UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

LUCIMEIRE PILON

Conservação de abacaxi minimamente processado utilizando como coadjuvantes cloreto de cálcio, película comestível e radiação gama

Piracicaba

2007

LUCIMEIRE PILON

Conservação de abacaxi minimamente processado utilizando como coadjuvantes cloreto de cálcio, película comestível e radiação gama

Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente
Orientadora: Profª Drª Marta Helena Fillet Spoto

Piracicaba

2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Pilon, Lucimeire
Conservação de abacaxi minimamente processado utilizando como coadjuvantes cloreto de cálcio, película comestível e radiação gama / Lucimeire Pilon; Marta Helena Fillet Spoto. - - Piracicaba, 2007.
120 f.: fig.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Análise sensorial de alimentos 2. Conservação de alimentos 3. Irradiação de alimentos 4. Microbiologia de alimentos I. Título

CDU 664.8.039.5:634.774

DEDICO,

À minha mãe, Marli e à minha avó, Iolanda,
Aos meus irmãos, Eldinho, Cristiane e Rafael,
Pelo carinho, paciência e por estarem
ao meu lado sempre.

Ao Eduardo Oliveira Salán,
Pelo carinho, incentivo e apoio
em todos os momentos.

A minha gratidão!

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento da pesquisa;

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Irradiação de Alimentos e Radioentomologia, pela oportunidade de realização do Doutorado;

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, pela oportunidade de realização do experimento;

À Profª Dra. Marta Helena Fillet Spoto pela orientação, confiança, sugestões, incentivo e amizade durante a realização desta pesquisa;

À Profª Dra. Silene Bruder Silveira Sarmento pelas sugestões e co-orientação;

À Profª Dra. Marília Oetterer pelas sugestões, incentivo e amizade;

Ao Prof. Dr. Cláudio Rosa Gallo pela colaboração e auxílio na elaboração das análises microbiológicas;

Ao Prof. Dr. Angelo Pedro Jacomino pelo auxílio na elaboração das análises fisiológicas;

Ao Prof. Dr. Ernani Porto pelas valiosas sugestões e amizade;

Ao Prof. Dr. Valter Arthur pelas sugestões no Exame de Qualificação;

Ao Prof. Dr. José Fernando Durigan pelas sugestões na elaboração da pesquisa;

À Empresa FMC BioPolymer pelo alginato de sódio cedido, imprescindível para a realização dos experimentos;

À Empresa Granolab do Brasil pelo glúten de trigo cedido, imprescindível para a realização dos experimentos;

Ao Paulo Roberto Rela e Yasko Kodama, do Centro de Tecnologia das Radiações, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), pela irradiação das amostras;

Ao microbiologista Márcio Adriani Gava e à Empresa Bioagri pelo auxílio nas análises microbiológicas;

Às estagiárias e amigas Maria Chantal Tetelboim e Juliana Pizarro da Silva, pelo imenso auxílio na realização do experimento;

Aos Diretores da Tecnal Equipamentos para Laboratórios, Antenor Marconi, José Fernando Carvalho e Roberto Borges da Silva, por terem permitido que eu realizasse o Doutorado enquanto funcionária da Empresa;

À técnica Carlota Boralli Prudente dos Anjos pelo auxílio no preparo da películas comestíveis;

À técnica Clarice Matraia, do Departamento de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia pelo auxílio nas análises de cor;

Às técnicas e amigas do Departamento de Alimentos e Nutrição, Roberta Rizzo Benato e Juliana Antunes Galvão pelo auxílio nas análises de textura;

À bibliotecária Marília Ribeiro Garcia Henyei pelo auxílio bibliográfico prestado;

A todos os participantes da análise sensorial;

Ao amigo Luis Roberto Boscariol (Beto) pelas eternas “quebradas de galho”;

À Evelise, minha grande amiga e companheira incansável nos estudos de física atômica e nuclear...believe it or not!

Ao meu “leque” de amigos Luciana e Guina, pela amizade verdadeira “na alegria e na tristeza, na saúde e na doença”...

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a execução desta pesquisa.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
2 REVISÃO DE LITERATURA..... 16
2.1 Matéria-prima: abacaxi 16
2.2 Processamento mínimo de frutas e vegetais..... 19
2.3 O abacaxi e o processamento mínimo 23
2.4 Tratamento químico de frutas minimamente processadas..... 25
2.5 Películas de revestimento..... 27
2.5.1 Glúten de trigo 31
2.5.2 Alginato..... 32
2.6 Radiação gama..... 34
2.6.1 Uso da radiação gama na conservação de frutas 38
2.6.2 Legislação para irradiação de alimentos 39
3 MATERIAL E MÉTODOS..... 41
3.1 Material 41
3.2 Processamento do abacaxi 42
3.2.1 Primeiro experimento: Cloreto de cálcio e películas comestíveis à base de glúten e alginato como coadjuvantes na conservação de abacaxi minimamente processado..... 42
3.2.2 Segundo experimento: Cloreto de cálcio, solução de glúten e radiação gama como coadjuvantes na conservação de abacaxi minimamente processado 46
3.3 Análises físico-químicas 50
3.3.1 pH 50
3.3.2 Acidez titulável..... 50
3.3.3 Sólidos solúveis 50
3.3.4 *Ratio* 50
3.3.5 Ácido ascórbico 50
3.3.6 Líquido drenado..... 51
3.3.7 Textura..... 51
3.3.8 Cor 51
3.3.9 Peroxidase e Polifenoloxidase..... 51
3.3.10 Atividade respiratória e síntese de etileno..... 52
3.4 Análises microbiológicas 52
3.4.1 Microrganismos psicrotróficos e aeróbios mesófilos 52

3.4.2 Microrganismos do grupo dos coliformes totais e *E. coli* 53
3.4.3 Bolores e leveduras 54
3.4.4 *Salmonella* 54
3.5 Análise sensorial 55
3.6 Análise estatística 55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 56
4.1 Primeiro experimento: Cloreto de cálcio e películas comestíveis à base de glúten e alginato como coadjuvantes na conservação de abacaxi minimamente processado 56
4.1.1 pH 56
4.1.2 Acidez titulável, sólidos solúveis e *ratio* 57
4.1.3 Ácido ascórbico 60
4.1.4 Líquido drenado 61
4.1.5 Textura 62
4.1.6 Cor 64
4.1.7 Peroxidase e Polifenoloxidase 66
4.1.8 Atividade respiratória e síntese de etileno 68
4.1.9 Análises microbiológicas 71
4.1.10 Análise sensorial 73
4.2 Segundo experimento: Cloreto de cálcio, solução de glúten e radiação gama como coadjuvantes na conservação de abacaxi minimamente processado 77
4.2.1 pH 77
4.2.2 Acidez titulável, sólidos solúveis e *ratio* 78
4.2.3 Ácido ascórbico 80
4.2.4 Líquido drenado 82
4.2.5 Textura 83
4.2.6 Cor 84
4.2.7 Peroxidase e Polifenoloxidase 87
4.2.8 Atividade respiratória e síntese de etileno 88
4.2.9 Análises microbiológicas 90
4.2.10 Análise sensorial 93
5 CONCLUSÕES 97
REFERÊNCIAS 99
ANEXOS 118

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1 Símbolo Radura 38

2 Fluxograma de abacaxi minimamente processado, submetido a tratamento com cloreto de cálcio e películas comestíveis 44

3 Processamento mínimo de abacaxi, submetido à tratamento com cloreto de cálcio, e soluções de glúten e alginato 45

4 Fluxograma de abacaxi minimamente processado, submetido a tratamento com cloreto de cálcio, solução de glúten e irradiação com 2,3 kGy 48

5 Irradiação das amostras de abacaxi minimamente processado, submetido a tratamento com cloreto de cálcio e solução de glúten 49

6 Atividade respiratória e síntese de etileno em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias 69

7 Atividade respiratória e síntese de etileno em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias 89

LISTA DE TABELAS

1 pH de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 57

2 Acidez titulável, sólidos solúveis e *ratio* em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 58

3 Ácido ascórbico em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 60

4 Líquido drenado de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 62

5 Textura de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 63

6 Cor de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 65

7 Peroxidase e polifenoloxidase em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 67

8 Microrganismos do grupo coliformes totais, e bolores e leveduras em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 72

9 Microrganismos aeróbios mesófilos em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 73

10 Textura e aparência de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, embalado e armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 74

11 Aroma e sabor de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 75

12 pH de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 77

13 Acidez titulável, sólidos solúveis e *ratio* em abacaxi minimamente processado, submetido ao $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 79

14 Ácido ascórbico em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5±1ºC por 12 dias..... 81

15 Líquido drenado de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias..... 83

16 Textura de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias..... 84

17 Cor de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias..... 85

18 Peroxidase e polifenoloxidase em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias..... 87

19 Microrganismos do grupo dos coliformes totais, e bolores e leveduras em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias..... 91

20 Microrganismos aeróbios mesófilos e psicrotróficos em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias 93

21 Textura e aparência de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias..... 94

22 Aroma e sabor de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC por 12 dias..... 96

RESUMO

PILON, L. **Conservação de abacaxi minimamente processado utilizando como coadjuvantes cloreto de cálcio, película comestível e radiação gama**. 2007. 120 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

Essa pesquisa teve como objetivo obter o abacaxi como alimento tipo conveniência, submetido ao processamento mínimo e tratamento com cloreto de cálcio, películas comestíveis à base de alginato e glúten de trigo, e irradiação. Os frutos foram lavados, sanificados com Sumaveg® (Dicloro-S-Triazinatriona Sódica), na concentração de 200 mg L^{-1} de cloro livre, a 7ºC, durante 15 minutos, e descascados manualmente. A polpa foi fatiada em leques de aproximadamente 1 cm de espessura, enxagüadas com 20 mg L^{-1} de cloro livre, durante 3 minutos, e drenadas por 3 minutos. No primeiro experimento as amostras foram submetidas aos tratamentos: cloreto de cálcio 1% + solução de glúten vital; cloreto de cálcio 1% + alginato de sódio 1%; e controle. No segundo experimento as amostras foram submetidas aos tratamentos: cloreto de cálcio 1% + solução de glúten vital + irradiação com 2,3 kGy; cloreto de cálcio 1% + irradiação com 2,3 kGy; irradiação com 2,3 kGy; e controle. O acondicionamento foi realizado em bandejas rígidas de polietileno tereftalato (PET), com cerca de 250 g de fruta. A irradiação foi realizada em irradiador multipropósito de Cobalto-60, com atividade de 92 kCi e taxa de dose de 2,3 kGy h^{-1}. As amostras foram armazenadas a 5 $\pm$ 1ºC e analisadas a cada dois dias, num total de 12 dias. No primeiro experimento, os valores de pH e acidez titulável apresentaram leves alterações e semelhança entre os tratamentos. Houve decréscimo no teor de ácido ascórbico em todos os tratamentos. Todos os tratamentos escureceram ao longo do armazenamento. Apesar dos valores terem sido próximos entre os tratamentos, os abacaxis tratados com cloreto de cálcio + glúten apresentaram textura mais firme, menores perda de líquido, atividade da peroxidase e polifenoloxidase, produção de CO_2 e etileno e contagens de microrganismos mesófilos e bolores e leveduras. Não houve presença de *E. coli* e de *Salmonella*. A contagem de microrganismos do grupo dos coliformes

totais foi baixa em todos os tratamentos e ocorreu apenas em amostras isoladas durante o período de armazenamento. Na análise sensorial, as amostras tratadas com cloreto de cálcio + glúten apresentaram as notas mais baixas para textura, aparência e aroma; já o sabor ficou comprometido a partir do 4º dia de armazenamento. No segundo experimento, os valores de pH e acidez titulável apresentaram pequenas alterações e semelhança entre os tratamentos. Houve decréscimo no teor de ácido ascórbico em todos os tratamentos; no entanto, as amostras tratadas com cloreto de cálcio + glúten + 2,3 kGy retiveram mais essa vitamina. A textura mais firme e as menores perda de líquido e atividade da peroxidase e polifenoloxidase ocorreram nas amostras tratadas com cloreto de cálcio + 2,3 kGy. Todos os tratamentos escureceram ao longo do armazenamento. As amostras mais escuras foram as tratadas com cloreto de cálcio + glúten + 2,3 kGy e as irradiadas com 2,3 kGy. As maiores taxa respiratória e síntese de etileno ocorreram nas amostras tratadas com cloreto de cálcio + glúten + 2,3 kGy. As menores contagens de microrganismos psicrotróficos, mesófilos, e bolores e leveduras ocorreram nas amostras à base de cloreto de cálcio + glúten + 2,3 kGy. Não houve presença de *E. coli* e de *Salmonella.* A contagem de microrganismos do grupo dos coliformes totais foi baixa em todos os tratamentos e ocorreu apenas em algumas amostras durante o período de armazenamento. Apenas o controle manteve as características sensoriais acima do limite de aceitabilidade durante todo o armazenamento. A textura das demais amostras foi rejeitada no 8º dia. O sabor ficou comprometido desde o 1º dia de armazenamento nas amostras à base de cloreto de cálcio + glúten + 2,3 kGy.

Palavras-chave: abacaxi, processamento mínimo, película comestível, glúten de trigo, alginato de sódio, irradiação.

ABSTRACT

PILON, L. **Conservation of minimally processed pineapple using calcium chloride, edible coating and gamma radiation**. 2007. 120 f. Thesis (Doctoral) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

The aim of this study was to obtain a convenience type pineapple subjected to fresh-cut process and calcium chloride, wheat gluten and alginate-base edible coating and irradiation treatments. The fruits were washed, sanitized with Sumaveg® (Sodium Dichloro-s-Triazinetrione) in a 200 mg L^{-1} chlorine-free solution at 7ºC for 15 minutes, and then manually peeled. The peeled fruits were sliced into 1 cm thick slices, rinsed in 20 mg L^{-1} chlorine-free solution for 3 minutes and drained for 3 minutes. In the first experiment, the samples were treated with: 1% calcium chloride + vital wheat gluten solution; 1% calcium chloride + 1% alginate solution; and control. In the second experiment, the samples were treated with: 1% calcium chloride + vital wheat gluten solution + 2.3 kGy; 1% calcium chloride + 2.3kGy; irradiation with 2.3kGy; and control. The packing consisted of rigid polyethylene terephthalate (PET) trays with around 250 g of fruit. The irradiation was performed in a Cobalt-60 multipurpose irradiator with 92 kCi activity and dose value of 2.3 kGy h^{-1}. The samples were stored at 5 ± 1ºC and evaluated every other day for 12 days. In the first experiment pH and titratable acidity values showed slight variations but were similar between the treatments. There was a decrease in ascorbic acid values in all treatments. Browning was noticed in all treatments over the storage period. Although the values between the treatments were similar, the pineapple treated with calcium chloride + gluten showed firmer texture, less liquid loss, and lower values of polyphenoloxidase and peroxidase activities and CO_2 and ethylene production. Mesophiles and mold and yeast counts were also reduced. No *Salmonella* and *E. coli* were detected. Total coliform counts were low in all the treatments and appeared in just a few isolated samples during the storage period. Sensory analyses showed that the samples treated with calcium chloride + gluten had the lower scores for texture, appearance, and aroma; the flavor was compromised from the 4th storage day onward. In the second experiment the pH and titratable acidity values showed small

changes but were similar between the treatments. There were a decrease in the ascorbic acid values in all treatments; nevertheless, the samples treated with calcium chloride + gluten + 2.3 kGy retained more of this vitamin than the other treatments. Firmer texture, less liquid loss, and lower values of polyphenoloxidase and peroxidase activities were noticed in the samples with calcium chloride + 2.3 kGy. Browning was noticed in all treatments over the storage period. The darker samples were the ones treated with calcium chloride + gluten + 2.3 kGy, and irradiated with 2.3 kGy. Higher respiratory rate and ethylene synthesis were noticed in the samples treated with calcium chloride + gluten + 2.3 kGy. The lowest psychrotrophic, mesophiles, and mold and yeast counts occurred in the samples treated with calcium chloride + gluten + 2.3 kGy. No *Salmonella* and *E. coli* were detected. Total coliform counts were low in all the treatments and appeared in just a few samples during the storage period. Only the control kept the sensorial attributes within the acceptability limit during the storage period. The texture in all the other samples was unacceptable from the 8th day onward. The flavor was compromised from the first storage day onward in the samples with calcium chloride + gluten + 2.3 kGy.

Keywords: pineapple, minimal processing, edible coating, wheat gluten, sodium alginate, irradiation.

1 INTRODUÇÃO

O hábito alimentar do brasileiro tem apresentado mudanças consideráveis nas últimas décadas. Os consumidores estão mais atentos aos alimentos saudáveis, além de possuírem menos tempo para o preparo doméstico. Assim, novas tecnologias estão surgindo na indústria alimentícia para possibilitar praticidade e rapidez no preparo. Atualmente, a tendência são os alimentos minimamente processados, que se destacam como uma tecnologia utilizada para agregar valor às frutas e hortaliças e reduzir as perdas pós-colheita.

A venda de alimentos minimamente processados nos Estados Unidos tem crescido significativamente nos últimos anos devido ao alto consumo pela população e da viabilidade em restaurantes, instituições e supermercados (International Fresh-cut Produce Association - IFPA, 2005). No Brasil, muitos consumidores adotaram os pratos semi-prontos e vegetais pré-cortados e com isso, os supermercados estão ampliando cada vez mais as seções deste tipo de produto.

Segundo Jacomino et al. (2004), o crescimento dos produtos minimamente processados está relacionado com a exigência do consumidor para obtenção de produtos frescos e com praticidade para o consumo. Os autores afirmam que a decisão de compra de frutas pelo consumidor leva em consideração uma série de fatores como o tamanho do fruto (melancia), a dificuldade de descascamento (abacaxi), o extravasamento de líquidos (kiwi e abacaxi), e o odor ou cor transferidos para as mãos (tangerina ou manga).

O processamento mínimo oferece produtos com qualidade e, no caso de frutas, permite ao consumidor a avaliação imediata de sua qualidade interna. Além dessas vantagens, contribui para o aumento da rentabilidade dos produtores, fixação de mão-de-obra nas regiões produtoras e facilita o manejo do lixo (JACOMINO et al.,

2004). No entanto, embora ofereçam conveniência ao consumidor e ganho aos produtores em relação ao valor agregado, apresentam vida útil diminuída quando sofrem injúrias pelo descascamento e corte, em virtude de sua maior taxa de respiração, produção de etileno, deterioração da textura e produção de compostos voláteis indesejáveis (CHITARRA, 1998).

A utilização de tratamento químico, como cloreto de cálcio, vem agregar valor ao produto minimamente processado, agindo na pectina e reestruturando o pectato de cálcio, resultando em maior rigidez do fruto processado. A utilização de películas, como uma tecnologia inovadora, se constitui em um potencial para a conservação desses, pois, aliada ao fato de poder diminuir os fatores fisiológicos, elas também promovem a proteção do produto quanto à contaminação microbiana, formando um filme de baixa atividade de água, indisponível às bactérias, fungos e leveduras.

A irradiação pode, efetivamente, prolongar a vida útil de frutas e produtos hortícolas. Combinada com outros tratamentos, a irradiação é uma etapa adicional para favorecer e garantir a segurança de produtos minimamente processados.

Essas tecnologias podem colaborar para a melhoria da qualidade do abacaxi minimamente processado, prolongando sua vida útil e colocando a fruta tropical em igualdade com alimentos de países desenvolvidos, para que elas possam alcançar mercados distantes e mais exigentes, valorizando assim a fruticultura brasileira.

OBJETIVOS

Obtenção de abacaxi como alimento tipo conveniência, submetido ao processamento mínimo e armazenamento refrigerado, combinado com cloreto de cálcio, películas comestíveis à base de alginato e glúten de trigo, e irradiação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Matéria-prima: abacaxi

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merril) é uma planta pertencente à família *Bromeliaceae,* originária da região compreendida entre 15°N e 30°S de latitude e 40°L e 60°W de longitude, o que inclui a zona central do Brasil, o nordeste da Argentina e o Paraguai (CUNHA et al., 1999). Segundo estudos de distribuição do gênero *Ananas* na Venezuela e na América do Sul, deve-se considerar que seu centro de origem é a região da Amazônia compreendida entre 10°N e 10°S da latitude e entre 55°L e 75°W de longitude, por se encontrar nessa região o maior número de espécies consideradas válidas até o momento. A região sudeste do Brasil pode ser considerada um segundo centro de diversificação do gênero (LEAL, 1983).

O abacaxi é um fruto múltiplo, formado por um grande número de frutilhos ligados uns aos outros. A inflorescência se desenvolve da base para o ápice; em conseqüência, os frutilhos da base são fisiologicamente mais velhos que aqueles do ápice do fruto (SGARBIERI, 1966). De acordo com Silva (1980), o fruto é formado sem a ocorrência da fecundação, sendo denominado partenocárpico. Sob o ponto de vista botânico, a parte comestível do abacaxi não é um fruto, mas sim o produto da coalescência dos frutilhos individuais, sépalas, brácteas e do pedúnculo ou eixo central, denominado sincarpo ou infrutescência.

O abacaxi é classificado como fruto não climatérico, isto é, só amadurece enquanto estiver ligado à planta. Após a colheita os frutos não climatéricos não melhoram suas qualidades sensorial e nutricional, embora ocorra mudança na textura e perda da coloração verde (CHITARRA, 1990).

Esse fruto é cultivado nas regiões tropicais e subtropicais, e consumido em todo o mundo. Segundo dados do Anuário da Agricultura Brasileira - AGRIANUAL (2007), em 2004 o Brasil ocupou a quarta posição em produção de abacaxi no mundo, com 1,42 milhões de toneladas, sendo superado apenas pela Tailândia (2,05 milhões de toneladas), Filipinas (1,80 milhões de toneladas) e Costa Rica (1,60 milhões de toneladas).

A produção brasileira de abacaxi em 2006 esteve distribuída principalmente nas regiões Nordeste, Sudeste e Norte, sendo responsáveis por 37,6%, 35,9% e 21,5%, respectivamente. O Estado de São Paulo aparece como o quarto maior produtor nacional, representando 7,8% da produção nacional. O Estado do Pará, com uma participação de 19,0% da produção nacional de abacaxi, destacou-se como o maior produtor brasileiro em 2006, seguido dos Estados da Paraíba e Minas Gerais, com uma produção que corresponde a 18,8% e 18,4%, respectivamente (AGRIANUAL, 2007).

As perspectivas de médio prazo para a cultura do abacaxi revelam possibilidade de aumento das exportações. Os números ainda são pequenos, mas as vendas para o exterior vêm crescendo e devem continuar aumentando. As maiores exportações brasileiras têm sido destinadas à Itália, Alemanha, Países Baixos, Espanha, Argentina, Reino Unido, Portugal, Uruguai, França e Bolívia (AGRIANUAL, 2007).

Segundo Botrel e Abreu (1985), a produção brasileira de abacaxi é quase toda destinada ao mercado interno para o consumo *in natura*, sendo que o restante é destinado à indústria, em forma de suco e compotas. As cultivares mais plantadas de abacaxi são ‘Smooth Cayenne’ e ‘Pérola’, pois atendem às exigências sensoriais

dos consumidores brasileiros e das indústrias, com tipos de fruto apropriados ao beneficiamento e rendimento em rodelas para compota (COUTO, 1981).

O abacaxi apresenta variação em sua composição química, dependendo da variedade cultivada, estádio de maturação, clima e época do ano em que é produzido, entre outros fatores (CUNHA et al., 1999).

O pH do abacaxi se encontra, geralmente, entre 3,2 e 4,15 e a acidez total titulável varia entre 0,57 e 0,67%, devido principalmente, aos ácidos cítrico e málico, que contribuem com 87% e 13% da acidez total, respectivamente (DULL, 1971). No interior do fruto, a acidez aumenta da base para o topo, acompanhando o desenvolvimento da maturação e é mais acentuada na zona próxima à casca do que na do cilindro central.

