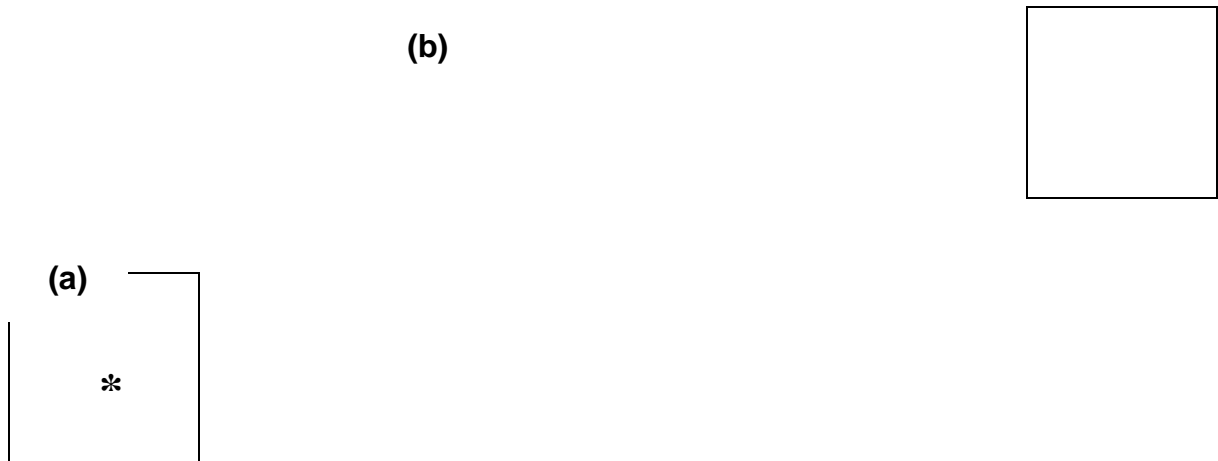
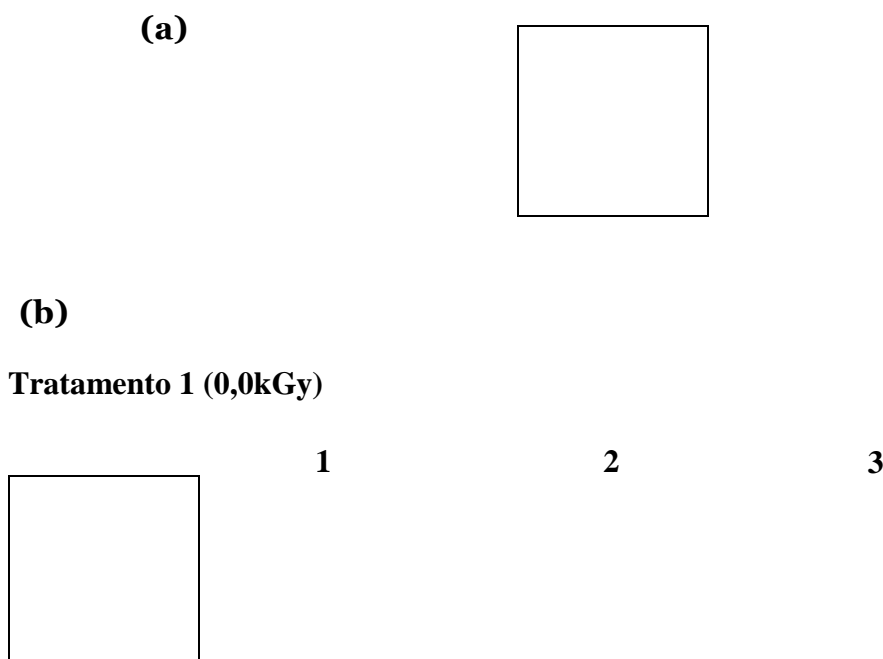
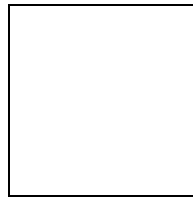
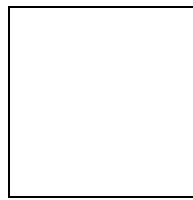


Figura 33 – (a) Comparação entre a textura média dos frutos de mamão do cultivar Golden nos tratamentos (1) controle, 2 (0,6kGy) e 3 (1,0kGy). (b) Figura inserida para facilitar análise dos resultados. (*) Indicam valores acima da capacidade de leitura do aparelho. A significância das diferenças entre os grupos foi determinada por ANOVA uma via seguida do teste Tukey 5%. (n=32).



Tratamento 2 (0,6kGy)**Tratamento 3 (1,0kGy)**

2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Dias pós-colheita

Figura 34 – (a) Aspecto visual interno da polpa dos frutos de mamão, cultivar Golden, controle e irradiados no 10º dia após a colheita. (b) Aspecto visual externo dos frutos controle e irradiados.

4.2.2. Análises químicas**4.2.2.1. Atividade enzimática da poligalacturonase**

As figuras 35 e 36 mostram os resultados referentes à avaliação da atividade da enzima poligalacturonase durante os dias pós-colheita em frutos irradiados. Os frutos do tratamento 2 (0,6kGy) mantiveram o mesmo perfil de atividade dessa enzima porém com retardo de 1 dia na atividade máxima. Entretanto a radiação na dose de 1,0kGy (tratamento 3), alterou o perfil de atividade desta enzima nos frutos quando comparado ao controle, observando-se que a atividade foi menor com este tratamento.

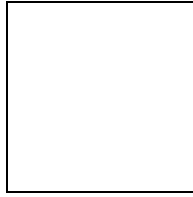


Figura 35 – Perfil da atividade da enzima poligalacturonase durante os dias pós-colheita de frutos de mamão, cultivar Golden, submetidos radiação gama. Comparação entre o perfil da poligalacturonase nos ensaios com frutos controle (0 kGy) e irradiados com 0,6 kGy.