Os teores de sólidos solúveis podem variar entre 13,1 e 15,1ºBrix para frutos maduros. A região basal apresenta valores de sólidos solúveis sempre superiores às regiões mediana e apical (MANICA, 1999). A relação entre doçura e acidez, caracterizada pelos valores de sólidos solúveis ou ^{o}Brix/acidez, tem sido utilizada para avaliar o sabor dos frutos. Segundo Bleinroth (1978), o valor máximo dessa relação pode chegar a 27,0. O autor cita que frutos colhidos nas safras de verão apresentam valores superiores aos de inverno, indicando que temperaturas mais elevadas proporcionam maior síntese de açúcares e/ou degradação de ácidos.

Os frutos da cultivar ‘Pérola’ apresentam formato cônico com polpa de coloração branco-pérola, com valores de textura em torno de 2,4 kgf. Dentre os componentes vitamínicos do abacaxi, destaca-se o ácido ascórbico, com teores médios de 26,6 mg 100 g $^{-1}$ de polpa (ANTONIOLLI; BENEDETTI; SOUZA FILHO, 2003).

2.2 Processamento mínimo de frutas e vegetais

Segundo a International Fresh-cut Produce Association - IFPA (2005), os produtos *fresh-cut* podem ser definidos como frutas e vegetais, ou combinação desses, que tenham sido fisicamente alterados em sua forma original, mas que mantenham a qualidade *in natura*. Estes tecidos não apresentam as mesmas respostas fisiológicas inerentes ao produto não tratado e inteiro, em relação ao meio ambiente e às condições de embalagem (WILEY, 1994). Também conhecidos como levemente processados, parcialmente processados, processados frescos, cortados frescos ou pré-preparados (CHITARRA, 1998). A obtenção desses produtos envolve operações de lavagem, descascamento, corte, centrifugação, embalagem e armazenamento (HOBSON; TUCKER, 1996).

A IFPA estima que o total de vendas de alimentos minimamente processados nos Estados Unidos foi maior que US$ 1.3 bilhões no primeiro trimestre de 2006. As frutas minimamente processadas geraram US$ 242 milhões do total, e as hortaliças minimamente processadas, US$ 1.0 bilhão. O processamento minimo de frutas mostrou um significativo crescimento de 15,7% em relação ao ano de 2005.

O processamento mínimo de frutas e hortaliças tem como principal vantagem o fato dos produtores rurais poderem entregar seus produtos diretamente às redes de supermercados, restaurantes, hotéis e lanchonetes, evitando intermediários e Centrais de Abastecimento.

De acordo com Chitarra (1998), os alimentos minimamente processados são mais sensíveis às alterações do que os produtos íntegros, devido aos seguintes fatores: perdem o tecido protetor, a casca, que promove o efeito de barreira física contra a invasão microbiana; o corte dos tecidos libera nutrientes que servem de

alimento aos microrganismos, acelerando o desenvolvimento destes; o manuseio excessivo também torna o produto mais suscetível à contaminação microbiana.

No preparo de frutas e hortaliças para serem submetidas ao processamento mínimo, as operações físicas de processamento podem causar lesões e danos nos tecidos vegetais. Segundo Watada et al. (1990), a fruta e hortaliça de maior qualidade, seria a selecionada sem ferimentos, ruptura da epiderme e qualquer tipo de dano mecânico. Qualquer ferimento dos tecidos vegetais pode originar uma desordem fisiológica ou contaminação microbiana, seguida de alteração no vegetal. Os tecidos sofrem menos ferimentos quando são cortados com facas devidamente afiadas. Assim, quanto menor for o grau de ferimento, maior será a qualidade.

A fisiologia das frutas minimamente processadas é essencialmente a fisiologia de tecidos vegetais que sofreram injúrias. Esse comportamento inclui o aumento na respiração e produção de etileno e, em alguns casos, a indução no processo de cicatrização de feridas. Além disso, a injúria pode acarretar aumento na infecção por microrganismos patogênicos, e ter conseqüências de natureza química e física, como escurecimento enzimático, oxidação de lipídeos ou aumento na perda de água (JACOMINO et al., 2004).

Tecnologias de preservação estão sendo confiadas a assegurar a qualidade desses produtos. A refrigeração (MARRERO; KADER, 2006; O'CONNOR-SHAW et al., 1994), atmosfera modificada (CARLIN et al., 1990; GIL; CONESA; ARTÉS, 2002; IZUMI et al., 1996; SIRO et al., 2006; ZAGORY; KADER, 1988), tratamentos químicos (BUDU; JOYCE, 2003; ESWARANANDAM; HETTIARACHCHY; MEULLENET, 2006; PIAGENTINI; GÜEMES, 2002), películas comestíveis (CUTTER, 2006; FONTES; SARMENTO; SPOTO, 2007; GONTARD et al., 1994; NUSSINOVITCH et al., 1997; PARK, 1999), e a radiação gama (GUNES et al., 2000;

LAFORTUNE et al., 2005; OUATTARA et al., 2002; WANG et al., 2006) têm sido pesquisadas para auxiliar na manutenção da qualidade e no aumento da vida útil de vegetais minimamente processados.

Os vegetais minimamente processados alojam uma microbiota diversificada, freqüentemente, da ordem de 10^5 a 10^7 UFC g^{-1}. A população bacteriana é composta por 80 a 90% de bacilos Gram negativos, predominantemente pertencentes aos gêneros *Pseudomonas, Enterobacter e Erwinia* (MARCHETTI; CASADEI; GUERZONI, 1992). Bactérias ácido-láticas têm sido encontradas em saladas mistas e cenouras minimamente processadas submetidas à temperatura de 30ºC (MANVELL; ACKLAND, 1986). Os fungos usualmente isolados nesses vegetais são *Cryptococcus, Rhodotorula* e *Candida* (BRACKETT, 1994).

O desenvolvimento de microrganismos patogênicos em vegetais minimamente processados vai depender de suas características, propriedades intrínsecas do vegetal e dos efeitos do processamento, embalagem e armazenamento. Cada produto a ser processado passa por uma série de etapas, incluindo manipulação, lavagem, contato com os equipamentos, embalagem e armazenamento. Cada uma dessas etapas pode interferir no crescimento e sobrevivência dos microrganismos (FRANCIS; THOMAS; O'BEIRNE, 1999).

A temperatura de refrigeração abaixo de 7ºC, utilizada no armazenamento de frutas e hortaliças minimamente processadas, embora prolongue a vida útil desses produtos, diminuindo a velocidade de crescimento dos microrganismos, são seletivas para microrganismos psicrotróficos. A presença de bactérias mesófilas e psicrotróficas em alface, repolho e chicória, foi relatada por alguns autores (NGUYEN-THE et al., 1996; ZHANG; FARBER, 1996).

Para a redução da contaminação dos vegetais deve-se fazer a remoção da superfície suja ou da casca, após, os vegetais são cortados, lavados e imersos em soluções contendo sanificante. Esses processos reduzem a carga microbiana inicial e, conseqüentemente, a população de patógenos. A sanificação é geralmente realizada utilizando-se compostos de cloro e ácidos orgânicos (REYES, 1996).

Para frutas e hortaliças minimamente processadas, não há informações na legislação brasileira quanto aos limites de contagens tolerados para microrganismos. Para "hortaliças frescas, refrigeradas ou congeladas", a Portaria nº 451 de 19 de setembro de 1997 estipula para *Salmonella*, a ausência em 25 g e o limite para Coliformes fecais de 2 x 10^2 NMP g^{-1} (BRASIL, 1997). Porém, para compatibilizar a legislação nacional com os regulamentos harmonizados no Mercosul, esta Portaria foi revogada pela Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001, onde os padrões microbiológicos para hortaliças frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para o consumo direto, passaram a ser para *Salmonella* sp, ausência em 25 g e de 10^2 NMP g^{-1} para coliformes a 45ºC (BRASIL, 2001a).

Os vegetais minimamente processados têm ocupado um espaço significativo nas gôndolas dos principais supermercados brasileiros. Na rede de supermercados Pão de Açúcar, em Piracicaba, SP, as marcas predominantes à venda em outubro de 2007 são: Hydro Salads, Green Leaves, Mr. Valley, Master Salads, La Vita, e Comercial Agrícola Terra. Os produtos são: melão, manga, kiwi, atemoya, lima da pérsia, carambola e mamão, em cubos ou fatias; alface americana, escarola, salsa fatiada, chuchu, couve-manteiga, beterraba, cenoura ralada, mandioquinha, salada mista composta de acelga, repolho, cenoura, salsão, couve-flor, brócolis, alho-poró, entre outros, embalados em sacos plásticos, atmosfera modificada, vácuo e

bandejas plásticas ou de isopor. A vida útil preconizada pelas empresas é de 2 a 4 dias para as frutas e 5 a 10 dias para os demais vegetais.

2.3 O abacaxi e o processamento mínimo

No Brasil, mais de 90% do abacaxi produzido é consumido *in natura*, com perdas ao redor de 10 a 15% do produto colhido. Esta perda pode ser atribuída em parte à falta de conveniência desta fruta, que exige descasques trabalhosos com escorrimento de líquido e contenção em recipientes adequados para o consumo. Seu consumo poderia ser ampliado se seu grau de conveniência para os consumidores fosse aumentado, ou seja, se ele pudesse ser comercializado já descascado ou na forma de rodelas, em embalagens que permitissem o consumo direto e facilitassem sua utilização em restaurantes ou lojas de *fast food* (SARZI, 2002).

O processamento mínimo do abacaxi é uma forma de proporcionar o consumo dessa fruta como um produto de conveniência. Sendo assim, algumas pesquisas envolvendo tecnologias de preservação estão sendo realizadas com o objetivo de aumentar a vida útil, garantir a segurança microbiológica, e qualidades nutricional e sensorial dessa fruta minimamente processada.

Sarzi et al. (2000) avaliaram abacaxi ‘Pérola’ fatiado em rodelas ou metades, armazenado sob diferentes temperaturas (3, 6 e 9ºC) e demonstraram que, sob temperatura de 9ºC, os teores de acidez aumentaram e ocorreu maior rapidez no escurecimento, redução do teor de ácido ascórbico e menor vida útil (6 dias); enquanto que, para os produtos armazenados a 3 e 6ºC, a vida útil foi de 9 dias.

Bonnas et al. (2003) avaliaram as qualidades físico-químicas e microbiológica de abacaxi 'Smooth Cayenne', minimamente processado, embalado sob atmosfera modificada ativa (5% O_2 e 5% CO_2; 2% O_2 e 10% CO_2) e armazenado a 5 ± 1ºC. O abacaxi apresentou baixa degradação da parede celular e solubilização das hemiceluloses.

Santos et al. (2005) estudaram essas mesmas concentrações de gases em abacaxi 'Pérola' e demonstraram que não houve variação de pH e vitamina C. Na atmosfera de 2% O_2 e 10% CO_2 foram observados maior firmeza e maiores valores de pectina total, menores teores de pectina solúvel e menor perda de líquido drenado. Já as enzimas poligalacturonase e polifenoloxidase tiveram menor atividade sob atmosfera de 5% O_2 e 5% CO_2.

Bandekar et al. (2006) e Landgraf et al. (2006) estudaram doses de radiação variando de 1 a 2,5 kGy em abacaxis minimamente processados e não encontraram modificações significativas nas características sensoriais do produto armazenado sob refrigeração, durante 7 dias.

Hajare et al. (2006) investigaram o processo de irradiação com a dose de 2 kGy em abacaxis minimamente processados, armazenados a 8°C, por 12 dias; nenhum dos atributos sensoriais foram afetados pela dose, e os provadores não identificaram diferença entre o controle e as amostras irradiadas.

Leite (2006) relatou que doses de até 2 kGy não interferiram nas características físico-químicas e sensoriais de abacaxis minimamente processados, armazenados sob refrigeração, durante 8 dias.

2.4 Tratamento químico de frutas minimamente processadas

De acordo com Wiley (1994), o ácido ascórbico e seus vários sais neutros e outros derivados são os principais antioxidantes para o uso em frutas e hortaliças e seus sucos para prevenir escurecimento e outras reações oxidativas. É um composto redutor moderadamente forte; de natureza ácida, forma sais neutros com bases e é solúvel em água.

O tratamento com ácido ascórbico e 10% de KCl a 2% tem a habilidade de preservar a coloração, sem afetar o sabor de pêras (*Pyrus communis*), conforme observado por Chen et al. (2003). A imersão das pêras na solução citada, por 30 seg, foi suficiente para manter a coloração das frutas durante 14 dias, sob refrigeração entre 1 e 1,7ºC.

A importância do cálcio como regulador do amadurecimento de frutas e hortaliças tem sido estudada há algum tempo. No tecido vegetal, o pectato de cálcio na lamela média atua como um agente cimentante que aumenta a adesão celular. O cálcio protege os tecidos do fruto do mecanismo de amaciamento durante o amadurecimento, pelo fato de atuar como estabilizante (CHUNG; YOUN, 1995).

O efeito do cálcio nos frutos é extenso, visto que suas mudanças fisiológicas após a colheita são contínuas. O cálcio é a parte crítica da estrutura da parede celular, onde adiciona rigidez pela formação de ligações cruzadas na matriz polissacarídica péctica. Conway et al. (1995) observaram que a formação de ligações cruzadas de cálcio entre os ácidos galacturônicos torna a parede celular menos acessível às enzimas que ocasionam o amaciamento, com a manutenção da firmeza e o aumento da resistência à invasão por certos microrganismos.

O cloreto de cálcio tem sido aplicado em frutas minimamente processadas, em concentracões que oscilam entre 0,1 e 1% (SAPER; MILLER, 1998; BETT et al., 2001). Luna-Guzmán e Barret (2000) citam que o cloreto de cálcio a concentrações superiores a 0,5% está relacionado com a aparição de odores estranhos em melões minimamente processados.

Varela, Salvador e Fiszman (2006) relataram que maçãs 'Fuji' minimamente processadas, tratadas com 0,1% de cloreto de cálcio, 0,5% de ácido ascórbico e 0,1% de ácido propiônico, auxiliaram na manutenção da cor e textura em até 16 dias de armazenamento a 8°C.

Miranda (2001) concluiu que análises de mamões minimamente processados, tratados com 1% de $CaCl_2$, obtiveram melhores resultados, com vida útil de 8 dias, em relação aos demais tratamentos (0,5% ácido ascórbico e 1% peróxido de hidrogênio), que tiveram vida útil de 5 dias.

Segundo Agar et al. (1999), fatias de kiwi tratadas com 1 e 2% de $CaCl_2$ permaneceram mais firmes que as tratadas com 1% de ácido ascórbico, 1% de ácido cítrico e suas combinações.

Prado et al. (2000) trataram abacaxis 'Smooth Cayenne' minimamente processados com ácido ascórbico a 0,5%, cloreto de cálcio a 1% e combinação destes, e notaram que o cloreto de cálcio a 1% afetou positivamente a textura desse fruto, devido a maiores índices desta variável, e menores taxas de solubilização da pectina.

O lactato de cálcio representa uma altenativa de fonte de cálcio, e tem sido utilizado na concentração de 0,5 a 2% para manutenção da firmeza em morango processado (MAIN; MORRIS; WEHUNT, 1986) e toronja (BAKER, 1993) sem causar modificações no sabor e aroma do produto. Luna-Guzmán e Barret (2000)

compararam a efetividade do cloreto de cálcio e do lactato de cálcio na manutenção da qualidade de melões minimamente processados, durante 12 dias a 5°C. Não foi observada diferença no comportamento fisiológico entre as amostras dos dois tratamentos e ambos mantiveram a firmeza durante o armazenamento; no entanto, o cloreto de cálcio mostrou amargor indesejável.

Gorny et al. (2002) estudaram os efeitos de conservantes químicos e atmosfera modificada na modificação da qualidade de pêra 'Bartlett' minimamente processada, e observaram que nenhuma das amostras embaladas apenas com atmosfera modificada ativa foram efetivas para prevenir o escurecimento das frutas, enquanto que as amostras tratadas com adição de ácido ascórbico (2%), lactato de cálcio (1%) e cisteína (0,5%) a pH 7, estenderam a vida útil das pêras, prevenindo o escurecimento e mantendo a firmeza das frutas.

As propriedades funcionais, nutricionais, sensoriais e mecânicas das películas comestíveis podem ser melhoradas com o uso de aditivos, como agentes anti-escurecimento, preservativos, plastificantes, nutracêuticos e precursores voláteis, ampliando assim a utilidade das películas para o uso em frutas minimamente processadas. Alguns aditivos têm sido utilizados, como o cloreto de cálcio para inibir a perda de firmeza, o ácido ascórbico para diminuir o escurecimento, e o sorbato de potássio e o ácido benzóico para inibir o crescimento microbiano (OLIVAS; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

2.5 Películas de revestimento

A aplicação de técnicas que permitem controlar os fatores deteriorantes em produtos minimamente processados, atualmente, está sendo alvo de pesquisas no

campo da ciência e tecnologia de alimentos (ALZAMORA; TAPIA; LOPEZ-MALO, 2000). Nesse sentido, devem ser aplicadas técnicas de conservação que, combinadas ou não, possam manter as características originais do produto, aumentando sua vida útil, sem perdas nas qualidades sensorial e nutricional, e assegurando a qualidade microbiológica.

Os filmes e revestimentos comestíveis sobre o tecido cortado da fruta, constitui uma boa alternativa, já que sua aplicação favorece o controle dos processos respiratórios e oxidativos, de desidratação, e podem melhorar as características do produto final, com a incorporação de compostos antimicrobianos e outras sustâncias (GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996).

Embora as películas comestíveis sejam objeto de pesquisas recentes, incluindo frutas e vegetais *in natura* ou minimamente processados, a sua utilização em alimentos não é uma técnica moderna. A cobertura de frutas com cera tem sido usada na China desde o século XII para melhorar a qualidade e a conservação (GONTARD et al., 1996), enquanto que a aplicação de cobertura sobre carnes, foi uma prática usual no século XVI, onde as carnes cortadas eram cobertas com gorduras para sua conservação (KESTER; FENNEMA, 1986).

Ao longo do século XIX, a sacarose foi aplicada como uma cobertura comestível protetora sobre as nozes, amêndoas e avelãs, para prevenir o oxidação e rancidez durante o armazenamento (DEBEAUFORT; QUEZADA-GALLO; VOILLEY, 1998). Foram também desenvolvidos alguns tipos de revestimentos à base de gelatina para preservação de carnes (KESTER; FENNEMA, 1986). Na década de 1930 já estava disponível comercialmente um revestimento de parafina para frutos cítricos, utilizados para retardar a perda de água. No início de 1950, uma emulsão

de cera de carnaúba era empregada para revestir frutos e vegetais frescos (KAPLAN, 1986).

As películas comestíveis podem ser classificadas em filmes e coberturas. A diferença básica entre esses termos é que as coberturas são aplicadas e formadas diretamente na superfície do alimentos; enquanto que os filmes são estruturas aplicadas após serem formados separadamente (GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996). Sua finalidade é inibir ou reduzir a migração de umidade, oxigênio, dióxido de carbono e aromas, pois promovem barreiras semipermeáveis (KROCHTA; MULDER-JOHNSTON, 1997).

Os biopolímeros mais utilizados na elaboração de filmes e coberturas comestíveis são os polissacarídeos, os lipídeos, as proteínas, ou a combinação desses componentes (GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996; ARVANITOYANNIS; GORRIS, 1999). Os polissacarídeos apresentam propriedade de formação de filmes e barreira aos gases, porém, sendo hidrofílicos, não proporcionam boa barreira à umidade (KESTER; FENNEMA, 1986). Os lipídeos oferecem barreira à umidade, mas apresentam problemas relativos à estabilidade oxidativa. As películas à base de proteínas possuem propriedades mecânicas, geralmente, superiores às dos demais (CHEN, 1995).

Para a formação das películas comestíveis é necessária a solubilização das macromoléculas em um solvente (água, etanol ou ácidos orgânicos), e o uso de plastificantes, como glicerol, sorbitol ou ácido lático, para o aumento da mobilidade da cadeia polimérica (KESTER; FENNEMA, 1986).

Alguns dos polissacarídeos que têm sido utilizados nas formulações das películas são as gomas e pectinas (BALDWIN, 2001), celulose (LI; BARTH, 1998; TIEN et al., 2001), quitosana (GHAOUTH et al., 1991; CHEAH et al., 1997; LI; YU,

2000; JIANG; LI, 2001), e alginato (FONTES, 2005). Os lipídeos utilizados são cera de abelha, óleo mineral, surfactantes, monoglicerídeo acetilado, cera de carnaúba e cera de parafina (KESTER; FENNEMA, 1986). Quanto às proteínas, as mais utilizadas em películas são as proteínas de soja, proteína do soro de leite, caseína, gelatina, ovoalbumina, glúten de trigo, zeína e proteínas miofibrilares (BALDWIN et al., 1995; CUQ; GONTARD; GUILBERT, 1995). Os três biopolímeros quando utilizados em combinação, melhoram suas propriedades e se tornam mais efetivos. Baldwin et al. (1995) relataram menor perda de umidade e escurecimento oxidativo em maçãs e batatas minimamente processadas, cobertas com filmes à base de caseína e monoglicerídeo acetilado.

Alguns autores citam as vantagens do uso dos filmes e revestimentos comestíveis, tais como: retardar produção de etileno (BANKS, 1984), a taxa de respiração e a perda de clorofila (BANKS, 1984); reduzir o metabolismo e as taxas de oxidação (LI; BARTH, 1998), perda de umidade e firmeza (RISSE; MILLER, 1983; AVENA-BUSTILLOS et al., 1997); possuir barreiras à umidade e ao oxigênio (LI; BARTH, 1998); evitar perdas de compostos voláteis; transportar aditivos que podem reduzir a descoloração e o crescimento microbiano (BEN-YEHOSHUA, 1966); melhorar a aparência do produto (JIANG; LI, 2001).

No Brasil, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos utilizando-se películas comestíveis. Vicentini, Castro e Cereda (1999) relataram baixa perda de massa em pimentão tratado com fécula de mandioca a 1% ao longo do período de armazenamento. Attílio et al. (2006) estudaram a influência da quitosana na conservação de mangas minimamente processadas e concluíram que a quitosana a 1,5% preservou a qualidade sensorial. Colla, Sobral e Menegalli (2006) estudaram película à base de amaranto (*A. cruentus*), ácido esteárico e glicerol na manutenção

da qualidade de morango quanto à perda de massa, firmeza, retenção da cor e contaminação por fungos. Pereira et al. (2006) aplicaram película de fécula de mandioca nas concentrações de 1, 2 e 3% em mamão 'Formosa' intacto, e observaram que esses tratamentos retardaram o amadurecimento dos frutos, cujas alterações de cor da casca, firmeza da polpa, sólidos solúveis e acidez titulável foram significativamente mais lentas que nos frutos não tratados.

2.5.1 Glúten de trigo

Glúten de trigo é um termo geral para as proteínas de farinha de trido insolúveis em água, suas características de coesão e elasticidade produzem integridade e facilitam a formação de filme (TANADA-PALMU; FAKBOURI; GROSSO, 2002).

O glúten contém cerca de 80 a 85% de proteínas e pode ser obtido pelo pressionamento da massa aquosa da farinha de trigo e lavagem do amido e outros materiais solúveis numa solução diluída de ácido ou em excesso de água (KASARDA; NIMMO; KOHLER, 1971).

O glúten pode ser separado em 2 frações de quantidades aproximadamente iguais. Uma das frações é a gliadina, solúvel em etanol 70%, e a outra é a glutenina, insolúvel em etanol (KASARDA; NIMMO; KOHLER, 1971). As proteínas da gliadina e da glutenina possuem peso molecular na faixa de 20.000 a 40.000 e entre 50.000 e 1.000.000, respectivamente. As moléculas da glutenina são espirais longas e extensas, já as moléculas da gliadina são esferas pequenas e intactas (JONES et al., 1961).

Para que seja formado o biofilme, o glúten é disperso em solução de etanol e água por redução e quebra das ligações dissulfeto (S-S). A quebra das ligações S-S pela sua redução em grupos SH, resulta em cadeias polipeptídicas com menor peso molecular, desfazendo a elasticidade e a coesividade do glúten. O glúten disperso é então reoxidado no ar e, devido à formação de novas ligações S-S, ocorre a estrutura do filme (OKAMOTO, 1978).

Gontard, Guilbert e Cuq (1993) estudaram o efeito do glicerol nas propriedades de barreira ao vapor d'água do biofilme de glúten de trigo. O glicerol melhorou a extensibilidade do filme mas reduziu a elasticidade, a força de ruptura e a propriedade de barreira ao vapor d'água.

Gennadios et al. (1993) investigaram o efeito do pH das soluções de glúten de trigo na formação de filme. Os filmes de glúten de trigo se formaram a pH 2 a 4 e 9 a 13. Os filmes de glúten preparados em condições alcalinas apresentaram maior resistência à tração do que os filmes processados sob condições ácidas.

Com objetivo de reduzir perdas de firmeza e de peso em morangos, Tanada-Palmu e Grosso (2002) aplicaram filmes de glúten de trigo em diferentes valores de pH e concentrações de glúten, etanol e glicerol. Os autores encontraram menor permeabilidade ao oxigênio quando utilizadas menores concentrações de glicerol, glúten e etanol. O filme mais resistente foi obtido quando foram utilizadas maior concentração de glúten e menor de glicerol.

2.5.2 Alginato

Alginatos são polímeros estruturais de alto peso molecular, encontrados na parede celular e espaço intracelular de algas marrons *Phaeopyceae* (ONSOYEN,

1997). As coberturas de alginato são boas barreiras ao oxigênio, podem retardar a oxidação lipídica dos alimentos e melhorar o sabor, textura e a adesão (KESTER; FENNEMA, 1986). É um polissacarídeo autodegradável quando aquecido por tempo prolongado. A viscosidade aumenta a pH abaixo de 4 e também pela presença de íons de cálcio ou cátions polivalentes, com os quais pode formar géis ou filmes (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

Alginatos possuem boas propriedades de formação de películas, e são bastante úteis para aplicações em alimentos (CUTTER; SUMNER, 2002). Os cátions divalentes (cálcio, magnésio, manganês, alumínio e ferro) são utilizados como agentes geleificantes na formação de películas à base de alginato (KESTER; FENNEMA, 1986; CUTTER; SUMNER, 2002). Dos cátions citados, o cálcio parece ser o mais efetivo para a geleificação do alginato (KESTER; FENNEMA, 1986).

As propriedades geleificantes do alginato se devem à sua capacidade de formar ligações com íons divalentes, como o cálcio. Em presença do íon cálcio, o alginato sofre modificações em sua conformação, dando lugal ao modelo conhecido como “caixa de ovo”. Entre os polissacarídeos, o alginato constitue um dos polímeros mais usados devido às suas propriedades coloidais únicas e habilidades para formar géis fortes ou polímeros insolúveis ao ter reações com cátions metálicos polivalentes, como o cálcio (KING, 1983; RHIM, 2004).

O alginato é classificado como um hidrocolóide solúvel em água, extraído de algas marinhas marrons, possui pH entre 6 e 8 e propriedades funcionais como espessante, geleificante, estabilizante e formador de películas (FMC BioPolymer). A geleificação do alginato, entretanto, é dependente da quantidade de cálcio presente ou adicionado no alimento (KING, 1983).

Em alimentos, o alginato é usado em sorvetes, queijos e como estabilizante em molhos e espessante para sucos naturais. Possui algumas propriedades que o tornam semelhante à pectina (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

Wong et al. (1994) estudaram o efeito da combinação do alginato com um monoglicerídeo acetilado sobre fatias de maçãs e observaram ligeiro aumento da resistência ao vapor d'água comparado com películas de natureza similar. Fontes (2005) demonstrou que a firmeza de maçãs 'Royal Gala' minimamente processada recobertas por películas à base de dextrina (5,5%), fécula de mandioca (3%) e alginato de sódio (2%) com $CaCl_2$ (0,6%), aumentou durante o armazenamento refrigerado. Tapia et al. (2005) utilizaram película comestível à base de alginato, cloreto de cálcio e glicerol em mamão minimamente processado, a resistência ao vapor d'água melhorou à medida que se aumentou a concentração de glicerol na formulação.

2.6 Radiação gama

A Irradiação de alimentos é definida como um processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante, com finalidades sanitária, fitossanitária e ou tecnológica; alimento irradiado é todo alimento que tenha sido intencionalmente submetido ao processo de irradiação com radiação ionizante (BRASIL, 2001b).

A irradiação de alimentos tem recebido atenção crescente nas últimas décadas, devido às vantagens que apresenta em relação aos métodos convencionais de processamento (VERRUMA-BERNARDI; SPOTO, 2003). O uso da radiação como meio de segurança e conservação dos alimentos têm se mostrado

importante para órgãos governamentais, instituições de pesquisas e empresas privadas de todo o mundo. O interesse em tecnologias que venham favorecer o aumento das exportações das frutas brasileiras, tem sido encarado como um meio de abertura de novas oportunidades para esse setor que, embora venha alcançando bons resultados nos últimos anos, tem muito a percorrer para competir com outros países exportadores (SILVA, 2005).

Segundo a International Atomic Energy Agency - IAEA (2006), a introdução do sistema de Análise de Perigo e Ponto Crítico de Controle (APPCC) não parece ser completamente efetivo. A eficácia de vários métodos químicos e físicos de descontaminação têm sido testada na destruição de patógenos. As superfícies de frutas e vegetais costumam ser difíceis de higienizar e várias pesquisas têm demonstrado a capacidade de certos patógenos estar presentes não só em superfícies externas, mas também em tecidos internos, devido à capacidade de penetrar nas frutas e hortaliças no momento da germinação da semente ou florescimento.

A irradiação como um processo físico não deixa resíduos, preservando os alimentos sólidos, inibindo brotamento e amadurecimento, reduzindo podridões e microrganismos patogênicos, infestação de parasitas e insetos. Geralmente, doses de 2,0 kGy reduzem o número de bactérias de 3 a 4 ciclos logarítmicos e leveduras de 1 ou 2 ciclos logarítmicos (IAEA, 2006). A irradiação pode complementar outras técnicas de conservação, especialmente a refrigeração e pode ser feita depois do produto ter sido embalado, o que reduz a possibilidade de recontaminação (TAPE, 1996).

De acordo com o Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiação de Alimentos (GCIIA), o processo de irradiação acarreta poucas alterações químicas nos alimentos, não sendo conhecidas, nocivas ou perigosas. A variação do valor nutritivo causada pela irradiação depende de vários fatores, dentre eles a dose à qual o alimento é exposto, o tipo de alimento, sua embalagem e condições do tratamento, tais como a temperatura durante a irradiação e o tempo de armazenamento. O tratamento por irradiação, se devidamente controlado, não altera fisicamente a aparência, a forma ou a temperatura dos produtos, e somente nos alimentos produz alterações químicas insignificantes (VERRUMA-BERNARDI; SPOTO, 2003).

Oliveira (2000) relata que a importância da irradiação de alimentos se estabelece na preservação das qualidades intrínsecas e nutricionais, evitando perdas econômicas. Além disso, garante o aumento da vida útil dos alimentos, de modo a satisfazer as exigências das barreiras sanitárias impostas pelos países importadores dos produtos brasileiros.

As doses de radiação são quantificadas em termos de energia absorvida pelo produto irradiado. A dose de 1 quilogray (kGy) corresponde à absorção de 1 quilojoule por quilograma de produto irradiado. As doses normalmente aplicadas aos alimentos situam-se entre 0,1 e 7,0 kGy (O´BEIRNE, 1989).

A radapertização é um tratamento com o objetivo de eliminar microrganismos patogênicos formadores de esporos, geralmente empregado para produtos cárneos e condimentos. As doses utilizadas geralmente estão entre 25 e 45 kGy. A radiciação tem como objetivo reduzir o número de patógenos viáveis e não produtores de esporos, de forma que não sejam detectados por métodos de análises bacteriológicas nos alimentos tratados. Pode ser utilizada em massas e carnes

frescas, e sucos. As doses geralmente estão entre 2 e 8 kGy. A radurização ou radiopasteurização, promove a redução na contagem de microrganismos deterioradores, e utiliza-se de outros métodos de conservação associados. Pode ser utilizada para prevenir a deterioração por fungos em frutas e hortaliças, retardar o tempo de maturação, controlar infestação por insetos e ácaros. As doses requeridas estão entre 0,4 e 2,5 kGy. Para prevenir brotamentos em bulbos e tubérculos são utilizadas doses de 50 a 150 Gy (SPOTO, 2007).

A sensibilidade dos microrganismos à radiação difere com o gênero, espécie e condições extrínsecas, como pH, concentração de O_2 e H_2O. A medida para comparar essa sensibilidade é o valor D (dose de radiação requerida para eliminar 90% da população microbiana), 12D são necessários para eliminar o *Clostridium botulinum*.

Segundo informações fornecidas pela Companhia Brasileira de Esterilização (CBE), o custo aproximado para irradiar 1 quilo de fruto, em uma faixa de dose entre 500 Gy e 1 kGy, é de R$ 0,05 (SIQUEIRA, 2007).

As primeiras pesquisas realizadas no Brasil com radiação foram direcionadas basicamente para desinfestação de pragas. Com o tempo, novas pesquisas foram realizadas com objetivos, também, de conservação de alimentos.

Os produtos submetidos à irradiação devem conter no rótulo a informação sobre o método de conservação. Em 1986 foram aprovados os requisitos iniciais de rotulagem pela Food and Drug Administration (FDA). O rótulo deve apresentar o símbolo da radura e informações como “tratado com radiação” ou “tratado por irradiação”. Foi permitida ao fabricante a adição da frase que descreve o propósito primário do tratamento, como “tratado com radiação para controle de deterioração” (ANDRESS; DELAPLANE, 2007).

Figura 1. Símbolo Radura – reconhecido internacionalmente e acompanhado da inscrição "Alimento Irradiado" ou "Tratado por Irradiação".

2.6.1 Uso da radiação gama na conservação de frutas

A aplicação da radiação ionizante tem se mostrando efetiva para preservação de frutas, como no aumento da vida útil de banana, manga, e mamão, por retardar o processo de amadurecimento (THOMAS, 1986; MOY; WONG, 1996). Silva (2005) analisando as características de qualidade em abacaxi irradiado com doses de 100 e 150 Gy, e armazenamento a 12°C, encontrou resultados satisfatórios de coloração da casca e teores das clorofilas a, b e total na casca, quando comparado com o controle.

As frutas minimamente processadas têm sido envolvidas em doenças de origem alimentar devido à presença de microrganismos patogênicos, como *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7 e *Listeria monocytogenes*. A irradiação está sendo estudada com o objetivo de assegurar a qualidade das frutas minimamente processadas. Algumas pesquisas foram conduzidas para determinar a dose de radiação necessária para melhorar as qualidades microbiológica, sensorial e nutricional de maçã, melão, jaca, manga, pêra, abacaxi e melancia minimamente processadas e avaliar a vida util (IAEA, 2006).

Em geral, as frutas minimamente processadas podem ser expostas a doses entre 1,0 e 2,0 kGy sem afetar os atributos sensoriais, com exceção de salada mista de abacaxi e goiaba, que mostraram mudanças na qualidade sensorial. Já o abacaxi minimamente processado pode tolerar doses maiores que 2,0 kGy (IAEA, 2006). Altas doses podem danificar frutas minimamente processadas.

Alguns pesquisadores têm demonstrado sucesso na utilização da radiação em produtos minimamente processados, em relação às qualidades nutricional e sensorial (MANOEL; VIEITES, 2002; DHOKANE; 2006; SONG et al., 2007).

2.6.2 Legislação para irradiação de alimentos

Alimento irradiado foi definido pelo Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, como sendo todo alimento que tenha sido intencionalmente submetido à ação de radiações ionizantes, com a finalidade de preservá-lo ou para outros fins lícitos, obedecidas as normas que vierem a ser elaboradas pelo órgão competente do Ministério da Saúde (BRASIL, 1969).

No decreto nº 72.718, de 29 de agosto de 1973, foram estabelecidas as normas gerais sobre a irradiação de alimentos, dentre elas: segurança para o consumidor; efeitos da irradiação sobre a qualidade nutricional do alimento, em comparação com as perdas de nutrientes sofridas pelo tratamento do alimento por processos convencionais; sanidade do alimento irradiado; e a eficiência da irradiação para a finalidade que se pretende atingir (BRASIL, 1973).

A Portaria nº 09 DINAL/MS de 8 de março de 1985 estabeleceu os tipos de alimentos que podem ser irradiados, bem como as doses médias de radiação. A Portaria nº 30 de 25 de setembro de 1989, complementação da Portaria nº 09,

determinou o limite superior de irradiação de 10 kGy e incluiu as frutas e o tomate na relação de produtos que podem ser irradiados. Essas Portarias foram revogadas em 2001 (BRASIL, 2001b).

A legislação vigente é a de 26 de janeiro de 2001. Foi aprovada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a Resolução RDC n° 21, onde consta o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos, que tem por objetivo estabelecer os requisitos gerais para o uso da irradiação de alimentos com vistas à qualidade sanitária do produto final. Este Regulamento se aplica a todos os alimentos tratados por irradiação. Consta na legislação que todo alimento poderá ser irradiado com qualquer dose, desde que a dose mínima atinja o efeito desejado para determinado propósito e a dose máxima não prejudique a qualidade sensorial e nutricional do produto tratado (BRASIL, 2001b).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), em Piracicaba, SP.

A cultivar de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merril) utilizada foi ‘Pérola’. As amostras foram procedentes da CEASA (Central de Abastecimento e Serviços Auxiliares) do município de Campinas, SP.

Para conservação do abacaxi minimamente processado, foram testados solução conservadora à base de cloreto de cálcio ($CaCl_2$), glúten vital de trigo e alginato como formadores de películas comestíveis, e dose de radiação gama de 2,3kGy.

O glúten vital de trigo utilizado nessa pesquisa foi cedido pela Granolab do Brasil, Curitiba, PR. O alginato de sódio utilizado (E-401 – Protanal RF6650) foi cedido pela FMC BioPolymer, Limeira, SP.

A irradiação foi realizada no Centro de Tecnologia das Radiações (CTR), da Comissão Nacional de Energia Nuclear - Instituto de Pesquisas Energéticas (CNEN - IPEN).

3.2 Processamento do abacaxi

3.2.1 Primeiro experimento: Cloreto de cálcio e películas comestíveis à base de glúten e alginato como coadjuvantes na conservação de abacaxi minimamente processado.

A higiene do processo foi assegurada através dos procedimentos estabelecidos pelas boas práticas de fabricação. Os utensílios foram sanificados com hipoclorito de sódio, 200 mg L^{-1} de cloro livre, e o pH foi ajustado para 7,0.

Foram utilizados aproximadamente 50 abacaxis nesse experimento. Os frutos intactos foram lavados e sanificados com Sumaveg® (Dicloro-S-Triazinatriona Sódica) – Diverseylever, Unilever Brasil Ltda, na concentração de 200 mg L^{-1} de cloro livre, com pH ajustado a 7,0, em água refrigerada, sendo a temperatura mantida a $\pm$ 7ºC, durante 15 minutos. Os frutos foram descascados manualmente.

A polpa do abacaxi foi fatiada manualmente em leques de aproximadamente 1 cm de espessura. Os leques foram enxagüados em água a 7ºC, com Sumaveg®, na concentração 20 mg L^{-1} de cloro livre, durante 3 minutos (SARZI; DURIGAN; ROSSI JUNIOR, 2002).

Após o processo de sanificação (enxágüe), as fatias foram drenadas por 3 minutos e submetidas aos três tratamentos:

$\Rightarrow$ <u>Tratamento 1</u>: Cloreto de cálcio 1% e solução de glúten de trigo.

As fatias foram imersas em solução de cloreto de cálcio 1% durante 3 minutos e drenadas por 3 minutos. Na seqüência, foram imersas em solução de glúten durante 2 minutos, drenadas por 30 minutos e embaladas.

A solução formadora da película de glúten foi preparada utilizando-se glúten de trigo (7,5 g $100g^{-1}$), glicerol (1,87 g $100g^{-1}$), etanol (45 mL $100g^{-1}$), água destilada e ácido acético para ajustar o pH da solução a 4,0. Todos os componentes foram agitados e aquecidos a 70°C. A solução de glúten foi centrifugada por 10 minutos a 2200 rpm. O sobrenadante foi aplicado nas fatias de abacaxi (GONTARD; GUILBERT; CUQ, 1993).

⇒ Tratamento 2: Cloreto de cálcio 1% e alginato de sódio 1%.

As fatias foram imersas em solução de cloreto de cálcio 1% durante 3 minutos e drenadas por 3 minutos. Na seqüência, foram imersas em solução de alginato de sódio 1% durante 2 minutos, drenadas por 40 minutos, e embaladas.

A solução de alginato de sódio foi preparada sob agitação e aquecimento em água a 70°C (FONTES, 2005).

⇒ Tratamento 3: Controle.

As fatias foram imersas em solução de cloreto de cálcio 1% durante 3 minutos, drenadas por 3 minutos e embaladas.

O acondicionamento foi realizado em bandejas rígidas de polietileno tereftalato - PET (14 x 12,5 x 6,5 cm). Cada embalagem continha cerca de 250 g de fatias. As embalagens foram armazenadas a 5 ± 1ºC. As amostras foram analisadas a cada dois dias, num total de 12 dias de armazenamento, para caracterização físico-química, microbiológica e sensorial.

O processamento do abacaxi no primeiro experimento foi conduzido conforme o fluxograma apresentado a seguir (Figura 2).

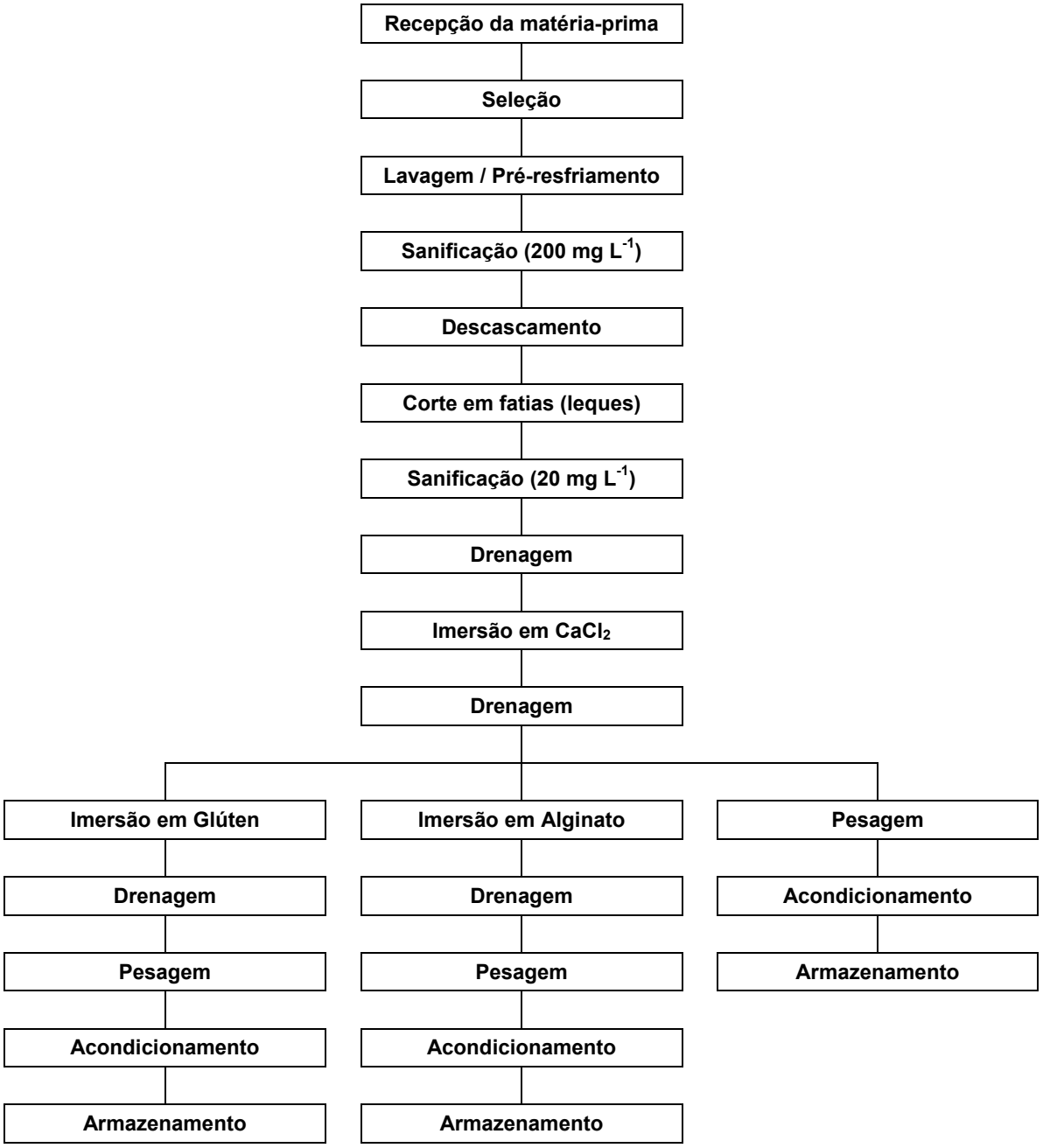


Figura 2. Fluxograma de abacaxi minimamente processado, submetido a tratamento com cloreto de cálcio e películas comestíveis.

Figura 3. Processamento mínimo de abacaxi ‘Pérola’, submetido à tratamento com cloreto de cálcio, e soluções de glúten e alginato.

3.2.2 Segundo experimento: Cloreto de cálcio, solução de glúten e radiação gama como coadjuvantes na conservação de abacaxi minimamente processado.

A higiene do processo foi assegurada através dos procedimentos estabelecidos pelas boas práticas de fabricação. Os utensílios foram sanificados com hipoclorito de sódio, 200 mg L^{-1} de cloro livre, e o pH foi ajustado para 7,0.

Foram utilizados aproximadamente 55 abacaxis nesse experimento. Os frutos intactos foram lavados e sanificados com Sumaveg® (Dicloro-S-Triazinatriona Sódica) – Diverseylever, Unilever Brasil Ltda, na concentração de 200 mg L^{-1} de cloro livre, com pH ajustado a 7,0, em água refrigerada, sendo a temperatura mantida a ± 7ºC, durante 15 minutos. Os frutos foram descascados manualmente.

A polpa do abacaxi foi fatiada manualmente em leques de, aproximadamente, 1 cm de espessura. Os leques foram enxagüados em água a 7ºC, com Sumaveg®, na concentração 20 mg L^{-1} de cloro livre, durante 3 minutos (SARZI; DURIGAN; ROSSI JUNIOR, 2002).

Após o processo de sanificação (enxágüe), as fatias foram drenadas por 3 minutos e submetidas aos quatro tratamentos:

⇒ Tratamento 1: Cloreto de cálcio 1% + glúten de trigo + irradiação com 2,3 kGy.

As fatias foram preparadas conforme experimento 1, irradiadas com a dose de 2,3 kGy, e armazenadas sob refrigeração.

⇒ Tratamento 2: Cloreto de cálcio 1% + irradiação com 2,3 kGy.

As fatias foram imersas em solução de cloreto de cálcio 1% durante 3 minutos, drenadas por 3 minutos e embaladas. No dia seguinte, as amostras embaladas receberam a dose de 2,3 kGy e foram armazenadas sob refrigeração.

⇒ Tratamento 3: Irradiação com 2,3 kGy.

As fatias sanitizadas foram embaladas. No dia seguinte, as amostras embaladas receberam a dose de 2,3 kGy e foram armazenadas sob refrigeração.

⇒ Tratamento 4: Controle.

As fatias sanitizadas foram embaladas e armazenadas sob refrigeração.

O acondicionamento foi realizado em bandejas rígidas de polietileno tereftalato - PET (14 x 12,5 x 6,5 cm). Cada embalagem conteve cerca de 250 g de fatias.

A irradiação foi realizada em irradiador multipropósito de Cobalto-60, com atividade de 3,404 x 10^{15} Bq (92 kCi), taxa de dose de 2,3 kGy h^{-1} e irradiação estática a 40 cm das placas de proteção das fontes.

As embalagens foram armazenadas a 5 ± 1ºC. As amostras foram analisadas a cada dois dias, num total de 12 dias de armazenamento, para caracterização físico-química, microbiológica e sensorial.

O processamento do abacaxi no segundo experimento foi conduzido conforme o fluxograma apresentado a seguir (Figura 4).