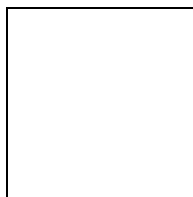


Figura 36 – Perfil da atividade da enzima poligalacturonase durante os dias pós-colheita de frutos de mamão, cultivar Golden submetidos a radiação gama. Comparação entre o perfil da poligalacturonase nos ensaios com frutos controle (0 kGy) e irradiados com 1,0 kGy.

5. Discussão

5.1. Estudo comparativo de características físicas, bioquímicas e organolépticas durante os diferentes estádios de amadurecimento de frutos de mamão, cultivares Golden e Gran Golden, durante os dias pós-colheita em diferentes estações do ano.

Para estudo das qualidades do fruto podem ser adotados vários parâmetros físicos (peso, comprimento, diâmetro, forma, cor e firmeza) e químicos (teor de açúcares solúveis, pH e acidez titulável). Essas características geralmente são influenciadas por condições edafoclimáticas, cultivar, época e local de colheita, tratos culturais e manuseio na colheita e pós-colheita, e variam em função do destino do fruto e das exigências do mercado consumidor (Fagundes e Yamanishi, 2001).

Neste trabalho foram analisadas as características físicas, bioquímicas e organolépticas de frutos de mamão de 2 cultivares produzidos na região norte do estado. A análise foi realizada no período de um ano, sendo analisados 32 frutos a cada 2 meses, totalizando 192 frutos para cada cultivar.

5.1.1. Tamanho do fruto

Como já citado, de acordo com a empresa produtora dos frutos dos cultivares, a diferença entre eles é o tamanho, sendo que o cultivar Gran Golden apresentaria frutos maiores que o cultivar Golden (Fontes, J.R.M. [mensagem pessoal]). Porém, nos lotes de frutos analisados neste trabalho (meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro), não foi encontrada diferença significativa tanto entre os cultivares quanto nos meses de estudo.

O peso médio encontrado (417,61g para frutos Golden e 452,42g para frutos Gran Golden) está dentro dos valores aceitos para frutos do grupo 'Solo'. Esta é uma característica de grande interesse, pois o mercado interno, em se tratando de frutos do grupo 'Solo', dá preferência a frutos com peso na faixa de 460 a 690 gramas (Luna, 1986; Souza, 1998).

Os valores médios de comprimento e diâmetro de 12,72 e 8,23cm para o cultivar Golden e 13,09 e 8,35 cm para o cultivar Gran Golden são semelhantes aos encontrados por Ferraz e Figueiredo (2003) para o cultivar Golden, com comprimento médio de 11,32 cm e largura média de 7,42 cm. Essas medidas são semelhantes às encontradas para frutos do grupo ‘Solo’ por Carvalho et al. (1992) e Fagundes & Yamanishi (2001). Nossos resultados demonstraram que não há diferença significativa nos parâmetros comprimento e largura durante os meses analisados para o cultivar Golden e Gran Golden.

De acordo com Nakasone (1998), a espessura da polpa é uma característica que deve ser observada nos programas de melhoramento, para desenvolvimento de cultivares. São preferidos cultivares que apresentem frutos com polpa mais espessa e sem protuberâncias. Os valores médios de espessura da polpa encontrados neste trabalho para frutos dos cultivares Golden e Gran Golden, respectivamente 2,07 e 2,08 cm, foram semelhantes aos encontrados por Carvalho et al. (1992), quando analisaram frutos do grupo ‘Solo’, encontrando espessura média da polpa entre 2,0 e 2,37 cm. Estes dados também são semelhantes aos de Souza (1998), que encontrou espessura média de 2,18 cm para frutos do grupo ‘Solo’. Ferraz & Figueiredo encontraram para o cultivar Golden valores menores, sendo a espessura média de 1,65 cm. Nossos resultados demonstram não haver diferença significativa destas características entre os cultivares Golden e Gran Golden e nos diferentes meses analisados.

5.1.2. Firmeza da polpa

A maturação do fruto é acompanhada pela perda de textura da polpa em que o grau de amaciamento contribui para as características sensoriais da fruta fresca.

Os frutos de mamão por exibirem mudanças texturais que podem ser facilmente detectadas durante o amadurecimento são muito utilizados para estudos de perda de textura (Koh & Melton, 1994).

A firmeza da polpa é considerada como um dos principais atributos de qualidade de frutos influenciando a aceitabilidade dos consumidores (Tucker, 1996). O amolecimento é um evento economicamente importante na pós-colheita porque as injúrias físicas que ocorrem durante o manuseio dos frutos como também a susceptibilidade à doenças são proporcionais ao amolecimento (Manrique & Lajolo, 2004).

A textura do mamão é desuniforme e por isso, torna-se difícil definir uma faixa ideal de firmeza (Bicalho et al., 2000). Além disso, a colheita do mamão é feita baseada na coloração da casca, sem nenhum outro critério mais objetivo, resultando em frutos com grande variação de estádios de maturação.

De acordo com Brownleader et al. (1999), as modificações texturais são conseqüências de alterações nos polissacarídeos da parede celular e juntamente com a perda de água, proporcionam a perda de firmeza dos frutos.

Como já exposto a textura é uma das características básicas da qualidade do mamão e como está estreitamente relacionada com a perda de água e solubilização das substâncias pécnicas, nós avaliamos e relacionamos a perda de textura com essas características.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a perda de textura foi iniciada no 4º dia pós-colheita, próxima ao pico do climatério, sendo esta mais acentuada no 5º e 6º dia,

onde ocorrem alterações bioquímicas que desencadeiam processos de senescência, com conseqüente amolecimento dos frutos. A perda de firmeza nos dias pós-colheita é semelhante nos cultivares Golden e gran Golden.