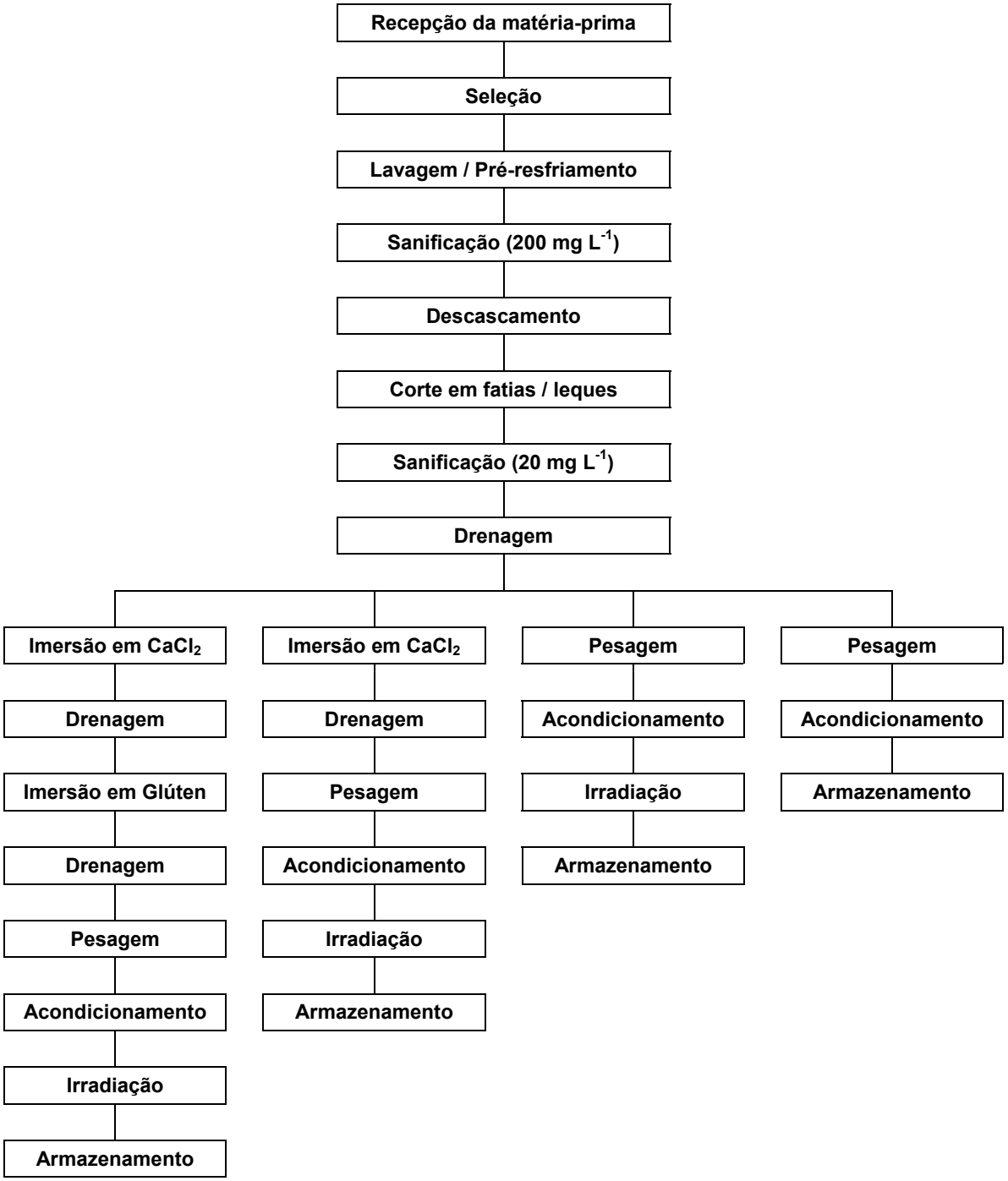
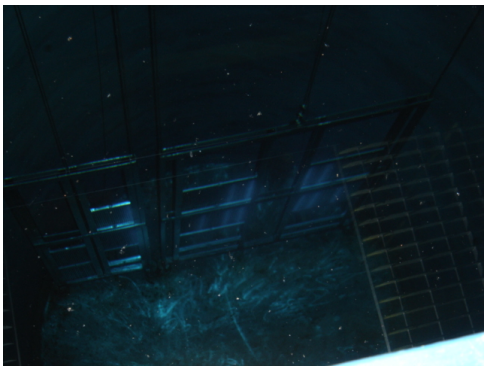


Figura 4. Fluxograma de abacaxi minimamente processado, submetido a tratamento com cloreto de cálcio, solução de glúten e irradiação com 2,3 kGy.

Irradiador multipropósito do IPEN/USP



Grade de Fontes de Cobalto-60

Amostras no irradiador

Amostras no irradiador

Amostras com o dosímetro

Dosímetro Gammachrome YR

Leitura em espectrofotômetro a 530 nm

Figura 5. Irradiação das amostras de abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado, submetido a tratamento com cloreto de cálcio e solução de glúten.

3.3 Análises físico-químicas

3.3.1 pH

O pH foi obtido em potenciômetro Tecnal, modelo TEC-3MP, a partir de amostras liquefeitas, segundo Pregnolatto e Pregnolatto (1985).

3.3.2 Acidez titulável (AT)

A acidez titulável foi determinada de acordo com o método 37.1.37 AOAC (1995). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

3.3.3 Sólidos solúveis (SS)

Os teores de sólidos solúveis foram obtidos com auxílio do refratômetro ATAGO, modelo N1 e expressos em graus Brix, de acordo com o método 37.1.15 da AOAC (1995).

3.3.4 *Ratio*

O *ratio* foi calculado através da relação entre sólidos solúveis e acidez titulável.

3.3.5 Ácido ascórbico

O ácido ascórbico foi determinado pela titulação com Reativo de Tillmans. Os resultados foram expressos em mg $100g^{-1}$ (PREGNOLATTO; PREGNOLATTO, 1985).

3.3.6 Líquido drenado

A quantidade de líquido drenado na embalagem foi avaliada através da relação percentual entre o massa do produto e a massa do líquido drenado. Foi utilizada balança Tecnal, modelo B-TEC-2200.

3.3.7 Textura

A dureza das amostras foi avaliada em texturômetro "Texture Test System", modelo TP-1, acoplado a um registrador automático de variação de força, operando em célula padrão de compressão de cisalhamento CS-1, com 10 lâminas de 1/8 polegadas de expessura e ângulo de 90°. As amostras foram previamente pesadas (50 g) e colocadas na célula teste de cisalhamento e compressão, de tal forma que as lâminas das células tivessem ação paralela às amostras. Foi utilizado o sensor em 300 lbf (libras-força) e a velocidade de descida do pistão foi de 20 cm/min. A força máxima de cisalhamento obtida da carta do registrador foi multiplicada pelo fator de posição do sensor eletrônico (3 no caso do sensor utilizado) e dividida pelo peso da amostra. Os resultados foram expressos lbf g^{-1}.

3.3.8 Cor

A cor foi determinada em colorímetro Chroma Meter-Minolta CR-200b, e as amostras foram avaliadas no sistema L, a* e b* (Anexo A). Foram realizadas 5 leituras em cada amostra (BIBLE; SINGHA, 1993).

3.3.9 Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO)

A peroxidase e a polifenolxidase foram determinadas pelo método descrito por Matsuno e Uritani (1972). Os resultados foram expressos em unidade (U) produzida por grama de polpa fresca em 1 minuto de incubação.

3.3.10 Atividade respiratória e síntese de etileno

Determinou-se a taxa respiratória e a produção de etileno 12 horas após o processamento e a cada 2 dias, num total de 12 dias de armazenamento. Aproximadamente 180 g de abacaxis minimamente processados foram colocados em recipientes de vidro herméticos com capacidade de 600 mL. Os recipientes foram fechados durante 30 minutos antes de cada coleta, e no restante do armazenamento permaneceram cobertos apenas com filme de policloreto de vinila (PVC). Amostras de gás do interior dos recipientes foram retiradas com uma seringa através de um septo de silicone, e injetadas no cromatógrafo a gás, marca Thermo Finnigan, modelo Trace, GC 2000, equipado com coluna Porapack N de 4 m de comprimento para detecção de CO_2 e 1,8 m para C_2H_4, metanador e detector de ionização de chama (FID). O CO_2 foi quantificado pela calibração com padrões de 2150 e 29900 µL L^{-1} e o etileno com padrão de 1,94 µL L^{-1}. Os resultados expressos em ppm foram utilizados para o cálculo da atividade respiratória e produção de etileno, levando-se em consideração o volume do frasco, a massa do fruto e o tempo de incubação. Os resultados foram expressos em mL kg^{-1} h^{-1} e µL kg^{-1} h^{-1}, para CO_2 e C_2H_4, respectivamente.

3.4 Análises microbiológicas

3.4.1 Contagem total de microrganismos psicrotróficos e aeróbios mesófilos

Para a contagem total de microrganismos psicrotróficos utilizou-se meio de cultivo *Plate Count Agar* (PCA). As análises foram efetuadas em porções de 50 g de frutos, pesadas assepticamente e trituradas em liqüidificador esterelizado, com 450 mL de água peptonada (0,1%) estéril, constituindo a diluição 10^{-1} após

homogeneização. Pipetando-se 10 mL da solução 10^{-1} em 90 mL de água peptonada esterelizada (0,1%), obteve-se a diluição 10^{-2} e, a partir desta, a diluição 10^{-3}.

As diluições 10^{-1} a 10^{-3} foram plaqueados em profundidade, 1 mL de cada diluição em duplicata, utilizando-se 20 mL de meio de cultivo PCA. Após o plaqueamento, as placas permaneceram em repouso até completa solidificação do meio, sendo então invertidas e incubadas a 7ºC durante 10 dias. Para a contagem total de microrganismos aeróbios mésofilos, as amostras foram incubadas a 35ºC, por 48h, segundo Downes e Ito (2001). Decorrido o tempo de incubação fez-se a contagem das colônias, com o auxílio do contador Quebec. Multiplicou-se a média aritmética da duplicata pelo respectivo valor de diluição. Os resultados foram expressos em UFC g^{-1} de produto.

3.4.2 Contagem de microrganismos do grupo coliformes totais e *E. coli*

A contagem de coliformes totais e *E. coli* foi feita pela metodologia "Simplate", que utiliza kits compostos de placas descartáveis contendo 84 cavidades, fabricados pelos Laboratórios Idexx (1996). A determinação dos microrganismos é feita pelo número mais provável (NMP). Esta metodologia recebeu certificado de aprovação (970301) da Association of Official Analythical Chemists (AOAC) em 05 de março de 1997.

O preparo das amostras foi realizado conforme o item 3.2.4.1. As placas foram inoculadas com 1mL das diluições 10^{-1} e 10^{-2} e agitadas com movimentos circulares. Descartado o excesso de líquido, as placas foram incubadas a 35°C por 24h para posterior leitura dos resultados.

3.4.3 Contagem total de bolores e leveduras

Para a contagem de bolores e leveduras utilizou-se o meio de cultivo Batata Dextrose Agar (BDA), acidificado com ácido tartárico a 10% para obtenção de pH 3,5 - 4,0. O preparo das amostras foi realizado conforme o item 3.2.4.1.

A partir das diluições 10^{-1} até a 10^{-3}, foram plaqueados em profundidade 1 mL de cada diluição em duplicata, utilizando-se 20 mL de meio de cultivo BDA. Após o plaqueamento, as placas permaneceram em repouso até completa solidificação do meio, sendo então invertidas e incubadas a 25ºC durante 3 a 5 dias, conforme Downes e Ito (2001). Decorrido o tempo de incubação fez-se a contagem das colônias, com o auxílio do contador Quebec. Multiplicou-se a média aritmética da duplicata pelo respectivo valor de diluição. Os resultados foram expressos em UFC g^{-1} de produto.

3.4.4 *Salmonella*

Para a detecção de *Salmonella*, utilizou-se o kit "1-2 Test", da BioControl/USA, método rápido qualitativo, aprovado e oficializado pela AOAC (2000). Foi feito um pré-enriquecimento de cada amostra analisada, triturando-se 25 g de fruto em 225 mL de caldo lactosado esterilizado, em liqüidificador esterilizado. Após a homogeneização, foi feita assepticamente a transferência para os frascos erlenmeyers originais. Tais frascos foram incubados em estufa, a 35^0C por 24 horas. Decorrido o período de incubação, foi feito o preparo dos kits inoculando 0,1 mL da amostra. Os kits foram incubados a 35^0C por 24 horas. Após a incubação, foi feita a leitura dos resultados. A possível presença de *Salmonella* foi caracterizada pela formação de uma imunobanda na metade superior do gel. Trata-se de uma banda branca que apresenta forma de U formada pela aglutinação das células da bactéria.

3.5 Análise sensorial

As características sensoriais dos abacaxis minimamente processados, para o aroma, sabor, textura e aparência, foram determinadas por 25 provadores não treinados, segundo o Teste de Aceitabilidade em escala hedônica de 9 pontos (9=gostei extremamente, 5=não gostei nem desgostei e 1=desgostei extremamente) (POSTE et al., 1991) (Anexo B). As amostras foram apresentas aleatorizadas aos provadores em recipientes plásticos numerados com algarismos de três dígitos. Os testes foram realizados em cabines individuais com iluminação de lâmpadas fluorescentes.

3.6 Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. O esquema fatorial do primeiro experimento foi: 3 tratamentos x 7 dias de armazenamento x 3 repetições. O esquema fatorial do segundo experimento foi: 4 tratamentos x 7 dias de armazenamento x 3 repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa SAS (Statistical Analysis System, 1989). As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, adotando-se o nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Primeiro experimento: Cloreto de cálcio e películas comestíveis à base de glúten e alginato como coadjuvantes na conservação de abacaxi minimamente processado.

4.1.1 pH

Apesar de diferirem significativamente ($p \leq 0,05$), as amostras dos três tratamentos apresentaram valores semelhantes de pH, os quais oscilaram durante o período de armazenamento.

O valor mínimo encontrado para os tratamentos foi de 3,85 e o máximo de 4,23. Durante todo o tempo de armazenamento dos abacaxis minimamente processados, observou-se que as amostras tratadas com $CaCl_2$ + glúten permaneceram com os valores de pH mais baixos. Isso provavelmente ocorreu devido à acidificação realizada com ácido acético no preparo da solução de glúten e, além disso, essa mesma amostra mostrou os maiores valores de acidez titulável (Tabelas 1 e 2). Ding et al. (2007) não encontraram modificações significativas no pH de carambola minimamente processada, tratada com 15 e 30 mg L^{-1} de ácido ascórbico e armazenadas a 7ºC.

As médias de pH observadas nos três tratamentos foram superiores às encontradas por Prado et al. (2003) quando trabalhou com abacaxi minimamente processado sob atmosfera modificada. Em pesquisa realizada por Santos et al. (2005), com abacaxi 'Pérola' minimamente processado sob atmosfera modificada, o pH teve uma leve diminuição durante os 10 dias de armazenamento. O autor encontrou valores que variaram de 3,5 a 3,7. Silva et al. (2003) também relataram

uma redução no pH de abacaxi minimamente processado, tratado com várias concentrações de cloreto de cálcio e armazenado a 4ºC por 16 dias. Os autores encontraram menores valores de pH (3,36) para a maior concentração de cloreto de cálcio (2,5%).

Tabela 1 - pH de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	pH			Médias
	Tratamentos			
	$CaCl_2$ + Glúten	$CaCl_2$ + Alginato	Controle	
0	3,93	4,07	4,09	4,03 abc
2	3,95	4,02	4,05	4,01 bc
4	3,93	4,00	4,05	3,99 cd
6	3,97	4,04	4,11	4,04 ab
8	3,92	3,92	4,03	3,96 d
10	3,85	4,06	4,23	4,05 a
12	3,87	3,91	4,20	3,99 cd
Médias	3,92 C	4,00 B	4,11 A	
CV (%): 0,70				

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.1.2 Acidez titulável, sólidos solúveis e *ratio*

Segundo Olivas e Barbosa-Cánovas (2005) os conteúdos de ácido tendem a diminuir e o de açúcar (sólidos solúveis) aumentar com a maturidade dos frutos. O conteúdo e a perda de água em frutas durante o armazenamento deve ser sempre considerado para a interpretação dos valores de acidez titulável e sólidos solúveis. A perda de água causa um aparente aumento na concentração desses parâmetros que podem ser incorretamente interpretados como uma mudança real na quantidade de ácidos ou açúcares presentes em frutas minimamente processadas.

Os resultados médios de acidez titulável obtidos para abacaxi minimamente processado foram expressos em percentagem de ácido cítrico. A Tabela 2 apresenta os dados da variação da acidez durante o período de armazenamento.

Tabela 2 - Acidez titulável, sólidos solúveis e *ratio* em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Acidez (mg $100g^{-1}$)			Médias
	Tratamentos			
	$CaCl_2$ + Glúten	$CaCl_2$ + Alginato	Controle	
0	0,73	0,69	0,68	0,70 a
2	0,77	0,67	0,68	0,71 a
4	0,76	0,63	0,67	0,69 a
6	0,77	0,66	0,64	0,69 a
8	0,73	0,68	0,65	0,68 a
10	0,73	0,66	0,61	0,66 a
12	0,73	0,66	0,62	0,67 a
Médias	0,75 A	0,66 B	0,65 B	
CV (%): 9,21				
	Sólidos solúveis (ºBrix)			
0	13,90	11,23	10,87	12,00 ab
2	14,53	10,97	11,47	12,32 ab
4	14,50	11,77	13,17	13,14 a
6	13,27	11,03	13,07	12,46 ab
8	14,77	11,20	12,37	12,78 ab
10	12,63	11,53	11,20	11,79 b
12	13,73	10,07	12,00	11,93 ab
Médias	13,90 A	11,11 C	12,02 B	
CV (%): 7,34				
	Ratio			
0	19,14	16,32	16,03	17,16 a
2	19,02	16,34	16,83	17,40 a
4	19,19	18,77	19,77	19,24 a
6	17,39	16,84	20,57	18,27 a
8	20,33	16,58	19,13	18,68 a
10	17,45	17,64	18,59	17,89 a
12	18,96	15,31	19,57	17,95 a
Médias	18,78 A	16,83 B	18,64 A	
CV (%): 10,67				

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os teores de acidez titulável diferiram estatisticamente entre os tratamentos ($p \leq 0,05$), oscilando durante o período de armazenamento. As amostras tratadas com $CaCl_2$ + glúten apresentaram-se mais ácidas, com valores variando de 0,73 a 0,77 mg $100g^{-1}$ de ácido cítrico. Souto et al. (2004) encontraram teores semelhantes quando utilizaram ceras em abacaxis 'Pérola' intactos e constataram valores de acidez de 0,73 e 0,69 mg $100g^{-1}$, para as ceras "Sta Fresh" e "Sparcitrus", respectivamente, durante o armazenamento.

Os teores de sólidos solúveis oscilaram durante o tempo de armazenamento para os três tratamentos ($p \leq 0,05$). O tratamento que recebeu a solução de gúten apresentou-se um pouco mais doce, com os maiores valores de *ratio*.

A relação sólidos solúveis e acidez titulável é um importante parâmetro qualitativo, pois dá o indicativo de sabor do produto, uma vez que ele é conseqüência do balanceamento entre os constituintes com sabor doce e ácido do produto. Os frutos poderão se tornar sobremaduros, do ponto de vista do sabor, tanto pelo acúmulo de açúcares quanto pela diminuição da acidez, tornando-se menos saborosos (MATTIUZ; DURIGAN; ROSSI JUNIOR, 2003).

O menor teor de sólidos solúveis encontrado foi de 10,07ºBrix e o maior teor foi de 14,77ºBrix. Essa variação pode ser atribuída ao grau de amadurecimento do abacaxi, que embora seja definido pela coloração da casca, a qual apresentava boa uniformidade, é um indicador de influência por fatores como clima e tamanho do fruto. Assim, a polpa não deve ter apresentado a mesma uniformidade. Uma variação maior de sólidos solúveis ocorreu em estudo realizado por Bonnas et al. (2003), os quais encontraram teores variando de 4,20 a 10,40ºBrix. Já Lamikanra e Watson (2003) não encontraram alterações significativas nos teores de acidez titulável e sólidos solúveis em melão minimamente processado, armazenado a 4ºC durante 14 dias.

4.1.3 Ácido ascórbico

A vitamina C é a mais instável das vitaminas por ser sensível aos agentes físico-químicos como luz, oxigênio e calor. A perda de sua estabilidade é citada por Klein (1987) como conseqüência de vários fatores, como rompimento celular por dano ao tecido, corte ou moedura.

Conforme mostra a Tabela 3, apesar de ter ocorrido diferença significativa entre os tratamentos e com o período de armazenamento ($p \leq 0,05$), os teores de ácido ascórbico apresentaram muita semelhança entre as amostras, os quais apresentaram decréscimo constante durante todo o período para os tratamentos, constatando que as películas de glúten e alginato não colaboraram para a sua retenção. Esses resultados diferiram de estudos realizados por Li e Yu (2000), que citaram que película comestível à base de quitosana auxiliou na manutenção do conteúdo de vitamina C em pêssegos intactos durante o período de armazenamento.

Tabela 3 - Ácido ascórbico em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Ácido ascórbico (mg $100g^{-1}$)			Médias
	Tratamentos			
	$CaCl_2$ + Glúten	$CaCl_2$ + Alginato	Controle	
0	35,17	34,63	34,52	34,78 a
2	33,55	32,57	33,70	33,27 b
4	31,80	31,58	32,87	32,08 c
6	31,82	31,88	31,74	31,81 cd
8	31,70	31,19	30,94	31,28 d
10	28,89	27,90	28,48	28,42 e
12	27,10	26,85	26,89	26,95 f
Médias	31,43 A	30,94 B	31,31 AB	
CV (%): 1,61				

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Apesar de ter sido constatada essa diminuição dos teores durante o armazenamento, variando de 35,2 a 26,8 mg $100g^{-1}$, esses valores estão em

conformidade com os encontrados na literatura, 26 mg $100g^{-1}$, por Marrero e Kader (2006). De acordo com Bleinroth (1978), os teores de ácido ascórbico encontrados em abacaxis 'Pérola' verde e maduro são 32,0 e 9,0 mg $100g^{-1}$, respectivamente.

Steiner et al. (2006) encontraram decréscimo nos teores de ácido ascórbico em pêssegos minimamente processados sob atmosfera modificada e armazenamento a 4°C por 8 dias. Teixeira et al. (2001) observaram manutenção dos conteúdos dessa vitamina em mamão minimamente processado, sob diferentes temperaturas de armazenamento (3, 6 e 9°C) durante 7 dias de armazenamento.

4.1.4 Líquido drenado

A perda de líquido tem efeitos marcantes sobre a fisiologia dos tecidos vegetais, resultando não somente em perdas quantitativas, mas também na aparência (murchamento e enrugamento), na textura (amaciamento) e na qualidade nutricional (KADER, 1992).

Nessa pesquisa, houve efeito significativo entre os tratamentos e para o período de armazenamento ($p \leq 0,05$). Foi observada, nos três tratamentos, a maior perda de líquido dos frutos no 1º dia de análise; após, os valores oscilaram até o final do armazenamento (Tabela 4).

As fatias de abacaxi tratadas à base $CaCl_2$ + glúten mostraram melhor retenção de líquido, notando-se visualmente que, para esse atributo, o uso da película de glúten foi o melhor tratamento realizado. A película formada na superfície impediu a migração da umidade do fruto para o ambiente, reduzindo assim a perda de suco durante o armazenamento.

A película à base de alginato foi o tratamento menos eficiente em relação à perda de líquido do abacaxi minimamente processado, obtendo a média de 1,20%.

Isso provavelmente ocorreu em função da menor absorção dessa película pelas fatias.