Como já exposto, a textura é uma das características básicas da qualidade do mamão, e como está estreitamente relacionada com a perda de água e solubilização das substâncias pécnicas, nós avaliamos e relacionamos a perda de textura com essas características. Segundo Manrique & Lajolo (2004) a atividade da PG está envolvida nos processos de degradação da pectina da parede celular resultando no amolecimento dos frutos.

Nossos resultados demonstram que a atividade da enzima poligalacturonase aumenta a partir do 2º dia até atingir seu máximo de atividade no 6º dia pós-colheita, declinando posteriormente com o início da senescência do fruto. Estes dados estão de acordo com o encontrado por Paull & Chen (1983) quando o pico de atividade no mamão ocorreu quando este se encontrava com 40-60% de cor amarela na casca, que acontece próximo ao 6º dia pós-colheita. Ao contrário de vários frutos (banana, manga), a atividade da poligalacturonase do mamão aumenta rapidamente até esse estágio e, então, aparentemente declina.

A avaliação diária da β -galactosidase neste trabalho demonstra um aumento gradativo na atividade desta enzima durante o amadurecimento dos frutos. O aumento da atividade tanto da poligalacturonase quanto da β -galactosidase reflete as modificações da pectina e hemicelulose da parede celular, tendo portanto importante papel no amaciamento dos frutos. Segundo Ranwala et al. (1992) a idéia de que a PG é a maior determinante do amaciamento dos frutos tem sido substituída à medida que novos estudos têm comprovado a importância da atividade da β -galactosidase durante o final do amadurecimento dos frutos. Não foram encontradas diferenças significativas no perfil de atividade destas enzimas entre os dois cultivares e entre os meses analisados.

As figuras 37 e 38 mostram a correlação da textura com as atividades das enzimas poligalacturonase e β -galactosidase nos cultivares Golden e Gran Golden, respectivamente. Para a construção dos gráficos foram utilizadas as medidas de textura correlacionando a atividade das enzimas estudadas até valores máximos de atividade (do 3º ao 6º dia para poligalacturonase e do 3º ao 7º dia para β -galactosidase).

Verifica-se que a textura diminui concomitantemente com o aumento das atividades destas enzimas. Foi encontrada uma forte correlação negativa entre a textura e a atividade dessas enzimas, confirmando a relação da atividade destas com o amolecimento da polpa dos frutos de mamão.

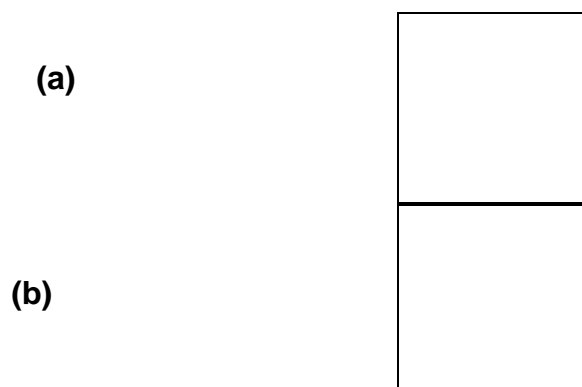
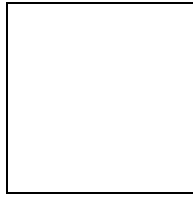


Figura 37 – Correlação entre as atividades das enzimas (a) poligalacturonase e (b) β -galactosidase e a textura da polpa dos frutos de mamão, cultivar Golden. r^2 = coeficiente de determinação da análise de regressão.

(a)



(b)

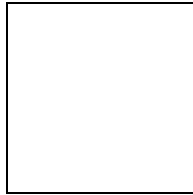


Figura 38 – Correlação entre as atividades das enzimas (a) poligalacturonase e (b) β -galactosidase e a textura da polpa dos frutos de mamão, cultivar Gran Golden. r^2 = coeficiente de determinação da análise de regressão.

Karakurt & Huber (2003) também verificaram que o aumento da atividade da poligalacturonase nos frutos de mamão influencia o amolecimento da polpa durante o amadurecimento.

Lohani et al. (2004) demonstraram uma elevação progressiva na atividade da poligalacturonase durante o amadurecimento de bananas, com uma correlação entre o aumento na atividade desta enzima e a perda de firmeza. Este mesmo comportamento foi observado por Abu-Goukh & Bashir (2003) quando trabalhou com cultivares de goiaba.

Vários autores observaram a influência da atividade da β -galactosidase nas modificações texturais de frutos. Evangelista et al. (2000) observaram o aumento da atividade desta enzima durante o amadurecimento de mangas. Lazan et al. (2004) estudou as isoformas

da β -galactosidase nos frutos de mamão relacionando sua atividade com a perda de textura dos frutos. A atividade da β -galactosidase apresentou influência significativa no amolecimento de vários frutos estudados por Ali et al. (2004).

Neste trabalho observamos uma perda de água acumulada durante o amadurecimento de 6,53% para o cultivar Golden e 7,88% para Gran Golden, entretanto é difícil comparar esses dados com os dados da literatura pois a maioria dos trabalhos descrevem a perda de água quando os frutos são submetidos a métodos de conservação, tais como: baixas temperaturas, atmosfera controlada, aplicação de ceras. Souza (1998) encontrou um valor de 5,20% de perda total de água em frutos de mamão do grupo 'Solo' quando armazenados a 5°C. Este autor descreve que a perda de água leva à perda da turgescência que é seguida por alterações na textura e representa perdas quantitativas e qualitativas, contribuindo para diminuir o valor comercial para o produtor e qualidade sensorial para o consumidor.

De acordo com Balbino (1997), a perda de água deve-se principalmente à difusão de vapor de água através da casca do fruto, o que se acentua com o amarelecimento da casca durante o amadurecimento. A variação de umidade é outro fator determinante, uma vez que Viegas (1992) observou que o mamão é um fruto muito sensível às variações de umidade quando colocado à temperatura ambiente. A casca por ser muito fina, contribui favoravelmente à perda de umidade para o ambiente.