A mudança na massa do fruto tratado com película comestível é um fator importante a ser analisado durante o período de armazenamento, para que se possa determinar a efetividade da película como barreira à umidade (OLIVAS; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

Tabela 4 - Líquido drenado de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Líquido drenado (%)			Médias
	Tratamentos			
	$CaCl_2$ + Glúten	$CaCl_2$ + Alginato	Controle	
0	0,76	2,52	2,10	1,79 a
2	0,36	0,84	0,54	0,58 d
4	0,67	1,05	0,79	0,84 bc
6	0,61	1,18	0,92	0,90 bc
8	0,72	0,69	0,77	0,73 cd
10	0,90	0,85	0,53	0,76 bcd
12	0,74	1,24	0,96	0,98 b
Médias	0,68 C	1,20 A	0,94 B	
CV (%): 17,89				

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.1.5 Textura

Os valores de textura de abacaxi minimamente processado diferiram significativamente entre os tratamentos e período de armazenamento ($p \leq 0,05$). Os abacaxis 'Pérola' apresentam em torno de 2,4 kgf (5,29 lbf g^{-1}) (ANTONIOLLI; BENEDETTI; SOUZA FILHO, 2003), acima dos encontrados nesta pesquisa.

Observa-se na Tabela 5 que os valores obtidos para a textura foram próximos entre os tratamentos, oscilando e apresentando valores mais baixos ao final do período de armazenamento refrigerado.

O controle foi o menos estável, e obteve os menores valores de textura no 10º e 12º dias de armazenamento. A amostra menos firme foi a tratada com $CaCl_2$ + alginato, com a média de 3,39 lbf g^{-1}. A textura das fatias tratadas com $CaCl_2$ + glúten foi a mais firme e com valores mais estáveis, o que pode estar relacionado com a menor contagem de microrganismos para esse tratamento durante todo o período de armazenamento (Tabelas 5, 8 e 9).

Tabela 5 - Textura de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Textura (lbf g^{-1})			Médias
	Tratamentos			
	$CaCl_2$ + Glúten	$CaCl_2$ + Alginato	Controle	
0	4,17	4,44	3,92	4,18 ab
2	3,69	3,81	2,98	3,50 bc
4	3,94	3,13	3,12	3,40 bc
6	3,71	2,37	3,19	3,09 c
8	4,46	2,81	5,01	4,09 a
10	3,66	3,46	3,25	3,46 bc
12	3,75	3,75	2,55	3,35 abc
Médias	3,91 A	3,39 B	3,43 B	
CV (%): 10,68				

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os resultados encontrados diferiram daqueles relatados por Silva et al. (2003), os quais encontraram valores de textura mais elevados ao final do experimento, em abacaxis 'Pérola' minimamente processados, tratados apenas com concentração de 1% de cloreto de cálcio e armazenados a 4ºC±1ºC por 16 dias. Outros autores encontraram decréscimo na textura de frutas no decorrer do armazenamento. Ding et al. (2007) encontraram uma diminuição na textura de carambola minimamente processada, tratada com 15 e 30 mg L^{-1} de ácido ascórbico durante o armazenamento a 7ºC. Plotto et al. (2004) utilizaram cinco tratamentos (dióxido de cloro, ascorbato de cálcio + N-acetil-L-cisteína, carboximetilcelulose, e carboximetilcelulose + maltodextrina) em manga minimamente processada e

encontraram decréscimo nos valores de textura, durante os 21 dias de armazenamento a 5ºC.

4.1.6 Cor

A cor das amostras de abacaxi minimamente processado foi avaliada em termos de L, a* e b*. A variável L indica luminosidade, diferenciando cores claras de escuras. Seu valor varia de zero (preto) a 100 (branco).

Os valores de L diferiram significativamente entre os tratamentos e com o período de armazenamento ($p \leq 0,05$). Observando-se as médias de L (Tabela 6) e o eixo dos valores de luminosidade (Anexo A), nota-se que a coloração das quatro amostras foram semelhantes.

Ao contrário do esperado, a solução de glúten, apesar de apresentar cor marron, não contribuiu para o escurecimento das amostras. Esse tratamento mostrou-se levemente mais claro que os demais, obtendo a maior média, de 61,32 para luminosidade. Isso também pode estar relacionado com as menores atividades da peroxidase e polifenoloxidase encontradas para essa amostra (Tabelas 6 e 7). Os valores de L diminuíram no final do período, isto é, as amostras de todos os tratamentos escureceram ao longo do tempo de armazenamento.

Resultados diferentes foram encontrados por Sonti (2003), quando utilizou várias concentrações de revestimentos comestíveis à base de proteína de soro em maçã minimamente processada. As concentrações de 5 e 10% de concentrado e isolado protéico de soro mostraram-se efetivas no controle da ação do oxigênio e retardamento do escurecimento enzimático, durante 13 dias de armazenamento refrigerado. Já o concentrado protéico de soro parcialmente hidrolizado a 5% contribuiu para um aumento no valor de L das fatias de 70,79 a 75,36%.

Tabela 6 - Cor de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Cor – L			Médias	
	Tratamentos				
	$CaCl_2$ + Glúten	$CaCl_2$ + Alginato	Controle		
0	65,00	64,57	64,20	64,59	a
2	62,90	62,37	62,27	62,51	b
4	62,70	62,33	61,40	62,14	bc
6	62,03	61,33	60,27	61,21	bc
8	62,30	60,43	59,53	60,76	c
10	58,23	57,67	55,67	57,19	d
12	56,07	55,97	53,83	55,29	e
Médias	61,32 A	60,67 A	59,60 B		
CV (%): 1,67					
	Cor – a*				
0	-2,87	-2,87	-2,93	-2,89	a
2	-2,63	-3,13	-1,80	-2,52	a
4	-2,67	-2,63	-2,87	-2,72	a
6	-3,00	-2,70	-2,03	-2,58	a
8	-1,97	-2,67	-1,90	-2,18	a
10	-1,93	-2,43	-2,33	-2,23	a
12	-2,87	-2,57	-1,87	-2,43	a
Médias	-2,56 A	-2,71 A	-2,25 A		
CV (%): - 25,75					
	Cor – b*				
0	12,70	11,80	14,67	13,06	a
2	11,77	11,67	11,10	11,51	a
4	10,53	6,67	11,93	9,71	a
6	14,03	6,23	10,83	10,37	a
8	10,00	10,90	13,27	11,39	a
10	11,57	11,37	9,87	10,93	a
12	9,29	10,30	8,13	9,23	a
Médias	11,41 A	9,85 A	11,40 A		
CV (%): 30,71					

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os valores de croma a* indicam intensidade das cores variando do verde (-60) ao vermelho (+60) e os valores de croma b* indicam intensidade das cores variando do azul (-60) ao amarelo (+60). Não houve diferença significativa dos valores de a* e b* entre os tratamentos, nem para o período de armazenamento. A Tabela 6 mostra que as variações nos valores dos cromas a* e b*, nos diferentes tratamentos de abacaxis minimamente processados, situaram-se próximos do eixo central (Anexo A) onde todas as cores se misturam, proporcionando uma coloração levemente cinza. Todos os tratamentos dos abacaxis minimamente processados

apresentaram-se com valores positivos de b*, com as fatias tratadas com $CaCl_2$ + glúten apresentando a maior média.

São muitas as pesquisas realizadas com o objetivo de inibir o escurecimento em frutas minimamente processadas. Níspero-Carriedo (1994) aplicaram películas comestíveis à base de carboxi-metil-celulose (CMC), lecitina e polietilenoglicol em fatias de manga, conseguindo assim manter a cor original da fruta durante todo o período de armazenamento. Perez-Gago et al. (2006) estudaram os efeitos do ácido ascórbico, cisteína e 4-hexylresorcinol incorporados à película de concentrado de proteína de soro e cera de abelha, para evitar o escurecimento de maçãs minimamente processadas, e observaram que a adição desses antioxidantes na película reduziu o escurecimento dos pedaços da maçã quando comparado com a aplicacão dos mesmos em solução aquosa. Rojas-Graü, Grasa-Guillem e Martín-Belloso (2007) demostraram que a incorporacão de antioxidantes naturais, como N-acetilcisteína e a glutationa adicionados à película elaborada a partir de polissacarídeos, permitiu a manutenção da cor original de pedaços de maçã 'Fuji' por mais de 21 dias de armazenamento.

4.1.7 Peroxidase e Polifenoloxidase

O escurecimento oxidativo do tecido está relacionado à ação da polifenoloxidase e da peroxidase. As peroxidases são responsáveis pelas mudanças indesejáveis no sabor e textura, além de promoverem o desenvolvimento de coloração escura (GONÇALVES, 2000).

No presente trabalho, foi constatada maior atividade da peroxidase no controle (46,16 U g^{-1} min^{-1}). Essas mesmas amostras se mostraram as mais escuras, obtendo os menores valores de luminosidade dentre os tratamentos

(Tabelas 6 e 7). Até o 8º dia armazenamento, o controle permaneceu com os valores de peroxidase superior aos demais tratamentos. As fatias de abacaxi que receberam as películas de glúten e de alginato tiveram um comportamento bastante semelhante durante todo o período de armazenamento, permanecendo praticamente constantes até o 8º dia e tendo um aumento da atividade da peroxidase no 10º dia. Já em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas, Souza et al. (2006) observaram uma tendência de decréscimo, com oscilações e sem a influência de tratamentos, na atividade da peroxidase durante o armazenamento a 3ºC por 15 dias. Arruda (2007) verificou estabilidade da enzima em laranja 'Pêra' minimamente processada, onde a atividade não foi influenciada pela tecnologia de embalagem e nem pelo tempo de armazenamento, durante 12 dias a 6 e 12ºC.

Tabela 7 - Peroxidase e polifenoloxidase em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Peroxidase (U g^{-1} min^{-1})			Médias
	Tratamentos			
	$CaCl_2$ + Glúten	$CaCl_2$ + Alginato	Controle	
0	27,73	21,87	41,20	30,27 d
2	29,07	25,47	38,53	31,02 cd
4	30,27	28,53	40,80	33,20 cd
6	28,27	24,93	62,73	38,64 b
8	28,67	26,53	51,73	35,64 bc
10	53,60	60,00	52,13	55,24 a
12	26,40	36,40	36,00	32,93 cd
Médias	32,00 B	31,96 B	46,16 A	
CV (%): 8,69				
	Polifenoloxidase (U g^{-1} min^{-1})			
0	17,40	18,07	14,32	16,60 b
2	14,06	16,20	14,19	14,81 c
4	15,26	16,87	16,73	16,29 b
6	19,28	18,34	20,48	19,37 a
8	12,32	11,25	13,92	12,50 d
10	17,54	17,14	17,40	17,36 b
12	15,53	16,87	16,20	16,20 bc
Médias	15,91 A	16,39 A	16,18 A	
CV (%): 6,16				

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os valores de polifenoloxidase oscilaram durante o período de armazenamento, com a maior atividade da enzima no 6º dia para todos os tratamentos. A menor atividade da polifenoloxidase (15,91 U g^{-1} min^{-1}) foi detectada nas fatias de abacaxis que receberam tratamento à base de película de glúten, que inclusive obtiveram as menores contagens microbianas e se mostraram as mais firmes e claras (maior valor de L) dentre os tratamentos realizados (Tabelas 6 e 7). Já Soliva-Fortuny et al. (2002) observaram um aumento da atividade da enzima polifenoloxidase em pêras minimamente processadas, armazenadas a 4ºC sob diferentes atmosferas de embalagem utilizando plásticos com diferentes permeabilidades. González-Aguilar et al. (2005) observaram menor atividade da polifenoloxidase em amostras de abacaxi minimamente processado, tratadas com ácido ascórbico, ácido isoascórbico e N-acetil-cisteína do que no controle. A atividade da enzima decresceu até o final dos 14 dias de armazenamento a 10ºC.

4.1.8 Atividade respiratória e síntese de etileno

No primeiro dia de análise foi observada maior quantidade de CO_2 para os três tratamentos (Figura 6). Esse acúmulo de CO_2 detectado no 1º dia reflete as alterações metabólicas ocorridas nas primeiras horas após o processamento, devido às operações de descascamento e fatiamento levarem a um aumento na atividade respiratória (ZAGORY, 1998).

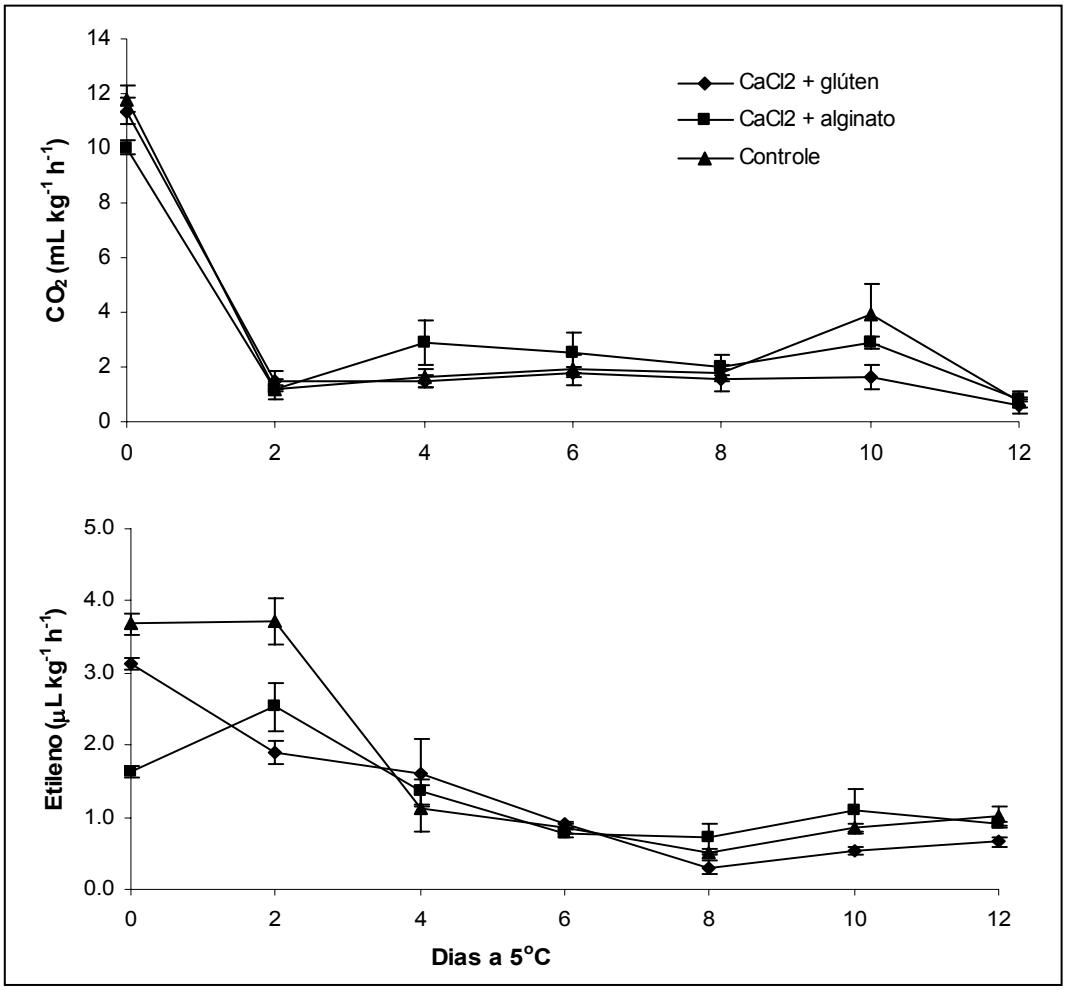


Figura 6. Atividade respiratória e síntese de etileno em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5±1ºC, por 12 dias.

Durante o período de armazenamento os valores de CO_2 diminuíram e permaneceram praticamente estáveis em todos os tratamentos. Esse comportamento também foi observado por Sarzi (2002) quando trabalhou com abacaxi 'Pérola' minimamente processado, relatando que a evolução da atividade respiratória teve um pico nas primeiras horas após o preparo, seguido de redução e estabilização. Arruda (2007) relatou que em laranja minimamente processada a atividade respiratória aumentou e após, estabilizando-se durante o período de armazenamento.

Segundo Gorny[1], citado por Antoniolli et al. (2006), fatias de abacaxi com 1 cm de espessura apresentaram taxas respiratórias entre 0,5 e 1,0; 1,3 e 4,0; e 4,0 e 16,0 mL CO_2 kg^{-1} h^{-1}, sob temperaturas de 0, 5 e 10ºC, respectivamente.

Após o segundo dia de análise a produção de etileno diminuiu, evidenciando a baixa produção desse hormônio por este fruto. A maior atividade respiratória e produção de etileno foi observada para o controle (Figura 6), ocorrendo o mesmo em pesquisa realizada por Fontes (2005), que encontrou maior taxa respiratória e produção de etileno no controle, do que em maçãs 'Royal Gala' minimamente processadas, tratadas com películas à base de dextrina, fécula de mandioca e alginato de sódio com $CaCl_2$.

Lima (2005), ao trabalhar com melão 'Orange Flesh' inteiro e minimamente processado, armazenado a 5°C sob atmosfera modificada ativa (5% O_2 + 1% CO_2 e 5% O_2 + 3% CO_2), notou que, imediatamente após o corte, a taxa respiratória sofreu incremento de aproximadamente 4 vezes em relação aos frutos inteiros. A partir do 3º dia de armazenamento, foi verificado um aumento na taxa respiratória dos frutos minimamente processados até o final do armazenamento. Nos frutos inteiros, um leve aumento foi observado a partir do 2° dia de armazenamento com posterior estabilização entre 5 e 7 dias de avaliação. Brancoli e Barbosa-Cánovas (2000) conseguiram diminuir a produção de etileno e reduzir o escurecimento enzimático de maçã minimamente processada mediante a aplicação de película de maltodextrina e metilcelulose.

---

[1] GORNY, J. R. **Packaging design for fresh-cut produce**. Alexandria: International Fresh-Cut Produce Association, 2003. 122 p.

4.1.9 Análises microbiológicas

Não foram detectados em nenhum dos tratamentos realizados *E. coli* e *Salmonella*. Este resultado está em conformidade com os limites estabelecidos pelos padrões microbiológicos da resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001, ausência de *Salmonella* sp em 25g e de 10^2 NMP g^{-1} para coliformes a 45ºC (BRASIL, 2001a), embora a metodologia Simplate utilizada detecte exclusivamente a *E. coli*, e não todo o grupo de coliformes termotolerantes. Fontes, Sarmento e Spoto (2007) também não constataram coliformes fecais e *Salmonella* em maçãs minimamente processadas recobertas com diferentes películas comestíveis.

A presença de bactérias do grupo dos coliformes é um indicativo da possibilidade da presença de espécies patogênicas e, principalmente, funciona como um parâmetro das condições higiênicas do processo. A contagem de microrganismos do grupo dos coliformes totais foi baixa em todos os tratamentos e ocorreu apenas em algumas amostras isoladas durante o período de armazenamento (Tabela 8).

A população de bolores e leveduras aumentou durante o armazenamento. No entanto, as contagens foram baixas, permanecendo entre 10^2 e 10^4 UFC g^{-1} para o glúten, e 10^3 e 10^5 UFC g^{-1} para o alginato e para o controle, não interferindo nas características sensoriais do produto. Todas as amostras mantiveram a aparência, aroma e textura aceitáveis até o último dia de armazenamento. Apesar da textura ter recebido nota ligeiramente menor no 10° e 12° para as amostras que receberam as películas, os provadores citaram que a textura estava firme (Tabelas 8, 10 e 11). Eduardo (2004) encontrou contaminação por fungos e leveduras e coliformes totais

entre 10^2 e 10^3 UFC g^{-1} em abacaxi minimamente processado e tratado com sulfato de cálcio e armazenado a 5ºC, durante 7 dias.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) não determina padrões microbiológicos para bolores e leveduras e coliformes totais para frutas e hortaliças; portanto, os valores obtidos não podem ser considerados como limitantes de sua vida útil, podendo ser apenas relacionados com suas características sensoriais.

Tabela 8 - Microrganismos do grupo dos coliformes totais, e bolores e leveduras em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Coliformes Totais (NMP g^{-1})		
	Tratamentos		
	$CaCl_2$ + Glúten	$CaCl_2$ + Alginato	Controle
0	< 2	< 2	< 2
2	< 2	< 2	8,0 x 10
4	2,0 x 10	< 2	< 2
6	< 2	6,0 x 10	< 2
8	< 2	< 2	< 2
10	< 2	< 2	1,0 x 10
12	2,0 x 10	6,0 x 10	< 2
	Bolores e Leveduras (UFC g^{-1})		
0	$3,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^3$
2	$8,0 \times 10^2$	$1,1 \times 10^3$	$6,2 \times 10^3$
4	$3,7 \times 10^3$	$2,8 \times 10^4$	$2,3 \times 10^4$
6	$1,1 \times 10^4$	$1,9 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$
8	$3,5 \times 10^4$	$1,2 \times 10^5$	$1,8 \times 10^4$
10	$1,3 \times 10^4$	$1,7 \times 10^5$	$5,5 \times 10^4$
12	$6,5 \times 10^4$	$2,2 \times 10^5$	$2,0 \times 10^5$

A população de microrganismos aeróbios mesófilos aumentou nos três tratamentos ao longo dos 12 dias de armazenamento. A maior contagem desses microrganismos, 10^5 UFC g^{-1}, foi encontrada para as amostras que receberam $CaCl_2$ + alginato e para o controle (Tabela 9), o que não compromete a conservação do produto, já que a contagem total de aeróbios mesófilos de 10^4 a 10^5 UFC g^{-1} é considerada comum em frutas e hortaliças em planta de processamento. No entanto, esses índices são considerados aceitáveis desde que não estejam presentes patógenos (BEUCHAT, 1996).

Populações menores de microrganismos mesófilos foram encontradas por Pinto (2002), que observou contagens de 10^3 UFC g^{-1} em melancia 'Crimson Sweet' e melão tipo Orange Flesh minimamente processados, sob temperaturas de 3 e 6ºC, tipos de corte (cubos e fatias) e embalagens (copos e bandejas), durante 8 dias de armazenamento.

Tabela 9 - Microrganismos aeróbios mesófilos em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Aeróbios mesófilos (UFC g^{-1})		
	Tratamentos		
	$CaCl_2$ + Glúten	$CaCl_2$ + Alginato	Controle
0	$1,8 \times 10^2$	$5,5 \times 10^2$	$5,1 \times 10^2$
2	$3,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	$5,3 \times 10^2$
4	$2,8 \times 10^3$	$1,7 \times 10^3$	$1,3 \times 10^3$
6	$1,2 \times 10^3$	$1,1 \times 10^4$	$7,5 \times 10^4$
8	$4,8 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$	$2,1 \times 10^5$
10	$1,8 \times 10^4$	$1,7 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$
12	$3,9 \times 10^4$	$1,3 \times 10^5$	$1,5 \times 10^5$

4.1.10 Análise sensorial

Os valores de textura diferiram significativamente entre os tratamentos e com o período de armazenamento (Tabela 10). Durante todo o período de armazenamento, as amostras que receberam as películas de glúten e alginato obtiveram as menores notas para o atributo textura. A partir do 10º dia de armazenamento, as notas tiveram um descréscimo da escala 6 (gostei ligeiramente) para 5, correspondente a não gostei nem desgostei. Apesar desse resultado, muitos provadores citaram que a textura estava agradável e firme. Quando esse atributo foi avaliado utilizando-se o texturômetro, as amostras apresentaram-se com valores semelhantes, 3,9, 3,4 e 3,3 lbf g^{-1} para as fatias de abacaxi com glúten, alginato e controle, respectivamente.

Apesar de diferirem significativamente (p≤0,05), as amostras dos três tratamentos receberam notas semelhantes com relação à aparência durante o período de armazenamento. As notas variaram de 5,7 a 7,8 (não gostei nem desgostei a gostei muito). Provavelmente a cor das amostras, com valores de luminosidade praticamente uniformes, deve ter contribuído para esse resultado. No entanto, algumas características foram citadas pelos provadores, para as amostras cobertas com glúten, como fruta passada, e para as amostras com alginato, melado, sem cor e artificial por exibir a película. As notas obtidas para a aparência nessa pesquisa foram semelhantes às citadas por Santos et al. (2005) quando estudaram abacaxi minimamente processado sob atmosfera modificada.

Tabela 10 - Textura e aparência de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Textura			Médias
	Tratamentos			
	$CaCl_2$ + Glúten	$CaCl_2$ + Alginato	Controle	
0	6,76	6,80	7,68	7,08 a
2	6,24	6,32	7,24	6,60 abc
4	6,48	6,56	7,40	6,81 ab
6	6,00	6,64	6,72	6,45 bc
8	6,00	6,00	6,64	6,21 bc
10	5,88	5,44	6,48	5,93 c
12	5,52	5,40	6,28	5,73 c
Médias	6,13 B	6,16 B	6,92 A	
CV (%): 25,19				
		Aparência		
0	6,96	7,16	7,44	7,19 a
2	5,96	6,96	7,80	6,91 ab
4	6,24	6,76	6,76	6,59 abc
6	5,96	6,20	6,84	6,33 bc
8	5,68	6,32	5,72	5,91 c
10	6,52	5,68	6,20	6,13 c
12	6,36	5,52	6,00	5,96 c
Médias	6,24 B	6,37 AB	6,68 A	
CV (%): 24,23				

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p≤0,05).

As notas obtidas para o aroma do controle foram maiores dutante todo o período de armazenamento (Tabela 11). As fatias tratadas com $CaCl_2$ + alginato tiveram um constante descréscimo durante todo o armazenamento. As amostras que receberam a solução de glúten obtiveram as menores médias, mesmo assim se encontraram acima de 5 (não gostei nem desgostei), isto é, do limite de aceitabilidade. Características citadas pelos provadores como odores estranhos, tutti-frutti, sem aroma e aroma não característico de abacaxi colaboraram para este resultado. Antoniolli (2004) encontraram notas ainda menores para o aroma em abacaxis minimamente processados, tratados com ácidos ascórbico e cítrico. As amostras, independente dos tratamentos, obtiveram nota na escala 4,0 (desgostei ligeiramente) ao término do período de avaliação.

Tabela 11 - Aroma e sabor de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten; $CaCl_2$ + alginato; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Aroma			Médias
	Tratamentos			
	$CaCl_2$ + Glúten	$CaCl_2$ + Alginato	Controle	
0	6,08	7,04	7,36	6,83 a
2	5,80	6,92	7,24	6,65 a
4	5,52	6,88	7,12	6,51 ab
6	6,24	5,84	6,64	6,24 ab
8	5,76	5,72	6,60	6,03 ab
10	6,08	5,24	6,60	5,97 ab
12	6,00	5,08	6,28	5,79 b
Médias	5,93 B	6,10 B	6,83 A	
CV (%): 27,37				
		Sabor		
0	5,24	6,88	7,12	6,41 a
2	5,20	6,96	7,32	6,17 ab
4	4,84	6,48	7,32	6,21 ab
6	4,24	6,44	6,96	5,88 ab
8	4,64	6,16	6,56	5,79 ab
10	5,24	5,40	6,00	5,55 ab
12	4,24	5,20	5,88	5,43 b
Médias	4,81 C	6,22 B	6,74 A	
CV (%): 30,42				

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As fatias de abacaxi tratadas com $CaCl_2$ + glúten foram as menos saborosas, as mesmas amostras que apresentaram-se com o aroma e textura menos apreciados. Essas amostras obtiveram as menores médias de sabor, entre 4,2 e 5,2, permanecendo abaixo do limite de aceitabilidade a partir do 4º dia de armazenamento. Parte dos provadores elogiaram o sabor dessa amostra, mas alguns comentários apontaram que as amostras tinham sabor de fruta passada, fermentado, não característico e amargo. Já o controle obteve as maiores notas, 5,9 a 7,3, correspondente a não gostei nem desgostei e a gostei regularmente, respectivamente.

Esses resultados estão em conformidade com os encontrados por Fontes, Sarmento e Spoto (2007), que observaram perda de sabor característico em maçã minimamente processada em todos os tratamentos realizados (cloreto de cálcio, dextrina, fécula de mandioca e alginato de sódio). As amostras recobertas pela película de alginato apresentaram redução considerável desse atributo no 5º dia de armazenamento. O'Connor-Shaw et al. (1994) constataram perdas na doçura e aumento do gosto amargo em abacaxis, kiwis, papaia e melões minimamente processados.

4.2 Segundo experimento: Cloreto de cálcio, solução de glúten e radiação gama como coadjuvantes na conservação de abacaxi minimamente processado.

4.2.1 pH

Apesar de diferirem significativamente ($p \leq 0,05$), os tratamentos apresentaram valores semelhantes de pH. Com o decorrer do tempo, observou-se uma tendência de aumento no pH dos quatro tratamentos realizados, o que pode estar relacionado com os menores valores de ácido orgânico encontrados ao longo do armazenamento (Tabelas 12 e 13) (MEDLICOTT; JEGER, 1987), ocorrendo o mesmo em pesquisa realizada por Antoniolli, Benedetti e Souza Filho (2003) em abacaxi minimamente processado, tratado com com várias concentrações de cloreto de cálcio, armazenado a 4ºC por 12 dias.

Tabela 12 - pH de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy; e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	pH				Médias
	Tratamentos				
	$CaCl_2$ + Glúten + 2,3 kGy	$CaCl_2$ + 2,3 kGy	2,3 kGy	Controle	
0	3,96	3,86	3,93	3,98	3,93 f
2	3,89	3,79	3,95	3,92	3,89 g
4	4,14	4,02	4,12	3,87	4,04 b
6	4,04	4,01	4,11	3,83	4,00 e
8	4,14	3,81	4,08	4,02	4,01 d
10	4,13	3,93	4,23	4,05	4,08 a
12	4,14	3,85	4,02	4,09	4,02 c
Médias	4,06 A	3,89 C	4,06 A	3,97 B	
CV (%): 0,19					

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Diferindo desses resultados, Souto et al. (2004) observaram redução no pH da polpa de abacaxi 'Pérola', sob atmosfera modificada e armazenamento a 8ºC,

durante 17 dias. Calore e Vieites (2003) irradiaram pêssegos intactos com as doses 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 kGy e também observaram uma diminuição nos valores de pH durante os 15 dias de armazenamento a 1ºC. Segundo os autores, o controle também teve o mesmo comportamento, atestando que essas doses de radiação não interferiram no pH do fruto durante o processo de amadurecimento. Beyers e Thomas (1979) irradiaram manga e mamão com dose de 125 kGy e relataram variações insignificantes nos valores de pH durante os três meses de armazenamento.

O valor mínimo de pH encontrado para os tratamentos foi de 3,79 e o máximo foi de 4,23. As maiores médias, 4,06, foram encontradas para abacaxis minimamente processados tratados com $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy e nos abacaxis que receberam dose de 2,3 kGy. Leite (2006) encontrou valor semelhante de pH, 4,01, para abacaxi 'Smoth Cayenne' minimamente processado, irradiado com 2,0 kGy, embalagem PET e armazenamento a 8ºC.

4.2.2 Acidez titulável, sólidos solúveis e *ratio*

Os teores de acidez titulável foram afetados pelo período, apresentando um decréscimo para os quatro tratamentos a partir do 2º dia de armazenamento ($p \leq 0,05$). Vilas Boas e Lima (1999) também observaram esse comportamento na acidez titulável em abacaxis 'Pérola' durante o armazenamento.

As menores médias encontradas foram 0,63 e 0,65 mg $100g^{-1}$ de ácido cítrico para as amostras tratadas com $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy e dose de 2,3 kGy, respectivamente. Apesar de ter ocorrido variação estatística, os tratamentos apresentaram valores semelhantes durante o armazenamento.

Tabela 13 - Acidez titulável, sólidos solúveis e *ratio* em abacaxi minimamente processado, submetido ao $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Acidez (mg $100g^{-1}$)				Médias
	Tratamentos				
	$CaCl_2$ + Glúten + 2,3 kGy	$CaCl_2$ + 2,3 kGy	2,3 kGy	Controle	
0	0,66	0,71	0,70	0,68	0,69 b
2	0,67	0,76	0,69	0,69	0,70 b
4	0,64	0,74	0,70	0,77	0,71 a
6	0,62	0,72	0,63	0,76	0,68 c
8	0,63	0,69	0,61	0,65	0,65 d
10	0,62	0,69	0,61	0,62	0,64 d
12	0,60	0,68	0,61	0,61	0,63 e
Médias	0,63 D	0,71 A	0,65 C	0,68 B	
CV (%): 1,31					
	Sólidos solúveis (ºBrix)				
0	13,67	12,37	11,17	11,47	12,17 d
2	12,47	12,40	12,80	11,60	12,32 c
4	13,40	11,93	11,87	12,60	12,45 b
6	13,60	12,60	13,40	12,60	13,05 a
8	12,80	11,00	11,60	11,80	11,80 e
10	12,20	11,80	13,40	11,60	12,25 c
12	12,80	11,80	10,40	11,00	11,50 f
Médias	12,99 A	11,98 C	12,09 B	11,81 D	
CV (%): 0,50					
	Ratio				
0	20,71	17,42	15,96	16,87	17,74 d
2	18,61	16,32	18,55	16,81	17,57 d
4	20,94	16,12	16,96	16,36	17,59 d
6	21,94	17,50	21,27	16,58	19,32 a
8	20,32	15,94	19,02	18,15	18,36 c
10	19,68	17,10	21,97	18,71	19,36 a
12	21,33	17,35	17,05	18,03	18,44 b
Médias	20,50 A	16,82 D	18,68 B	17,36 C	
CV (%): 1,54					

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A acidez titulável encontrada nesta pesquisa variou de 0,60 a 0,77 mg $100g^{-1}$, concordando com valores citados na literatura, 0,60 a 1,62 mg $100g^{-1}$ (CARVALHO; BOTREL, 1996). Antoniolli, Benedetti e Castro (2000) encontraram acidez menor que 1,0 mg $100g^{-1}$, tanto em abacaxis 'Pérola', quanto 'Smooth Cayenne' minimamente processados.

Fan et al. (2005) embalaram maçãs minimamente processadas, tratadas com ascorbato, sob atmosfera modificada e irradiaram com dose de 1 kGy. Os autores

armazenaram o produto durante 3 semanas a 10ºC e também encontraram um decréscimo na acidez titulável durante a primeira semana de armazenamento, alegando ser devido ao aumento da atividade respiratória em função dos danos causados pelo corte dos tecidos.

Os teores de sólidos solúveis oscilaram durante o período de armazenamento em todos os tratamentos ($p \leq 0,05$). O menor teor encontrado foi o de 10,40ºBrix e o maior teor foi de 13,67ºBrix. As amostras tratadas com $CaCl_2$ + 2,3 kGy e o controle apresentaram menores médias de *ratio*. O tratamento que recebeu a solução de gúten apresentou-se um pouco mais doce, com a média 12,99ºBrix e maior *ratio* (Tabela 13).

O mesmo ocorreu em pesquisa realizada por Gama, Vieites e Evangelista (2001), que observaram maiores valores de *ratio* quando utilizaram película à base de fécula de mandioca em mamão minimamente processado.

4.2.3 Ácido ascórbico

Os teores de ácido ascórbico de abacaxi minimamente processado (Tabela 14) diferiram significativamente entre os tratamentos e com o período de armazenamento ($p \leq 0,05$). As amostras que receberam o tratamento contendo a solução de glúten retiveram mais ácido ascórbico em todo o período de armazenamento, foram encontrados teores médios de 19,6 mg $100g^{-1}$. Apesar de ter sido constatado menor teor dessa vitamina nos demais tratamentos que receberam irradiação, 16,7 mg $100g^{-1}$, esses valores estão em conformidade aos encontrados na literatura, 17 mg $100g^{-1}$, por Carvalho e Botrel (1996).

Tabela 14 - Ácido ascórbico em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5±1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Ácido ascórbico (mg $100g^{-1}$)				Médias
	Tratamentos				
	$CaCl_2$ + Glúten + 2,3 kGy	$CaCl_2$ + 2,3 kGy	2,3 kGy	Controle	
0	26,67	21,52	22,73	26,36	24,32 a
2	24,24	20,61	19,70	21,82	21,59 b
4	19,09	18,48	18,79	19,39	18,94 c
6	19,09	18,18	18,48	18,79	18,63 c
8	18,48	18,18	18,48	18,18	18,33 c
10	15,15	10,00	9,39	13,64	12,05 d
12	14,48	9,48	9,18	12,18	11,33 d
Médias	19,60 A	16,64 B	16,68 B	18,62 A	
CV (%): 8,35					

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p≤0,05).

Todas as amostras tiveram um comportamento semelhante. Os valores tiveram um decréscimo até o 4º dia de armazenamento, mantiveram-se constante até o 8º dia, e em seguida ocorreu um significativo decréscimo até o útimo dia do armazenamento. O mesmo ocorreu em pesquisas realizadas por diversos autores (LADANIYA; SINGH; WADHAWAN, 2003; SILVA, 2005).

Bandekar et al. (2006) também relataram decréscimo no teor de vitamina C em abacaxi minimamente processado, irradiado com 2,0 kGy, de 29,09 a 12,7 mg $100g^{-1}$, até o 16º dia de armazenamento a 4ºC. Hajare et al. (2006) estudaram o efeito da dose de 2,0 kGy no conteúdo de vitamina C de abacaxi minimamente processado, armazenado durante 12 dias a 8ºC. Os autores também notaram um significante decréscimo no teor de vitamina C durante o período de armazenamento, tanto no controle, 31,5 a 16,8 mg $100g^{-1}$, quanto nas amostras irradiadas, 25,2 a 14,7 mg $100g^{-1}$.

Acredita-se que essa perda seja devido à oxidação do ácido ascórbico em dehidroascórbico, o qual se perde durante o processamento. No entanto, embora os autores citados acima tenham observado o decréscimo do ácido em frutos

irradiados, essa perda se dá em proporção menor do que em processamento térmico convencional (SPOTO, 2007).

4.2.4 Líquido drenado

Normalmente a perda de líquido ocorre durante o armazenamento dos frutos devido aos processos respiratórios e de oxidação (AYRANCI; TUNC, 2003). Os valores de líquido drenado em abacaxi minimamente processado diferiram significativamente entre os tratamentos e para o período de armazenamento ($p \leq 0,05$).

O $CaCl_2$ mostrou-se eficiente na redução da perda de líquido durante o período de armazenamento. Nota-se que as menores perdas ocorreram nas amostras que foram tratadas com $CaCl_2$ em combinação com irradiação e película. No entanto, essas amostras apresentaram maior perda dessa variável quando comparadas com as amostras não irradiadas do Experimento 1, demonstrando que a irradiação interferiu negativamente na retenção do suco (Tabelas 4 e 15).

O controle apresentou a maior média de líquido drenado, concordando com os resultados obtidos por Santos et al. (2005), que relataram maior perda de líquido em abacaxi minimamente processado no controle do que em amostras tratadas com atmosfera modificada ativa (2% O_2 + 10% CO_2).

Tabela 15 - Líquido drenado de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Líquido drenado (%)				Médias
	Tratamentos				
	$CaCl_2$ + Glúten + 2,3 kGy	$CaCl_2$ + 2,3 kGy	2,3 kGy	Controle	
0	0,87	1,93	3,18	2,55	2,13 a
2	0,66	0,44	0,54	1,17	0,70 d
4	0,76	0,72	0,88	1,20	0,89 d
6	2,13	1,35	1,69	1,86	1,76 b
8	1,61	0,97	1,05	1,33	1,24 c
10	1,23	0,45	0,71	1,14	0,88 d
12	1,26	1,15	1,41	1,40	1,30 c
Médias	1,22 B	1,00 C	1,35 B	1,52 A	
CV (%): 13,45					

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula, dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula, dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.2.5 Textura

Os valores de textura foram bastante semelhantes entre os tratamentos, diferindo significativamente apenas entre o período de armazenamento ($p \leq 0,05$) (Tabela 16). A utilização do cálcio pode ter auxiliado na manutenção da firmeza do fruto, nas amostras tratadas com $CaCl_2$ + 2,3 kGy, pois o cálcio reduz a solubilização de substâncias pécticas levando à menor perda de textura da polpa, uma vez que as pectinas contribuem em grande parte para a manutenção desse atributo de qualidade (SALUNKE; BOLIN; REDDY, 1991). No entanto, as amostras que receberam o cloreto de cálcio mais a solução de glúten e irradiação tiveram médias mais baixas. Embora o tratamento à base de película tivesse recebido o cloreto de cálcio, a imersão posterior das amostras com as substâncias formadoras de revestimento podem ter diluído o efeito do cálcio, gerando menores valores de dureza (FONTES, 2005).

Tabela 16 - Textura de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Textura (lbf g^{-1})				Médias
	Tratamentos				
	$CaCl_2$ + Glúten + 2,3 kGy	$CaCl_2$ + 2,3 kGy	2,3 kGy	Controle	
0	3,90	4,29	4,23	4,23	4,16 a
2	3,77	4,09	3,92	3,79	3,89 a
4	3,14	4,01	3,37	3,51	3,51 ab
6	3,52	3,23	3,45	3,12	3,33 ab
8	3,31	3,34	3,96	2,23	3,21 ab
10	2,98	3,10	2,99	2,97	3,01 ab
12	2,21	2,25	1,58	2,03	2,02 b
Médias	3,26 A	3,47 A	3,36 A	3,13 A	
CV (%): 16,38					

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p≤0,05).

Todos os tratamentos se comportaram de forma semelhante durante o período, os valores de textura tiveram um decréscimo até o último dia de armazenamento, variando de 4,23 a 1,58 lbf g^{-1} (1,92 a 0,72 kgf g^{-1}) ocorrendo o mesmo em pesquisa realizada por Bandekar et al. (2006), que relataram um decréscimo na textura de abacaxi minimamente processado, irradiado com 2,0 kGy, até o 16º dia de armazenamento a 4ºC.

Em estudos realizados por Manoel e Vieites (2002), notou-se que mamões minimamente processados apresentaram textura mais mole com o aumento da dose de irradiação. No entanto, as doses utilizadas pelos autores, 0,3; 0,6 e 0,9 kGy, foram inferiores à dose utilizada nesta pesquisa.

4.2.6 Cor

Os valores de L diferiram significativamente entre os tratamentos e com o período de armazenamento (p≤0,05). Os valores de L diminuíram ao final do período, isto é, as amostras de todos os tratamentos escureceram ao longo do

tempo de armazenamento (Tabela 17). O'Connor-Shaw et al. (1994) também observaram escurecimento de abacaxi minimamente processado, durante os 11 dias de armazenamento a 4ºC.

Tabela 17 - Cor de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	L				Médias
	Tratamentos				
	$CaCl_2$ + Glúten + 2,3 kGy	$CaCl_2$ + 2,3 kGy	2,3 kGy	Controle	
0	67,05	61,50	63,42	64,25	64,05 ab
2	58,40	66,89	55,79	64,70	61,45 abc
4	60,61	68,05	52,84	64,88	61,59 abc
6	52,96	64,60	53,11	62,18	58,21 bc
8	64,76	70,80	58,90	65,34	64,95 a
10	59,28	59,46	55,51	59,74	58,50 bc
12	54,55	59,96	55,29	59,00	57,20 c
Médias	59,66 BC	64,46 A	56,41 C	62,87 AB	
CV (%): 8,44					
			a*		
0	-3,26	-2,61	-1,96	-2,35	-2,54 b
2	-1,88	-3,55	-1,96	-1,99	-2,34 b
4	-2,78	-2,21	-1,40	-1,87	-2,06 b
6	-1,72	-3,10	-3,38	-1,79	-2,49 b
8	-2,60	-1,93	-1,78	-1,96	-2,06 b
10	-1,47	-0,68	-0,61	-2,90	-1,42 a
12	-0,77	-0,58	-0,30	-2,76	-1,10 a
Médias	-2,07 B	-2,09 AB	-1,63 A	-2,23 B	
CV (%): - 34,54					
			b*		
0	18,38	18,39	12,13	14,87	15,94 a
2	13,08	17,66	12,84	14,35	14,48 a
4	16,21	10,84	16,28	12,38	13,93 a
6	14,75	14,69	16,96	16,96	15,84 a
8	11,58	14,45	17,82	20,12	15,99 a
10	11,43	19,48	17,40	16,46	16,19 a
12	14,58	21,96	16,53	14,39	16,86 a
Médias	14,29 B	16,78 A	15,71 AB	15,65 AB	
CV (%): 15,14					

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A solução à base de glúten, juntamente com a irradiação, contribuiu para o escurecimento da amostra, com valor de 59,66 para luminosidade. Já os leques de abacaxis que receberam tratamento à base de $CaCl_2$ + 2,3 kGy permaneceram com

a coloração menos escura, o que pode estar relacionado com a menor atividade da peroxidase e polifenoloxidase encontrada para essa amostra (Tabelas 17 e 18). Esse resultado diferiu daqueles encontrados por Antoniolli, Benedetti e Souza Filho (2003), em que o cloreto de cálcio interferiu negativamente na coloração da polpa do abacaxi minimamente processado, tornando-a mais escurecida.

As variações nos valores do croma a* dos diferentes tratamentos, embora significativas, situaram-se próximos do eixo central (Anexo A), onde todas as cores se misturam, proporcionando uma coloração levemente cinza. O controle teve a maior média de croma a*, -2,23, mantendo seus valores mais estáveis durante todo o período de armazenamento. Para os demais tratamentos, os que receberam irradiação, os valores diminuíram significativamente nos períodos 10 e 12, mostrando maior escurecimento (Tabela 17).

Os valores de croma b* diferiram significativamente entre os tratamentos ($p \leq 0,05$). Todos os tratamentos realizados apresentaram-se com valores positivos de croma b*, próximos ao eixo central, mostrando o escurecimento das amostras. A menor média foi para o tratamento à base de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy e a maior média foi para amostras tratadas com $CaCl_2$ + 2,3 kGy (Tabela 17).

Os valores de L, a* e b* observados nessa pesquisa, foram semelhantes aos encontrados por Leite (2006) durante o armazenamento de abacaxi minimamente processado, submetido a diferentes doses de radiação gama (0,25; 0,50; 0,75; 1,0; 1,5; 1,75 e 2,0 kGy) e armazenamento a 8ºC.

Pimentel (2007) também relatou um escurecimento de goiabas ‘Pedro Sato’, irradiadas a 150; 225, 450 e 675 Gy. Os valores de Luminosidade diminuíram durante o período de armazenamento do fruto.

4.2.7 Peroxidase e Polifenoloxidase

Os valores de peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) diferiram significativamente entre os tratamentos e com o período de armazenamento ($p \leq 0,05$).

Constatou-se menor atividade da peroxidase nas amostras tratadas com $CaCl_2$ + 2,3 kGy, as mesmas amostras que obtiveram valores levemente maiores de textura, mostrando-se pouco mais firmes. Nos demais tratamentos as médias de peroxidase foram semelhantes. No 10º e 12º dias de armazenamento, os tratamentos à base de glúten e o controle obtiveram a maior atividade desta enzima (Tabelas 16 e 18).

Tabela 18 - Peroxidase e polifenoloxidase em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Peroxidase (U g^{-1} min^{-1})				Médias
	Tratamentos				
	$CaCl_2$ + Glúten + 2,3 kGy	$CaCl_2$ + 2,3 kGy	2,3 kGy	Controle	
0	46,40	45,33	59,60	52,13	50,87 b
2	49,47	46,67	49,60	57,60	50,84 b
4	57,07	46,00	73,07	83,87	65,00 a
6	34,67	53,60	57,73	39,87	46,47 c
8	41,60	13,60	39,60	24,00	29,70 d
10	71,07	17,47	45,60	53,73	46,97 c
12	70,13	34,13	59,07	96,67	65,00 a
Médias	52,91 C	36,68 D	54,89 B	58,27 A	
CV (%): 4,72					
	Polifenoloxidase (U g^{-1} min^{-1})				
0	23,69	21,82	22,89	24,77	23,29 a
2	25,03	21,69	23,96	23,29	23,49 a
4	16,06	16,47	18,34	23,03	18,47 c
6	20,75	22,22	25,70	20,62	22,32 a
8	18,61	14,59	17,94	16,33	16,86 d
10	22,22	20,61	18,74	19,14	20,18 b
12	21,02	18,07	19,41	25,03	20,88 b
Médias	21,05 A	19,35 B	21,00 A	21,74 A	
CV (%): 5,41					

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os valores de polifenoloxidase oscilaram durante o período de armazenamento para todos os tratamentos. A menor atividade da enzima (19,35 U g^{-1} min^{-1}) foi detectada nas fatias de abacaxi que receberam tratamento à base de $CaCl_2$ + 2,3 kGy, que inclusive se mostraram as menos escuras dentre os tratamentos realizados (Tabelas 17 e 18).