Nossos resultados estão de acordo com os obtidos por Balbino (1997), pois há uma forte correlação negativa entre os dados de perda de água e mudanças texturais diárias durante o amadurecimento dos frutos, conforme mostrado nas figuras 38 e 39.

A correlação positiva entre a perda de água diária dos frutos e a atividade das enzimas de degradação de parede celular corrobora com essa sugestão, já que as atividades destas estão diretamente relacionadas com o amolecimento dos frutos. Essas correlações são semelhantes em ambos os cultivares, e estão representadas nas figuras 40 e 41.

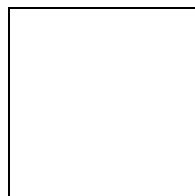


Figura 39 – Correlação entre a perda de água dos frutos e a textura da polpa dos frutos de mamão, cultivar Golden. r^2 = coeficiente de determinação da análise de regressão.

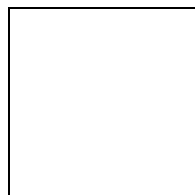


Figura 40 – Correlação entre a perda de água dos frutos e a textura da polpa dos frutos de mamão, cultivar Gran Golden. r^2 = coeficiente de determinação da análise de regressão.

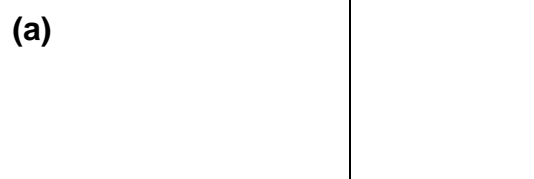
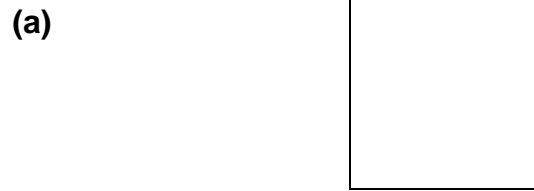


Figura 41 – Correlação entre as atividades das enzimas (a) poligalacturonase e (b) β -galactosidase e a perda de água dos frutos de mamão, cultivar Golden. r^2 = coeficiente de determinação da análise de regressão.

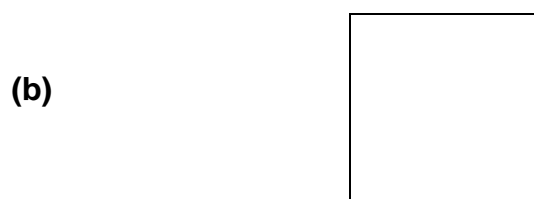


Figura 42 – Correlação entre as atividades das enzimas (a) poligalacturonase e (b) β -galactosidase e a perda de água dos frutos de mamão, cultivar Gran Golden. r^2 = coeficiente de determinação da análise de regressão.

5.1.3. Açúcares

Dentro dos fatores que afetam a qualidade dos frutos, o sabor doce é um dos mais importantes, sendo um dos mais exigidos pelo consumidor.

Neste trabalho foram avaliados os teores de açúcares solúveis do mamão durante o amadurecimento dos frutos. Pode-se observar para os dois cultivares um perfil padrão para a concentração de açúcares analisados durante os dias de amadurecimento (1º ao 8º dia), em todos os meses analisados.

Os resultados demonstram que as concentrações de açúcares solúveis aumentam gradativamente com o amadurecimento de $\cong 9$ à 11,5%, entretanto, no quarto dia há uma queda significativa (para $\cong 7,5\%$) da concentração deste açúcar. Esses dados são iguais aos obtidos por Gómez et al. (2002) em frutos do grupo ‘Solo’. Os resultados da evolução do teor de açúcares solúveis totais durante o amadurecimento dos frutos encontrados neste trabalho estão de acordo com os dados encontrados por Paull (1994) e Chan et al. (1979), onde afirmaram que os açúcares solúveis são em sua maior parte, acumulados quando o fruto está ligado à árvore, provavelmente em função da fotossíntese.

A concentração de açúcar não-redutor (sacarose) variou de 5 a 4%, apresentando uma queda no 4º dia pós-colheita (para 3%) semelhante ao que acontece aos açúcares solúveis totais.

A diminuição da concentração de açúcares solúveis totais e não-redutores no 4º dia pós-colheita coincide com o período do climatério, próximo ao pico de respiração dos frutos o que demonstram maior necessidade de energia. A diminuição das concentrações de açúcares não-redutores, no final do amadurecimento ocorre simultaneamente à elevação dos teores de açúcares redutores, devido à ação de invertases, que degradam a sacarose em suas unidades monossacarídicas.

De acordo com Selvaraj et al. (1982), no mamão a concentração de açúcar total aumenta durante o desenvolvimento dos frutos, sendo mais acentuado com o início do amadurecimento. A concentração da sacarose é baixa (em torno de 15% do açúcar total) no início do desenvolvimento dos frutos. Após o amadurecimento, seus teores aumentam rapidamente atingindo aproximadamente 80% do teor de açúcar total. A concentração de glicose declina de 65 % no início do desenvolvimento para 20% do teor de açúcar total com o amadurecimento dos frutos. Na fase final do amadurecimento ocorre uma queda nos teores de sacarose e aumento nos teores de glicose e frutose (Chan Jr et al., 1979), indicando que a sacarose é hidrolisada para açúcares simples (Chan Jr e Kwok, 1975; 1976).

5.2. Avaliação dos efeitos da radiação gama na conservação de frutos de mamão durante o amadurecimento

A irradiação de frutos é utilizada como um método de conservação, prolongando o armazenamento pelo retardo do amadurecimento. O seu uso pode apresentar alguns inconvenientes, pois dependendo da dosagem de radiação pode ocorrer escurecimento, amaciamento, aparecimento de depressões superficiais, amadurecimento anormal e perda de aroma e sabor dos frutos. Essas mudanças dependem do tipo, variedade e composição do alimento, da dose da radiação recebida e das condições ambientais durante e após a irradiação (Calore & Vieites, 2003).

Nossos resultados mostram que o tratamento com radiação gama foi bastante efetivo na manutenção da textura da polpa do mamão. Os valores da textura mantiveram-se maiores que os encontrados nos frutos controle, mesmo ao final do período experimental. Os frutos irradiados tiveram um retardo de 2 dias para o início da perda da firmeza e mantiveram-se firmes até o 12º dia pós-colheita, enquanto frutos controle apresentaram baixas leituras de firmeza no 8º dia pós-colheita, sugerindo uma desaceleração no amadurecimento. Vários trabalhos têm demonstrado que a radiação é capaz de reter a firmeza de mamões de 2 a 3 dias, o que pode significar um aumento de 30 a 50% na vida útil do fruto (D’Innocenzo, 1996).

Segundo Gómez et al. (1999), esta contenção é devida a uma diminuição das atividades das enzimas de hidrólise da parede celular, como poligalacturonase, pectinametilesterase e celulase. Miller & McDonald (1999), em trabalhos com mamão cv.

“Surise Solo”, mencionaram que a irradiação proporcionou uma maior firmeza da polpa. Nossos resultados também demonstraram que a radiação altera a atividade da poligalacturonase. A dose de 0,6 kGy retarda o pico de atividade máxima em 1 dia, entretanto, a dose de 1,0kGy modifica o perfil e diminui a atividade desta enzima.

D’Innocenzo & Lajolo (2001) relataram que a atividade da enzima poligalacturonase foi afetada pela irradiação, concluindo que a irradiação não tem efeito direto na firmeza, mas age pela alteração do amadurecimento.

A irradiação também acarretou uma diminuição na perda de água dos frutos, sendo que a dose de 1kGy reduziu significativamente em $\cong 40\%$ essa perda. Como já verificado anteriormente neste trabalho, a atividade da poligalacturonase e a perda de água estão diretamente relacionadas com a textura, sugerindo que estas alteram a firmeza da polpa, por possível diminuição da solubilização da parede celular.

Estes dados são concordantes com Murray et al. (1981) que, trabalhando com tomates, recomendam a utilização da radiação gama, em pós-colheita, com a finalidade de diminuição da velocidade dos processos metabólicos envolvidos no amadurecimento, como a respiração e, conseqüentemente, a perda de água. O mesmo é relatado por O’Beirne (1989) que verificou que a irradiação tem como uma de suas principais funções biológicas o retardo dos processos fisiológicos envolvidos no desenvolvimento dos frutos, acarretando assim um maior tempo de conservação em pós-colheita.

Neste trabalho, alguns dos frutos do tratamento com dose de 1,0 kGy, apresentaram queda de qualidade visual pelo escurecimento da casca e amadurecimento anormal. Isto pode ser explicado pelo fato de que a radiação gama, em doses acima de um limiar, pode interferir nos processos fisiológicos, acelerando o metabolismo e acarretando amadurecimento precoce em alguns frutos. Resultados semelhantes foram encontrados em nectarinas por Neves et al. (2002).

Estes dados são semelhantes aos encontrados por Do Marco et al. (1999), que relataram que a medida que se elevavam as doses de radiação aplicadas em uva Itália, observa-se escurecimento das amostras.

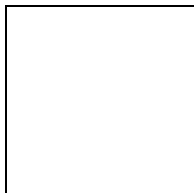
Numa tentativa de verificar as características nutricionais dos frutos irradiados foram também avaliados os teores de carboidratos e os resultados obtidos demonstram não haver alteração no conteúdo de carboidratos dos frutos irradiados quando comparados com o controle. Estes dados não foram mostrados neste trabalho, mas servem como complementação da avaliação dos efeitos da radiação gama sobre as características físicas, bioquímicas e organolépticas dos frutos de mamão.

6. Conclusões

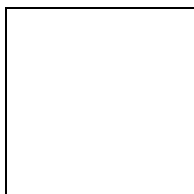
Este estudo teve como principal objetivo comparar dois cultivares de mamões de lavouras comerciais do Espírito Santo e verificar quais os processos bioquímicos que estão relacionados com a perda de textura dos frutos e também avaliar o efeito da radiação gama nestes processos.

Os dados gerados apresentam grande interesse mercadológico para o agronegócio dessa região e fornecem subsídios (conhecimentos e tecnologias) para soluções de problemas que afetam a comercialização e exportação dos frutos de mamão podendo contribuir para a melhoria da qualidade.

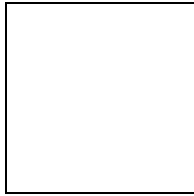
Com base nos resultados obtidos no presente estudo, as principais conclusões foram:



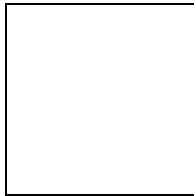
Não há diferença significativa nas características físicas, bioquímicas e organolépticas tanto entre os frutos de mamão dos cultivares Golden e Gran Golden quanto nos meses analisados;



A atividade das enzimas poligalacturonase e β -galactosidase estão diretamente relacionadas com a perda de textura;



As análises das atividades da poligalacturonase e β -galactosidase podem ser utilizadas como uma característica indicadora da qualidade do fruto com relação às modificações texturais;



A radiação gama influencia processos envolvidos no amadurecimento dos frutos de mamão alterando o perfil da atividade da poligalacturonase, diminuindo a perda de água dos frutos durante o armazenamento, conseqüentemente retardando o amadurecimento bem como a perda de firmeza da polpa.

7. Referências bibliográficas

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. **Ethylene in Plant Biology**. San Diego: Academic Press, 414p., 1992.

ABU-GOUKH, A.A.; BASHIR, H.A. Changes in pectic enzymes and cellulase activity during guava fruit ripening. **Food Chemistry**, v.83, p.213-218. 2003.