Wang et al. (2006) relataram que as enzimas peroxidase e polifenoloxidase não foram inativadas em suco de melão, irradiado com doses variando de 2 a 5 kGy, apenas tiveram um decréscimo em suas atividades e, ainda, as doses acima de 2 kGy afetaram os atributos sensoriais do produto.

4.2.8 Atividade respiratória e síntese de etileno

Os valores de CO_2 e etileno diferiram significativamente entre os tratamentos e com o período de armazenamento ($p \leq 0,05$).

A maior quantidade de CO_2 foi detectada no 1º dia de análise em todos os tratamentos (Figura 7). Essa elevação da taxa respiratória está relacionada ao estresse físico ocasionado pelo processamento (ROSEN; KADER, 1989).

Durante o armazenamento, os valores de CO_2 diminuíram e permaneceram praticamente estáveis em todos os tratamentos. Gunes, Watkins e Hotchkiss (2000) observaram que a taxa respiratória de maçã minimamente processada foi maior nas primeiras quatro horas, do que 24 e 72 horas após receberem irradiação com 3 a 5kGy.

A menor atividade respiratória foi observada para o controle (1,74 mL kg^{-1} h^{-1}) e a maior foi para o tratamento à base de $CaCl_2$ +glúten + 2,3 kGy (4,82 mL kg^{-1} h^{-1}). Isso talvez tenha ocorrido em função do maior estresse obtido pelo fruto durante a

aplicação da solução de glúten, tempo de secagem da película, além dos efeitos do processo de irradiação.

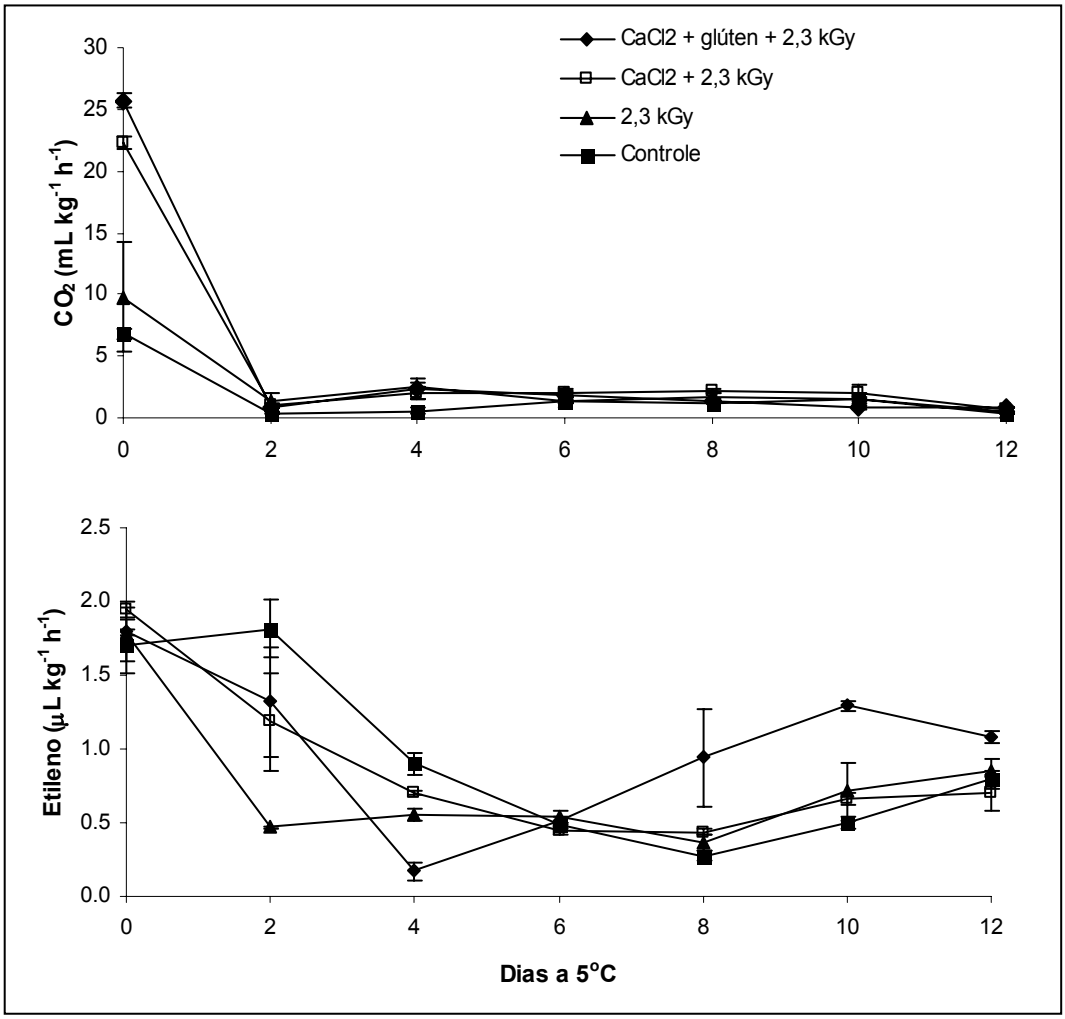


Figura 7. Atividade respiratória e síntese de etileno em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

As amostras tiveram comportamento semelhante durante todo o tempo quanto à síntese de etileno, com valores de etileno mais altos no 1º dia de armazenamento (Figura 7). Segundo Abeles, Morgan e Saltveit (1992), a ocorrência de injúrias em tecidos vegetais eleva a produção de etileno, atingindo nível máximo dentro de 6 a 12 horas.

A maior síntese de etileno foi observada nas amostras tratadas com $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy (1,01 $\mu L\ kg^{-1}\ h^{-1}$). Esse valor foi levemente maior do que os

encontrados no Experimento 1, onde as amostras receberam apenas a solução de glúten, sem uso de irradiação. Esses resultados foram maiores do que os encontrados por Marrero e Kader (2006), que detectaram valores de etileno de aproximadamente 0,25 $\mu L\ kg^{-1}\ h^{-1}$ em abacaxis minimamente processados, sob atmosfera modificada e armazenamento a 10ºC. O autor observou quantidades ainda menores em abacaxis intactos. Vitti (2003) não detectou etileno em beterrabas intactas, enquanto que, para beterrabas minimamente processadas, a síntese de etileno nas primeiras horas após o corte atingiu 0,90 $\mu L\ kg^{-1}\ h^{-1}$, havendo pouca variação ao longo de 4 horas e durante os 10 dias de armazenamento.

4.2.9 Análises microbiológicas

Em nenhum dos tratamentos realizados no abacaxi minimamente processado houve presença de *E. coli* e de *Salmonella* em 25g, encontrando-se de acordo com os padrões microbiológicos para frutas e hortaliças estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001a).

A contagem de microrganismos do grupo dos coliformes totais foi baixa em todos os tratamentos e ocorreu apenas em algumas amostras isoladas durante o período de armazenamento (Tabela 19). O mesmo ocorreu em pesquisa com abacaxi minimamente processado, realizada por Bonnas et al. (2003).

As amostras que receberam $CaCl_2$ apresentaram as menores contagens de bolores e leveduras no início do armazenamento. No entanto, as populações desses microrganismos cresceram até o último dia, obtendo contagens semelhantes aos demais tratamentos, 10^4 e 10^5 UFC g^{-1}.

Tabela 19 - Microrganismos do grupo dos coliformes totais, e bolores e leveduras em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Coliformes totais (NMP g^{-1})			
	Tratamentos			
	$CaCl_2$ + Glúten + 2,3 kGy	$CaCl_2$ + 2,3 kGy	2,3 kGy	Controle
0	< 2	< 2	< 2	< 2
2	$1,0 \times 10^2$	< 2	$2,4 \times 10^2$	< 2
4	< 2	< 2	< 2	< 2
6	2,0 x 10	$1,6 \times 10^2$	< 2	2,0 x 10
8	< 2	< 2	2,0 x 10	6,0 x 10
10	< 2	$1,2 \times 10^2$	< 2	< 2
12	< 2	< 2	$7,4 \times 10^2$	< 2
	Bolores e leveduras (UFC g^{-1})			
0	2,5 X 10	2,5 X 10	$2,0 \times 10^2$	$2,3 \times 10^3$
2	9,0 X 10	4,0 X 10	$1,1 \times 10^3$	$5,5 \times 10^3$
4	$1,4 \times 10^2$	$4,7 \times 10^3$	$7,0 \times 10^2$	$3,5 \times 10^5$
6	$6,5 \times 10^2$	$1,4 \times 10^4$	$5,0 \times 10^3$	$4,1 \times 10^5$
8	$7,5 \times 10^2$	$1,8 \times 10^4$	$3,8 \times 10^3$	$6,7 \times 10^5$
10	$8,2 \times 10^2$	$1,6 \times 10^4$	$2,4 \times 10^5$	$8,0 \times 10^5$
12	$1,0 \times 10^4$	$1,9 \times 10^5$	$6,4 \times 10^5$	$5,3 \times 10^5$

Os abacaxis submetidos ao tratamento com $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy apresentaram baixas contagens de bolores e leveduras, 10^2 UFC g^{-1}, até o 10º dia de armazenamento, mostrando-se o mais efetivo para o controle desses microrganismos. No entanto, não foram observadas relações entre esses resultados com a análise sensorial, onde as amostras que receberam esse tratamento apresentaram-se menos firmes e com o sabor comprometido a partir do 1º dia de armazenamento (Tabelas 19, 21 e 22).

Essas contagens foram menores do que as encontradas por Santos et al. (2005), que detectaram fungos e leveduras de 10^3 a 10^8 UFC g^{-1} em abacaxi 'Pérola' minimamente processado sob atmosfera modificada ativa e armazenado a 5ºC, onde as contagens variaram de 10^3 a 10^8 UFC g^{-1}. Ouattara et al. (2002) relataram que filmes à base de proteína (caseínato de cálcio, proteína de soro e glicerol) e solução de carboidratos (PLS), irradiados a 32 kGy, aumentaram a vida útil e reduziram

significantemente a porcentagem da contaminação de fungos em morangos, armazenados a 4ºC.

Todos os tratamentos apresentaram aumento na população de microrganismos psicrotróficos com o período de armazenamento, fato esperado devido à baixa temperatura de armazenamento (ZAGORY, 1999). As amostras que receberam cloreto de cálcio apresentaram as menores contagens de microrganismos psicrotróficos no início do armazenamento, mantendo-se mais baixas que os demais tratamentos até o 10º dia. O tratamento à base de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy foi o mais efetivo no controle desses microrganismos, < 10 a 10^3 UFC g^{-1}, já o controle apresentou as maiores populações, 10^3 a 10^6 UFC g^{-1} (Tabela 20).

Esses resultados concordam com os relatados por Landgraf et al. (2006), os quais também encontraram aumento na contagem desses microrganismos em amostras de abacaxi minimamente processado, irradiado com dose de 2 kGy, e armazenadas a 7ºC durante 10 dias.

A população de microrganismos aeróbios mesófilos evoluiu com o período de armazenamento em todos os tratamentos. A mais baixa contaminação por esses microrganismos foi observada nas amostras tratadas com $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy, com contagem máxima durante todo o período armazenamento de 10^3 UFC g^{-1}, apenas no último dia aumentou para 10^4 UFC g^{-1}. A maior contaminação foi observada para o controle, o qual obteve contagem de 10^5 a 10^6 UFC g^{-1} (Tabela 20).

Tabela 20 - Microrganismos aeróbios mesófilos e psicrotróficos em abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Aeróbios mesófilos (UFC g^{-1})			
	Tratamentos			
	$CaCl_2$ + Glúten + 2,3 kGy	$CaCl_2$ + 2,3 kGy	2,3 kGy	Controle
0	$4,0 \times 10^3$	$4,2 \times 10^3$	$1,8 \times 10^4$	$4,2 \times 10^5$
2	$4,5 \times 10^3$	$3,8 \times 10^3$	$2,0 \times 10^4$	$7,2 \times 10^5$
4	$5,1 \times 10^3$	$5,0 \times 10^3$	$5,2 \times 10^4$	$1,6 \times 10^6$
6	$6,2 \times 10^3$	$2,0 \times 10^4$	$7,6 \times 10^4$	$2,5 \times 10^6$
8	$1,5 \times 10^3$	$6,4 \times 10^3$	$2,8 \times 10^3$	$1,4 \times 10^6$
10	$2,6 \times 10^3$	$1,1 \times 10^4$	$8,3 \times 10^4$	$3,5 \times 10^6$
12	$2,1 \times 10^4$	$2,2 \times 10^5$	$6,1 \times 10^5$	$5,7 \times 10^6$
	Psicrotróficos (UFC g^{-1})			
0	< 10	< 10	< 10	$1,4 \times 10^3$
2	< 10	< 10	$1,5 \times 10^2$	$1,9 \times 10^4$
4	$2,5 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$	$6,0 \times 10^3$	$6,8 \times 10^4$
6	$6,6 \times 10^2$	$4,6 \times 10^3$	$6,2 \times 10^3$	$7,9 \times 10^4$
8	$6,0 \times 10^2$	$5,4 \times 10^3$	$1,6 \times 10^4$	$4,0 \times 10^4$
10	$3,2 \times 10^3$	$2,0 \times 10^4$	$3,6 \times 10^5$	$6,5 \times 10^5$
12	$3,9 \times 10^3$	$1,2 \times 10^5$	$6,4 \times 10^5$	$2,8 \times 10^6$

Não foram encontradas relações entre esses resultados com a análise sensorial, pois as notas aplicadas pelos provadores para as amostras tratadas com $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy, as quais obtiveram as menores contagens, foram semelhantes ou menores que para os demais tratamentos (Tabelas 20, 21 e 22).

Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Faridah et al. (2006), que detectaram contagens de mesófilos variando de 10^4 a 10^6 UFC g^{-1} em abacaxi minimamente processado, irradiado com 3 kGy e armazenado a 5ºC durante 10 dias.

4.2.10 Análise sensorial

Nos dois primeiros dias de análise as amostras tiveram valores semelhantes de textura. A partir do 6º dia, as amostras que receberam $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy tiveram um decréscimo nas notas até o final do armazenamento, obtendo a menor

média entre os tratamentos, 5,3 (não gostei nem desgostei). Os provadores relataram que a textura encontrava-se mole. A textura do controle foi aceita até o 12º dia, enquanto que as demais amostras tiveram a textura rejeitada a partir do 8º dia de armazenamento (Tabela 21).

Tabela 21 - Textura e aparência de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Textura				Médias
	Tratamentos				
	$CaCl_2$ + Glúten + 2,3 kGy	$CaCl_2$ + 2,3 kGy	2,3 kGy	Controle	
0	6,52	6,68	6,52	6,84	6,64 a
2	6,60	6,88	6,56	6,72	6,69 a
4	5,52	5,92	6,88	6,08	6,10 a
6	5,68	6,32	6,04	6,56	6,15 a
8	5,08	6,68	6,60	6,24	6,15 a
10	3,60	4,84	4,48	5,40	4,58 b
12	3,96	4,68	4,60	5,40	4,66 b
Médias	5,28 B	6,00 A	5,95 A	6,18 A	
CV (%): 27,49					
	Aparência				
0	6,28	6,32	6,52	6,20	6,33 a
2	6,56	5,92	6,08	6,36	6,23 ab
4	5,40	5,64	5,92	5,56	5,63 bc
6	6,20	6,20	6,88	5,88	6,29 a
8	5,16	5,28	5,84	5,76	5,51 c
10	5,96	3,96	4,24	5,92	5,02 c
12	5,76	4,12	4,52	5,76	5,04 c
Médias	5,90 A	5,35 B	5,71 AB	5,92 A	
CV (%): 27,27					

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O controle e as amostras tratadas com $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy mantiveram a aparência aceitável até o 12º dia, com médias variando de 6,6 a 5,2, correspondentes a gostei ligeiramente e a não gostei nem desgostei, respectivamente (Tabela 21). Apesar disso, alguns provadores apontaram coloração estranha para essas amostras. Já a aparência das demais amostras, fatias que receberam $CaCl_2$ + 2,3 kGy e as irradiadas com 2,3 kGy, foram rejeitadas pelos

provadores a partir do 8º dia, os quais alegaram que as fatias estavam escuras e com a coloração diferente da natural da fruta.

O aroma ficou comprometido a partir do 8º dia de armazenamento para os tratamentos, exceto para o controle. Características como aroma de plástico, produto químico, remédio e perda de aroma foram citadas pelos provadores. As amostras que receberam apenas a dose de radiação, obtiveram as notas mais baixas e decrescendo durante todo o período de armazenamento, atestando que a adição do cloreto de cálcio ou película contribuíram para uma leve melhoria desse atributo (Tabela 22). O mesmo ocorreu em estudos realizados por Antoniolli (2004), que constatou que abacaxis minimamente processados, tratados com ácidos ascórbico e cítrico obtiveram a nota 4,1 para o aroma ao término do período de avaliação. Este atributo não foi acompanhado pelo desenvolvimento de sabor característico de abacaxi sobremaduro, cujas notas atribuídas pelos julgadores foi de 2,1.

O sabor foi um atributo bastante afetado pelo tratamento à base de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; desde o 1º dia de análise sensorial, essa amostra obteve notas abaixo do limite de aceitabilidade (Tabela 22). Alguns provadores apreciaram, mas a maioria rejeitou, relatando sabor artificial, amargo, passado, fermentado e de remédio, contribuindo para que as médias das notas fossem bastante baixas, variando de 5,6 a 2,7 (não desgostei nem desgostei a desgostei muito). O uso da radiação gama deve ter contribuído para esse resultado, pois no Experimento 1, as amostras que receberam a solução de glúten, não irradiadas, apesar de menos apreciadas dentre as demais, obtiveram notas maiores, de 5,2 a 4,2.

Tabela 22 - Aroma e sabor de abacaxi minimamente processado, submetido à aplicação de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy; $CaCl_2$ + 2,3 kGy; dose de 2,3 kGy e controle, armazenado a 5 ± 1ºC, por 12 dias.

Período (dias)	Aroma				Médias
	Tratamentos				
	$CaCl_2$ + Glúten + 2,3 kGy	$CaCl_2$ + 2,3 kGy	2,3 kGy	Controle	
0	5,64	5,96	5,08	6,24	5,73 ab
2	6,12	6,56	5,04	6,52	6,06 a
4	5,24	5,28	4,40	5.00	4,98 bc
6	5,60	6,16	5,04	5,32	5,53 ab
8	4,92	5,44	3,44	5,08	4,72 c
10	4,80	4,68	2,64	5,24	4,34 c
12	4,64	4,84	2,96	5.00	4,36 c
Médias	5,28 A	5,56 A	4,09 B	5,48 A	
CV (%): 35,23					
	Sabor				
0	4,80	5,68	6,24	5,68	5,60 ab
2	5,56	6,08	6,96	6,52	6,28 a
4	4,36	5,68	6,20	5,44	5,42 b
6	3,44	4,32	6,16	5,68	4,90 bc
8	2,88	5,40	6,04	6,40	5,18 b
10	2,32	4,48	4,92	5,40	4,28 c
12	2,88	4,52	5,12	5,20	4,43 c
Médias	3,75 C	5,16 B	5,95 A	5,76 A	
CV (%): 34,46					

Valores seguidos com a mesma letra maiúscula dentro da mesma linha, e com a mesma letra minúscula dentro da mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Diferindo desses resultados, Landgraf et al. (2006) citaram que abacaxi e melancia minimamente processados, em forma de cubos, foram expostos à doses de 1,0 e 2,5 kGy e mantiveram suas características de sabor durante o período de armazenamento a 7ºC, não influenciando na doçura da melancia e na acidez do abacaxi. As amostras de melancia receberam as notas 7,3, 7,3 e 6,8 para o controle, 1,0 e 2,5 kGy, respectivamente. As amostras de abacaxi receberam as notas 7,6, 7,5 e 7,1 para o controle, 1,0 e 2,5 kGy, respectivamente.

Bandekar et al. (2006) não observaram mudanças na aparência, cor, textura, odor, sabor e aparência geral em abacaxis minimamente processados irradiados com 2,0 kGy, até o 16º dia de armazenamento a 4ºC.

5 CONCLUSÕES

Primeiro experimento: Cloreto de cálcio e películas comestíveis à base de glúten e alginato como coadjuvantes na conservação de abacaxi minimamente processado.

Apesar dos valores terem sido próximos entre os tratamentos, os abacaxis tratados com $CaCl_2$ + glúten apresentaram textura mais firme, menores: perda de líquido, atividade da peroxidase e polifenoloxidase, e contagem de microrganismos mesófilos e bolores e leveduras. Não houve presença de *E. coli* e de *Salmonella* em nenhum tratamento.

A produção de CO_2 e etileno apresentou decréscimo no decorrer do período de armazenamento em todos os tratamentos, bem como o ácido ascórbico e os parâmetros L e b* de cor.

Para a aparência, textura e aroma, os tratamentos se situaram entre 5 e 7, denotando aceitabilidade das amostras. O controle, tratado apenas com cloreto de cálcio, apresentou as maiores notas mantendo as características sensoriais acima do limite de aceitabilidade durante todo o armazenamento.

Pelas características físico-químicas e sensoriais elegeu-se os tratamentos com $CaCl_2$ + glúten e o controle ($CaCl_2$), respectivamente, para serem submetidos ao processo de irradiação.

Segundo experimento: Cloreto de cálcio, solução de glúten e radiação gama como coadjuvantes na conservação de abacaxi minimamente processado.

Os tratamentos que envolveram o uso de $CaCl_2$ + glúten + 2,3 kGy, e $CaCl_2$ + 2,3 kGy foram os mais promissores na conservação de abacaxis minimamente processados, conforme constatado pelas avaliações microbiológicas, *ratio*, ácido ascórbico, e líquido drenado, peroxidase e polifenoloxidase, respectivamente.

Pelas análises sensoriais, o aroma e a textura foram os fatores limitantes em todos os tratamentos, com aceitabilidade até 6 e 8 dias, respectivamente. O controle foi o único tratamento que manteve todos os atributos em níveis aceitáveis até o último dia de armazenamento. O tratamento que envolveu glúten foi o que obteve as menores notas de sabor, abaixo do limite de aceitabilidade, desde o primeiro dia de armazenamento.

O processo de irradiação não obteve resultados satisfatórios quando combinado com os tratamentos de película e cálcio, como demonstrado pela avaliação sensorial.

REFERÊNCIAS

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. **Ethylene in plant biology**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1992. 414 p.

AGAR, I. T. et al. Postharvest CO_2 and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwi fruit slices. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 3, p. 433-440, 1999.

AGRIANUAL 2007. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2007. p. 149-158.

ALZAMORA, S. M.; TAPIA, M. S.; LOPEZ-MALO, A. (Ed.). **Minimally processed fruit and vegetables**: Fundamental aspects and application. Gaithersburg: Aspen Publication, 2000. 360 p.

ANDRESS, E.; DELAPLANE, K. **Food irradiation**. Disponível em: http://www.fcs.uga.edu/ext/pubs/html/FDNS-E-3.html. Acesso em: 13 jul. 2007.

ANTONIOLLI, L. R.; BENEDETTI, B. C.; CASTRO, P. R. de C. Avaliação de algumas características organolépticas de frutos de abacaxizeiros (Ananás comosus (L.) Meer) destinados ao processamento mínimo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., Viçosa, 2000. **Resumos**. Viçosa: UFV, 2000. p. 4.

ANTONIOLLI, L. R.; BENEDETTI, B. C.; SOUZA FILHO, M. S. M. Efeito do cloreto de cálcio na qualidade de abacaxi ‘ Pérola’ minimamente processado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1105-1110, 2003.

ANTONIOLLI, L. R. **Processamento mínimo de abacaxi ‘Pérola’**. 2004. 166 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ANTONIOLLI, L. R. et al. Metabolic activity of fresh-cut ‘Pérola’ pineapple as affected by cut shape and temperature. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 3, p. 413-417, 2006.