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

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

ARRIOLA, M.C., ROLZ, C. Some physical and chemistry changes in papaya during its storage. **Proc. Trop. Reg. Am. Soc. Hort. Sci.**, v.19, p.97-101. 1980.

BALBINO, J.M.DE.S. **Efeitos de hidrotermia, refrigeração e ethefon na qualidade pós-colehtia de mamão (*Carica papaya* L.)**. UFV:Viçosa. 104p. (Tese – Fisiologia Vegetal). 1997.

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

BICALHO, U.O.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F.; COELHO, A.H.R. Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagem de PVC. **Ciência agrotécnica**, v.24, n.1, p.136-146. 2000.

BONGHI, C.; PAGNI, S.; VIDHIH, R. Cell wall hydrolases and amylases in kiwifruit softening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, n. 1, p. 19-29, 1996.

BRADY, C.J. Biochemical and molecular approaches to fruit ripening and senescence. In: CHAMP, B.R.; HIGHLEY, E.; JOHNSON, G.I. **Postharvest handling of tropical fruits: proceedings of an international conference held at Chiang Mai**. Thailand, ACIAR, p.205-217. 1994.

BRAVERMAN, J. B. S. **Introduction to the biochemistry of foods**. New York, Elsevier. P. 239. 1963.

BRAVERMAN, J.B.S. **Bioquímica de los Alimentos**. 9-ed. México, 167p. 1980.

BRETT, C.T.; WALDRON, K.W. **Physiology and Biochemistry of Plant cell wall**. 2ªed. Champman e Hall, London, 255p. 1996.

BROWNLEADER, M.D.; JACKSON, P.; MOBASHERI, A. PANTELIDES, A.T.; SUMAR, S.; TREVAN, M.; DEY, P.M. Molecular aspects of cell wall modifications during fruit ripening. **CRC Critical Food Science Nutricion**, v.39, p.149-164, 1999.

BURG, S.P.; BURG, E.A. Molecular requirements for the biological activity of ethylene. **Plant Physiology**, v.42, p.144-152, 1967.

CALIMAN AGRÍCOLA LTDA. <http://www.caliman.com.br> (acessado em 02 de fevereiro de 2005).

CALORE, L.; VIEITES, R.L. Conservação de pêssegos 'Biuti' por irradiação. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, v. 23, p.53-57. 2003.

CAMPBELL, P.; BRAAMS, J. Xyloglucan endotransglycosylases: diversity of genes, enzymes and potencial wall-modifyin functions. **Trends in Plant Science**, v.4, p.361-366. 1999.

CARRINGTON, C.M.S.; PRESSEY, R. b-galactosidase II activity in relation to changes in cell wall galactosyl composition during tomato ripening. **Journal American Society for Horticultural Science**, v.121, n.1, p.132-136, 1996.

CASTRO, J.V.; SIGRIST, J.M.M. Matéria-prima. In: MEDINA, J.C.; CASTRO, J.V.; SIGRIST, J.M.M.; MARTIN, Z.; KATO, K.; MAIA, M.L.; GARCIA, A.E.B.; LEITE, R.S.S.F. **Goiaba: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2ªed. Campinas ITAL. Cap. 2, p.121-140 (Série frutas tropicais, 6). 1988.

CARVALHO, R.I.N.; FIORAVANÇO, J.C.; PAIVA, M.C.; MANICA, I. Características físicas e químicas do mamão "Papaya" comercializado em Porto Alegre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.14, n.1, p.143-147, 1992.

CHAN JR, H.T.; KWOK, S.C.M. Importance of enzyme inactivation prior to extraction of sugars from papaya. **Journal of Food Science**, v.40, n.4, p.770-771. 1975.

CHAN JR, H.T.; KWOK, S.C.M. Identification and determination of sugar in some tropical fruit products. **Journal of Food Science**, v. 40, n.2, p.419-420. 1976.

CHAN Jr., H. T, HIBBARD, K., GOO, T. AKAMINE, E. K. Sugar composition of papayas during fruit development. **HortScience**, v. 14, n. 2, p. 140-141, 1979.

CHAN JR., H. T., TAM, S.Y.T., SEO, S.T. Papaya polygalacturonase and its role in thermally injured ripening fruit. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 190-197, 1981.

CHAN Jr., H. T.; TAM, S. Y. T. Partial purification and characterization of an acid phosphate from papaya. **Journal of Food Science**, Chicago, v.4, p.1498-1500, 1982.

CHEFTEL, J.; CHEFETEL, H. **Introdução a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos**. v. 1, 220p., 1976.

CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.D. **Pós-colheita de frutos e hortaliças - Fisiologia e Manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 293p. 1990.

COLLMER, A.; RIED, J.L.; MOUNT, M.S. Assay methods for pectic enzymes. In: WOOD, W., KELLOGG, S.T., editors. **Methods in enzymology**, v.161. Academic Press. P.329-335. 1988.

COSGROVE, D.J. Enzymes and other agents that enhance cell wall extensibility. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.391-417. 1999.

D'INNOCENZO, M. **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**. ESALq: Piracicaba. (Dissertação – Mestrado em Ciências). 85p. 1996.

D'INNOCENZO M, LAJOLO FM. Effect of gamma **irradiation** on softening changes and enzyme activities during ripening of **papaya** fruit. **Journal of Food Biochemistry**, v. 25 n. 5. p. 425-438. 2001.

DOMARCO, R.E.; SPOTO, M.H.F.;BLUMER, L.; WALDER, J.M.M. Sinergia da radiação ionizante e do aquecimento na vida de prateleira da uva 'itália'. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, 1999.

EVANGELISTA, R.M.; CHITARRA, ^aB.; CHITARRA, M.I.F. Influência da aplicação pré-colheita de cálcio na textura e na atividade das enzimas poligalacturonase, pectinametilesterase e β -galactosidase de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração. **Ciências Agrotécnicas**, v.24, p.174-181, 2000.

FAGUNDES, G.R.; YAMANISHI, O.K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'Solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.3, p.541-545. 2001.

FAO – **Food and nutrition division** <http://www.fao.org/es/dept/es760715.htm> (20 mar. 2000).

FAO – **Food and nutrition division** <http://www.fao.org/es/dept/es960003.htm>(15 set. 2001).

FERRAZ, K.K.F., FIGUEIREDO, S.G. Comparação das características físico-químicas no mamoeiro (*Carica papaya* L.) Sunrise Solo e Golden. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v.15, p.273. 2003.

FINGER, F.L.; VIEIRA, G. Fisiologia pós-colheita de frutos tropicais e subtropicais. In: ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado: fruteiras tropicais – doenças e pragas**. Editora UFV, Viçosa, p.1-30. 2002.

FISCHER, M., AMADO, R. Changes in the pectic substances of apples during development and postharvest ripening. Part 1: Analysis of the alcohol-insoluble residue. **Carbohydrate Polymers**. V.25, p.161-166. 1994.

FONTES, J.M. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <kkfferraz@yahoo.com.br em 13/01/2005.

GAIA IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO. (www.gaiapapaya.com.br). (18 jan., 2005).

GIBEAUT, D.M.; CARPITA, N.C. Biosynthesis of plant cell wall polysaccharides. **FASEB Journal**, v.8, p.904-915. 1994.

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

GOMES, P.M. de A., FIGUEIRÊDO, R.M.F., QUEIROZ, A.J. de M. Caracterização e isothermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.2, p.157-165, 2002.

GOMEZ, M. L. P. A., LAJOLO, F. M. and CORDENUNSI, B. R. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (*Carica papaya* L. Cv. Solo): influência da radiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.19, no.2, p.246-252. 1999.

GOMEZ, M.; LAJOLO, F.; CORDENUNSI, B. Evolution of soluble sugars during ripening of papaya fruit and its relation to sweet taste. **Journal of Food Science**, v. 67, n.1, p.442-447. 2002.

HODGE, J. E. & HOFREITER, B. R. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In WILSTER, R. L. & WOLFROM, M. L. ed. **Methods in carbohydrates chemistry**. New York. Academic Press. v.1. p. 380-394. 1962.

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

IADEROZA, M., BLEINROTH, E. W., AZUMA, E. H. Efeitos da radiação ionizante na atividade da pectinesterase do mamão cultivar Solo. **Colet. Inst. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 76-82, 1988.

KADER, A.A. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. **Food Technology**, march, p. 51-54, 1980.

KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 5th ed. Berkeley: University of California, 1992.

KAFERSTEIN, F.K., MOY, G.G. Public health aspects of food irradiation. **J Public Health Policy**. v. 14, p.133-136. 1993.

KARAKURT, Y., HUBER, DJ. Activities of several membrane and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperature storage of intact and fresh-cut papaya (*Carica papaya*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 219-229. 2003.

KOH, T.H.; MELTON, L.D. Tomato fruit cell wall. Part I. Use of purified tomato polygalacturonase and pectinmethylesterase to identify developmental changes in pectins. **Plant physiology** v.91, p.816-822. 1994.

KONNO, H.; YAMASAKI, Y.; KATOH, K. Degradation of pectic polysaccharides extracted from suspension cultures of carrot by purified exo-polygalacturonase. **Plant Physiology**, v.61, p.20-26, dec. 1983.

LAPPONI, J.C. **Estatística usando excel**. São Paulo: Lapponi Treinamento e Editora Ltda. 2000.

LAZAN, H.; SELAMAT, M.S.; ALI, Z.M. b-Galactosidase, polygalacturonase and pectinesterase in differential softening and cell wall modification during papaya fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.95, n.1, p.106-112, 1995.

LAZAN, H.; NG, S.; GOH, L.; ALI, Z.M. Papaya β -galactosidase/galactanase isoforms in differential cell wall hydrolysis and fruit softening during ripening. **Plant Physiology and Biochemistry**, IN PRESS. 2004.

LELIÈVRE, J.M.; LATCHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J.C. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, v.101, n.4, p.727-739, 1997.

LOHANI, S.; TRIVEDI, P. K.; NATH, P. Changes in activities of cell wall hydrolases during ethylene-induced ripening in banana: effect of 1-MCP, ABA and IAA. **Postharvest Biology and Technology**, v.31, p.119-126. 2004.

LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, N.J.; FARR, A.L.; RANDALL, R.J. Protein measurement with Folin phenol reagent. **Journal of Biology Chemistry**, v.193, p.262-267. 1951.

LUNA, J.V.U. Variedades do mamoeiro. **Informe Agropecuário**. 134(12):14-18. 1986.

MANICA, I. **Fruticultura tropical: Mamão**. São Paulo. Agronômica Ceres. 255p. 1982.

MANICA, I. Cultivares e melhoramento do mamoeiro. In: MENDES, L.G.; DANTAS, J.L.L.; MORALES, C.F.G. **Mamão no Brasil**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 179p. 1996.

MANRIQUE, G.D.; LAJOLO, F.M. Cell Wall polyssacaride modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**, v.33, p.11-26. 2004.

MARIN, S.L.D., GOMES, J.A. SALGADO, J.S., et al. **Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa no Estado do espírito Santo**. 4 ed. Vitória – ES. Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária, 57p. (EMCAPA, circular técnica 3). 1995.

MARIN-HUACHACA, N.S.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCÉE, H.; VILLAVIVENCIO, A.L.C.H. Identification of gamma-irradiated papaya, melon and watermelon. **Radiation Physics and Chemistry**, v.71, p.191-194. 2004.

MACCOLLUM, T.G.; HUBER, D.J.; CANTLIFE, D.J. Modification of polyuronides and hemicelluloses during muskmelon fruit softening. **Physiologia Plantarum**, v. 76, n.3, p.303-308. 1989.

MILLER, W.R., McDONALD, R. E. Irradiation, stage of maturity at harvest, and storage temperature during ripening affect papaya fruit quality. **Horticulture Science**, v.34, n.6, p.1112-1115, 1999.

MURRAY, A.J.; BID, C.R.; SCHUCH, W.W.; HOBSON, G.E. Nutritional aspects of food irradiation. **Food Irradiation Publisher International: Projects in the field of the irradiation**, n.11, p.21-32, 1981.

MURRAY, D. R. **Biology of food irradiation**. London: Research Studies Press, 255p. 1990.

NAKASONE, H.K.; PAULL, R.E. **Tropical fruits**. Wallingford: CAB Internacional, 1998, p.132-148. 1998.

NEHMI, I. M. D; FERRAZ, J. V.; NEHMI FILHO, V. A.; SILVA, M. L. M. da. (Coord.) **AGRIANUAL 2003: anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, p. 378-386. 2002.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of the SOMOGY method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**. 153:375-380. 1944.

NEVES, L.C.; RODRIGUES, A.C.; VIEITES, R.L. Polietileno de baixa densidade (PEBD) na conservação pós-colheita de figos cv. "Roxo de Valinhos". **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.57-62, 2002.

O'BEIRNE, D. Irradiation of fruits and vegetables: applications and issues. **Professional Horticulture**, v.3, p.12-19, 1989.

PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Postharvest variation in cell wall degrading enzymes of papaya (*carica papaya* L.) during fruit ripening. **Plant Physiology**, v.72, p.382-385. 1983.

PAULL, R.E. Pineapple and papaya. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (Ed.) **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, p.291-323. 1993.

PAULL, R. E. Response of Tropical commodities to insect desinfestation treatments. **HortScience**, v. 29, n. 9, p. 988-996, 1994.

PAULL, R.E. Ripening behavior of papaya (*Carica papaya* L.) exposed to gamma irradiation. **Postharvest Biology and Technology**, v.7, p.359-370. 1995.

PICTON, S.; GRAY, J.E.; GRIERSON, D. Ethylene genes and fruit ripening. In: DAVIES, P.J. **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. 2^ªed. Academic Press, p.372-394. 1995.

PIMENTEL, R.M.A.; WAIDER, J.M.M. Gamma radiation in papaya harvest at three stages of maturation. **Scientia Agricola**, v.61, n.2, p.146-150. 2004.

PRESSEY, R., AVANTS, J.K. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonases: effects of pectinesterases. **Journal of Food Biochemistry**, v.6, 57-74. 1982.

PRESSEY, R. b-galactosidases in ripening tomatoes. **Plant Physiology**, v.71, p.132-135, 1983.

PURVIS, A.C. The role of adaptive enzymes in carbohydrate oxidation by stressed and senescing plant tissues. **Hortiscience**, v.32, p.195-198. 1997.

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

RHODES, M.J.C. The maturation and ripening of fruit. In: THIMANN, K.V.; ADELMAN, R.C.; ROTH, G.S. **Senescence in plants**. Florida CRC. Press. Cap. 8, p. 157-205. 1980.

SAUCEDO-VELÓZ. Tratamientos físicos de cuarentena. **Tratamientos Físicos de Cuarentena en Frutos Tropicales e Subtropicales (CYTED)**. La Habana. P.7-14, 1997.

SELVARAJ, Y.; SUBRAMANYAM, M.D.; IYER, C.P.A. Changes in the chemical composition of four cultivars of papaya (*Carica papaya* L.) during growth and development. **Journal of Horticulture Science**, v.57, p.135-143. 1982.

SIMON, E.W. Leakage from fruit cells in water. **Journal experimental Botanic**, v.28, p.1147-1152. 1977.

SOLE, H.; E BOTTGER, M. Mechanism of auxin-induced cell wall extension. **Plant Physiology**, v.67, p.127. 1981.

SOMOGY, M. Notes on sugar determination. **Journal of Biological Chemistry**. 195:19-23. 1952.

SOUZA, G. **Características físicas, químicas e sensoriais do fruto de cinco cultivares de mamoeiro (*Carica papaya* L.) produzidas em Macaé – RJ.** Campos do Goyacazes: UENF/RJ. 68p. Dissertação (Mestrado). 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**, 3^a ed., Sinauer Associats, Massachusetts, 2002.

TUCKER G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B., TAYLOR, J.E., TUCKER, G.A. (Eds.). **Biochemistry of Fruit Ripening.** Chapman & Hall, London, p. 1-55. 1996.

VENDRELL, M.; PALOMER, X. Hormonal control of fruti ripening in climateric fruits. **Acta Horticulturae** n.463, p.325-334. 1997.

VENDRELL, M. DOM'NGUEZ-PUIGJANER, E. LLOP-TOUS, I. Cliateric versus non-clmateric physiology. **Acta Horticulturae**, v.553, p.345-349, 2001.

VIEGAS, P.R.A. **Características químicas e físicas do mamão (*Carica papaya* L.) cultivares 'Sunrise Solo' e 'Formosa' relacionados ao ponto de colheita.** Viçosa: UFV, 82p. Tese de Mestrado. 1992.

WALLNER, S.J. Apple fruit b-galactosidase and softening in storage. **Journal American Society for Horticultural Science**, v.103, n.3, p.364-366, 1978.

WATADA, A.E.; HERNER, R.C.; KADER, A.A.; ROMANI, R.J.; STABY, G.L. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. **HortScience** v.19, n.1, p.20-21, 1984.

WILLS, R.H.H.; LEE, T.H.; GRAHAM, W.B.; HALL, E.G. **Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables.** Kensington: New South Wales University Press, 161p. 1981.

WILLS, R.H.H.; McGLASSON, W.B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4^aed. Wallingford:CABI, 262p. 1998.

ZHAO, M.; MOY, J.; PAULL, R.E. Effect of gamma-irradiation on ripening papaya pectin. **Postharvest Biology and Technology**, v.8, p.209–222, 1996.