ARRUDA, M. C. de. **Processamento mínimo de laranja ‘Pêra’**. 2007. 92 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

ARVANITOYANNIS, I.; GORRIS, L. G. M. Edible and biodegradable polymeric materials for food packaging or coating. In: OLIVEIRA, F. A. R.; OLIVEIRA, J. C. (Ed.). **Processing foods**: Quality optimization and process assessment. Boca Raton: CRC Press, 1999. p. 357-371.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. v. 2.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC**. 17. ed. Arlington: AOAC International, 2000. v. 1.

ATTÍLIO, L. B. et al. Influência da quitosana na conservação de mangas minimamente processadas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4.; SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS CORTADOS, 1., 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP/ESALQ, 2006. p. 145-145.

AVENA-BUSTILLOS, R. J.; KROCHTA, J. M.; SALTVEIT, M. E. Water vapor resistance of red delicious apples and celery sticks coated with edible caseinate-acetylated monoglyceride films. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 62, n. 2, p. 351-354, 1997.

AYRANCI, E.; SIBEL, S. A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. **Food Chemistry**, Barking, v. 80, n. 3, p. 423-431, 2003.

BAKER, R. A. Firmness of canned grapefruit sections improved with calcium lactate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, n. 5, p. 1107-1110, 1993.

BALDWIN, E. A. New coating formulations for the conservation of tropical fruits. Disponível em: http://technofruits2001.cirad.fr/en/baldwin_en.htm. Acesso em: 16 jul. 2007.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BAKER, R. A. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 35, n. 6, p. 509-524, 1995.

BANDEKAR, J. R. et al. Use of irradiation to ensure hygienic quality of fresh, pre-cut fruits and vegetables and other minimally processed foods of plant origin. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Use of irradiation to ensure the hygienic quality of fresh, pre-cut fruits and vegetables and other minimally processed food of plant origin**. Vienna: IAEA, 2006. p. 170-187. (TECDOC, 1530).

BANKS, N. H. Some effects of TAL Pro-long coating on ripening bananas. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 35, v. 150, p. 127-137, 1984.

BEN-YESHOSHUA, S. Some effects of plastic skin coatings on banana fruit. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 43, n. 3, p. 219-232, 1966.

BETT, K. et al. Flavor of fresh-cut gala apples in barrier film packaging affected by storage time. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 24, n. 2, p. 141-156, 2001.

BEUCHAT, L. R. Pathogenic microorganisms associated with fresh produce. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 59, p. 204-216, 1996.

BEYERS, M.; THOMAS, A. C. Gamma irradiation of sub-tropical fruits: Changes in certain nutrient in mango, papaya, and litchi during canning, freezing and gamma irradiation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 27, n. 1, p. 48-51, 1979.

BIBLE, B. B.; SINGHA, S. Canopy position influences CIELAB coordinates of peach color. **HortScience**, St. Joseph, v. 28, n. 10, p. 992–993, 1993.

BLEINROTH, E. W. Matéria-prima. In: ITAL. **Abacaxi**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas, 1978. (Série Frutas Tropicais, 2).

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química de processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001. 143 p.

BONNAS, D. S. et al. Qualidade do abacaxi cv. smooth cayenne minimamente processado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 206-209, 2003.

BOTREL, N.; ABREU, C. M. P. Implantação de abacaxizal. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 130, p. 22-26, 1985.

BRACKETT, R. E. Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. cap. 1, p. 269-312.

BRANCOLI, N.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Quality changes during refrigerated storage of packaged apple slices treated with polysaccharide films. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; GOULD, G. W. (Ed.). **Innovations in food processing**. Pennsylvania: Technomic Publishing Co., 2000. p. 243-254.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 451, de 19 de setembro de 1997. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS. **Compêndio de legislação de alimentos**. São Paulo: ABIA, 1997. v. 1A.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Decreto-lei nº 986 - de 21 de outubro de 1969**. Disponível em: www.anvisa.gov.br/legis/consolidada/decreto-lei_986_69.pdf. Acesso em: 23 ago. 2007.

_____. **Decreto nº 72.718, de 29 de agosto de 1973**. Disponível em: http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=25. Acesso em: 23 ago. 2007.

_____. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001a**. Disponível em: http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=144. Acesso em: 18 ago. 2007.

_____. **Resolução - RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001b**. Disponível em: http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=161. Acesso em: 23 ago. 2007.

BUDU, A. S.; JOYCE, D. C. Effect of 1-methylcyclopropene on the quality of minimally processed pineapple fruit. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 43, n. 2, p. 177-184, 2003.

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

CARLIN, F. et al. Effects of controlled atmospheres on microbial spoilage, eletrolyte leakage and sugar content on fresh, read-to-use grated carrots. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 25, p. 110-119, 1990.

CARVALHO, V. D.; BOTREL, N. Característica da fruta para exportação. In: GORGATTI NETTO, A. et al. **Abacaxi para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 41 p. (FRUPEX. Publicações Técnicas, 23).

CHEAH, L. H.; PAGE, B. B. C.; SHEPHERD, R. Chitosan coating for inhibition of sclerotinia rot of carrots. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 25, p. 89-92, 1997.

CHEN, H. Functional properties and applications of edible films made of milk proteins. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 78, n. 11, p. 2563-2583, 1995.

CHEN, P. M.; VARGA, D. M.; SEAVERT, C. F. Developing a value-added fresh-cut 'D'Anjou' pear product. **Horttechnology**, Alexandria, v. 13, n. 2, p. 314-320, 2003.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Viçosa: UFV, 1998. 88 p.

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

CHUNG, H. D.; YOUN, S. J. The effect of $CaCl_2$ application on membrane protein profiles and cell wall structure of strawberry fruits. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, Suwon, v. 36, n. 4, p. 486-492, 1995.

COLLA, E.; SOBRAL, P. J. A.; MENEGALLI, F. C. Effect of composite edible coating from *Amaranthus Cruentus* flour and stearic acid on refrigerated strawberry (*Fragaria Ananassa*) quality. **Latin American Applied Research**, Bahia Blanca, v. 36, p. 249-254, 2006.

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

COUTO, F. A. A. Variedades e melhoramento do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 74, p. 12-15, 1981.

CUNHA, G. A. P. da.; CABRAL, J. R. S. Taxonomia, espécies, cultivares e morfologia. In: CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA L. F. S. (Org.) **O abacaxizeiro**: cultivo, agroindústria e economia. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 17-51.

CUQ, B.; GONTARD, N.; GUILBERT, S. Edible films and coatings as active layers. In: ROONEY, M.L. (Ed.). **Active food packaging**. London: Blackie Academic & Professional, 1995. p. 111-142.

CUTTER, C. N. Opportunities for bio-based packaging technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods. **Meat Science**, Barking, v. 74, n. 1, p. 131-142, 2006.

CUTTER, C. N.; SUMNER, S. S. Application of edible coatings on muscle foods. In: GENNADIOS, A. (Ed.). **Protein-based films and coatings**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 467-484.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J. A.; VOILLEY, G. Edible films and coatings: tomorrow´s packagings: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 38, p. 299-313, 1998.

DHOKANE, V. et al. Radiation processing to ensure safety of minimally processed carrot (*Daucus carota*) and cucumber (*Cucumis sativus*): optimization of dose for the elimination of *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes*. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 69, n. 2, p. 444-448, 2006.

DING, P.; AHMAD, S. H.; GHAZALI, H. M. Changes in selected quality characteristics of minimally processed carambola (*Averrhoa carambola* L.) when treated with ascorbic acid. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 87, p. 702-709, 2007.

DOWNES, F. P.; ITO, K. (Ed.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: APHA, 2001. 676 p.

DULL, C. G. The pineapple general. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruits and their products**. New York: Academic Press, 1971. v. 11, p. 303-324.

EDUARDO, M. P. **Utilização de diferentes fontes de cálcio para manutenção da textura de abacaxi submetido ao processamento mínimo**. 2004. 65 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ESWARANANDAM, S.; HETTIARACHCHY, N. S.; MEULLENET, J. Effect of malic and lactic acid incorporated soy protein coating on the sensory attributes of whole apple and fresh-cut cantaloupe. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 3, p. 307-313, 2006.

FAN, X. et al. Quality of fresh-cut apple slices as affected by low-dose ionizing radiation and calcium ascorbate treatment. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 70, n. 2, p. 143-148, 2005.

FARIDAH, M. S. et al. Effect of gamma radiation on the safety and quality of selected minimally processed fruits and vegetables. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Use of irradiation to ensure the hygienic quality of fresh, pre-cut fruits and vegetables and other minimally processed food of plant origin**. Vienna: IAEA, 2006. p. 188-204. (TECDOC, 1530).

FONTES, L. C. B. **Uso de solução conservadora e de películas comestíveis em maçãs da cultivar Royal gala minimamente processadas: efeito na fisiologia e na conservação**. 2005. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

FONTES, L. C. B.; SARMENTO, S. B. S.; SPOTO, M. H. F. Características sensoriais e microbiológicas de maçãs minimamente processadas recorbertas com películas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 91-98, 2007.

FRANCIS, G. A.; THOMAS, C.; O'BEIRNE, D. The microbiological safety of minimally processed vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 34, p. 1-22, 1999.

GAMA, G. M.; VIEITES, R. L.; EVANGELISTA, R. M. Processamento mínimo do mamão com utilização da película de fécula. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 13., 2001, Botucatu. **Anais…** Botucatu: UNESP, 2001. p. 354.

GENNADIOS, A. et al. Effect of pH on properties of wheat gluten and soy protein isolate films. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 41, p. 1835-1839, 1993.

GHAOUTH, A. E. et al. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 6, p. 1618-1620, 1991.

GIL, M. I.; CONESA, M. A.; ARTÉS, F. Quality changes in fresh-cut tomato as affected by modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, p. 199-207, 2002.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Water and glycerol as plasticizer affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, n. 1, p. 206-211, 1993.

GONTARD, N. et al. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 29, p. 39-50, 1994.

GONTARD, N. et al. Influence of relative humidity and film composition of oxigen and carbon dioxide permeabilities of edible films. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, Easton, v.44, p.1064-1069, 1996.

GONÇALVES, N. B. **Abacaxi**: pós colheita. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 45 p. (Frutas do Brasil, 5).

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. et al. Biochemical changes of fresh-cut pineapple slices treated with antibrowing agents. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 40, p. 377-383, 2005.

GORNY, J. R. et al. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 24, n. 3, p. 271-278, 2002.

GUILBERT, S.; GONTARD, N.; GORRIS, L. G. M. Prolongation of the shelf- life of perishable food products using biodegradable films and coatings. **Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 29, v. 1, p. 10-17, 1996.

GUNES, G.; WATKINS, C. B.; HOTCHKISS, J. H. Effects of irradiation on respiration and ethylene production of apple slices. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, p. 1169-1178, 2000.

GUNES, G.; WATKINS, C. B.; HOTCHKISS, J. H. Effects of gamma irradiation on the texture of minimally processed apple slices. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 66, p. 63-67, 2001.

GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS – GCIIA. **A irradiação de alimentos**: ficção e realidade. Ficha Descritiva 1-14. s.l., 1990.

HAJARE, S. N. et al. Radiation processing of minimally processed pineapple (*Ananas comosus* Merr.): Effect on nutritional and sensory quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 6, p. 501, 2006.

HOBSON, G. E.; TUCKER, W. G. Lightly-processed horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, p. 113-114, 1996.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION - IFPA. Disponível em: http://www.fresh-cuts.org. Acesso em: 8 mar. 2005.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Use of irradiation to ensure the hygienic quality of fresh, pre-cut fruits and vegetables and other minimally processed food of plant origin.** Vienna: IAEA, 2006. 321 p. (TECDOC, 1530).

IZUMI, H. et al. Controlled atmosphere storage of carrot slices, sticks and shreds. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, p. 165-172, 1996.

JACOMINO, A. P. et al. Processamento mínimo de frutas no Brasil. In: SIMPOSIUM "ESTADO ACTUAL DEL MERCADO DE FRUTOS Y VEGETALES CORTADOS EN IBEROAMÉRICA", 2004, San José, Costa Rica.

JIANG, Y.; LI, Y. Effects of chitosan on postharvest life and quality of longan fruit. **Food Chemistry**, Barking, v. 73, p. 139-143, 2001.

JONES, R. W. et al. Molecular weights of wheat gluten fractions. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 94, n. 3, p. 483-488, 1961.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. Davis: University of California, 1992. 296 p.

KAPLAN H. J. Washing, waxing and color-adding. In: WARDOWSKI, W. F.; NAGY, S.; GRIERSON, W. (Ed.). **Fresh citrus fruit**. Westport: AVI, 1986. p. 379-395.

KASARDA, D. D.; NIMMO, C. C.; KOHLER, G. O. Principal chemical components of wheat and flour. In: POMERANZ, Y. **Wheat chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1971. p. 227.

KESTER, R.; FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: A review. **Food Technology**, Champaign, v. 40, p. 47-59, 1986.

KING, A. H. Brown seed extracts (Alginates). **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 2, p. 115-188, 1983.

KLEIN, B. P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 10, n. 3, p. 179-193, 1987.

KROCHTA, J. M.; MULDER-JOHNSTON, C. de. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. **Food Technology**, Champaign, v. 51, n. 2, p. 61-74, 1997.

LADANIYA, M. S.; SINGH, S.; WADHAWAN, A. K. Response of 'Nagpur' mandarin, 'Mosambi' sweet orange and 'Kagzi' acid lime to gamma radiation. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 67, p. 665–675, 2003.

LAFORTUNE, R.; CAILLET, S.; LACROIX, M. Combined effects of coating, modified atmosphere packaging, and gamma irradiation on quality maintenance of ready-to-use carrots (Daucus carota). **Journal of Food Protection**, Ames, v. 68, n. 2, p. 353-359, 2005.

LAMIKANRA, O.; WATSON, M. A. Biochemical changes associated with fresh-cut fruit processing and storage. **ACS Symposium Series**, New York, v. 836, p.52-68, 2003.

LANDGRAF, M. et al. Use of irradiation to improve the microbiological safety of minimally processed fruits and vegetables. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Use of irradiation to ensure the hygienic quality of fresh, pre-cut fruits and vegetables and other minimally processed food of plant origin**. Vienna: IAEA, 2006. p.41-59. (TECDOC, 1530).

LATIFAH, M. N. et al. Shelf life of minimally processed pineapple. **Journal of Tropical Agriculture and Food Science**, Kuala Lumpur, v. 28, n. 1, p. 79-85, 2000.

LEAL, F. Recursos fitogenéticos con fins de preservación y mejoramiento genético em pinã Ananas comosus. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE GENÉTICA, 6., 1983, Maracaibo, Venezuela. **Anais…** Maracaibo, 1983.

LEITE, D. T. S. **Avaliação dos efeitos da radiação gama na qualidade do abacaxi (Ananas comosus (L.) Meer) cv. Smooth Cayenne minimamente processado, armazenado em diferentes temperaturas e embalagens**. 2006. 91 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

LI, H.; YU, T. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 81, p. 269-274, 2000.

LI, P.; BARTH, M. M. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, p. 51-60, 1998.

LIMA, L. C. **Qualidade do melão 'Orange Flesh' minimamente processado e submetido a diferentes métodos de conservação**. 2005. 117 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

LUNA-GUZMÁN, I.; BARRET, D. M. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 19, p. 61-72, 2000.

MAIN, G. L.; MORRIS, J. R.; WEHUNT, E. J. Effect of preprocessing treatments on the firmness and quality characteristics of whole and sliced strawberries after freezing and thermal processing. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 51, n. 2, p. 391-394, 1986.

MANICA, I. **Fruticultura tropical - 5:** abacaxi. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1999. 501 p.

MANOEL, L.; VIEITES, R. L. Radiação gama na conservação de mamões minimamente processados, armazenados sob refrigeração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., Porto Alegre, 2002. **Anais…** Porto Alegre: SBCTA, 2002. p. 1987-1990.

MANVELL, P. M.; ACKLAND, M. R. Rapid detection of microbial growth in vegetable salads at chill and abuse temperatures. **Food Microbiology**, London, v. 3, p. 59-65, 1986.

MARCHETTI, R.; CASADEI, M. A.; GUERZONI, M. E. Microbial population dynamics in ready-to-use vegetable salads. **Italian Journal of Food Science**, Roma, v. 4, p. 97-108, 1992.

MARRERO, A.; KADER, A. A. Optimal temperature and modified atmosphere for keeping quality of fresh-cut pineapples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 163-168, 2006.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JUNIOR, O. D. Processamento mínimo em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. Avaliação química, sensorial e microbiológica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 409-413, 2003.

MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isosymes in sweet potato root tissue by cuting or with black rot. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v. 13, p. 1091-1101, 1972.

MEDLICOTT, A. P.; JEGER, M. J. The development and application of postharvest handling treatment to manipulate ripening in mangoes. In: PINSLEY, R. T.; TUKER, R. T. **Mangoes**: a review. London: Commonwealth Science Council, 1987. p. 56-77.

MIRANDA, R. B. **Avaliação da qualidade de mamões 'Papaya' minimamentes processados**. 2001. 73 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras< Lavras, 2001.

MOY, J. H.; WONG, L. Recent market test of irradiated fruits in the United States. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TROPICAL FRUITS, 1996, Kuala Lumpur. **Proceedings…** Kuala Lumpur, 1996. p. 317–320.

NEGUYEN-THE, C. et al. The microbiology of mixed salad containing raw and cooked ingredients without dressing. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 31, p. 481-487, 1996.

NÍSPEROS-CARRIEDO, M. O Edible coatings and films based on polysaccharides. In: KROCHTA, J. M.; BALDWIN, E. A.; NÍSPEROS-CARRIEDO, M. O. (Ed.). **Edible coatings and films to improve food quality**. Lancaster: Technomic Publishing, 1994. p. 305-355.

NUSSINOVITCH, A.; HERSHKO, V.; RABINOVITCH, H. D. Edible film. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 8, n. 2, p. 62-62, 1997.

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

O'CONNOR-SHAW, R. E. et al. Shelf-life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 59, n. 6, p. 1202-1215, 1994.

OKAMOTO, S. Factors affecting protein film formation. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 23, p. 256-262, 1978.

OLIVAS, G. I.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Edible coatings for fresh-cut fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 45, n. 7, p. 657-670, 2005.

OLIVEIRA, L. C. Present situation of food irradiation in South America and regulatory perspectives for Brazil. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 57, p. 249-252, 2000.

ONSOYEN, S. Alginates. In: IMENSON, A. **Thickening and gelling agents for food**. 2. ed. London: Blackie Academic & Professional, 1997. p. 22-44.

OUATTARA, B.; SABATO, S. F.; LACROIX, M. Use of gamma-irradiation technology in combination with edible coating to produce shelf-stable foods. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 63, p. 305-310, 2002.

PARK, H. J. Development of advanced edible coatings for fruits. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 10, p. 254-260, 1999.

PEREIRA, M. E. C. et al. Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1116-1119, 2006.

PEREZ-GAGO, M. B.; SERRA, M.; DELRÍO, M. A. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coating. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 1, p. 84-92, 2006.

PIAGENTINI, A. M.; GÜEMES, D. R. Shelf life of fresh-cut spinach as affected by chemical treatment and type of packaging film. Brazilian **Journal of Chemical Engineering**, Santa Fé, v. 19, n. 4, p. 383-389, 2002.

PIMENTEL. R. M. de A. **Qualidade pós-colheita da goiaba vermelha (*Psidium guajava* L.) submetida ao tratamento quarentenário por irradiação gama**. 2007. 112 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

PINTO, S. A. A. **Processamento mínimo de melão tipo orange flesh e de melancia 'Crimson Sweet'**. 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PLOTTO, A. et al. Effect of polysaccharide coatings on quality of fresh cut mangoes (*Mangifera indica*). **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v. 117, p. 382-388, 2004.

POSTE, L. M. et al. **Laboratory methods for sensory analysis of food**. Ottawa: Research Branch Agriculture Canada Publication, 1991. 90 p.

PRADO, M. E. T. et al. Abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2000. p. 6.

PRADO, M. E. T. et al. Armazenamento de abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado sob refrigeração e atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 1-11, 2003.

PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N. P. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1, 533 p.

REYES, V. G. Improved preservation system for minimally processed vegetables. **Food Australia**, Alexandria, v. 48, p. 87-90, 1996.

RHIM, J. Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. **Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 37, p. 323-330, 2004.

RISSE, L. A.; MILLER, W. R. Film wrapping and decay of eggplant. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v. 96, p. 350-352, 1983.

ROSEN, J. C., KADER, A. A. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 3, p. 656-659, 1989.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; GRASA-GUILLEM, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Quality changes in fresh-cut Fuji apple as affected by ripeness stage, antibrowing agents, and storage atmosphere. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 72, n. 1, p. 36-43, 2007.

SAPER, G.; MILLER, R. Browning inhibition in fresh-cut pears. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 63, p. 342-346, 1998.

SALUNKE, D. K.; BOLIN, H. R.; REDDY, N. R. **Storage processing and nutritional quality of fruits and vegetables**: fresh fruits and vegetables. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 1991. v. 1.

SANTOS, J. C. B. et al. Avaliação da qualidade do abacaxi 'Pérola' minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 353-361, 2005.

SARZI, B. et al. Avaliação do abacaxi 'Pérola' submetido a dois tipos de corte e três temperaturas de armazenamento. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2000. p. 2.

SARZI, B. **Conservação de abacaxi e mamão minimamente processados: associação entre o preparo, a embalagem e a temperatura de armazenamento**. 2002. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JUNIOR, O. D. Temperatura e tipo de preparo na conservação de produto minimamente processado de abacaxi 'Pérola'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 376-380, 2002.

SAS INSTITUTE. **SAS/IML Software**: usange and reference, version 6. Cary, 1989. 501 p.

SGARBIERI, V. C. Composição do abacaxi. **Boletim do Centro Tropical de Pesquisas eTecnologia de Alimentos**, Campinas, n. 7, p. 39-50, 1966.

SILVA, M. A. **Fisiologia pós-colheita de abacaxi cvs. Pérola e Smooth Cayenne**. 1980. 203 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1980.

SILVA, G. C. et al. Efeito de diferentes concentrações de cloreto de cálcio na qualidade do abacaxi 'Pérola' minimamente processado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 216-219, 2003.

SILVA, J. M. **Efeitos da radiação gama (^{60}Co) na conservação pós-colheita do abacaxi cv. Smooth Cayene**. 2005. 130 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SIQUEIRA, A. A. Z. C. **Utilização da radiação gama em melões cantaloupe (*Cucumis melo* L. Cantaloupensis) como técnica de conservação pós-colheita**. 2007. 108 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SIRO, I. et al. The microbial safety of strawberry and raspberry fruits packaged in high-oxygen and equilibrium-modified atmospheres compared to air storage. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 41, p. 93-103, 2006.

SONTI, S. **Consumer perception and application of edible coatings on fresh-cut fruits and vegetables**. 2003. 133 f. Thesis (Master of Science). Faculty of the Louisiana State University, Osmania University College of Technology, Osmania, 2003.

SOLIVA-FORTUNY, R. M. et al. Browning, polyphenol oxidase activity and headspace gas composition during storage of minimally processed pears using modified atmosphere packaging. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 82, p. 1490-1496, 2002.

SONG, H. P. et al. Effect of gamma irradiation on the microbiological, nutritional, and sensory properties of fresh vegetable juice. **Food Control**, Guildford, v. 18, p. 5-10, 2007.

SOUTO, R. F. et al. Conservação pós-colheita de abacaxi 'Pérola' colhido no estádio de maturação "pintado" associando-se refrigeração e atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 24-28, 2004.

SOUZA, B. S. de et al. Mangas minimamente processadas amadurecidas naturalmente ou com etileno e armazenadas em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 271-275, 2006.

SPOTO, M. H. F. **Análise crítica de obra acadêmica: qualidade sensorial de frutas – laranja pêra (*Citrus sinensis*) da matéria-prima ao suco**. 2007. 187 f. Tese (Livre-Docente) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

STEINER, A. et al. Metabolic response to combined mild heat pre-treatments and modified atmosphere packaging on fresh-cut peach. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 222, p. 217-222, 2006.

TANADA-PALMU, P.; FAKBOURI, F. M.; GROSSO, C. R. F. Filmes biodegradáveis. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 5, n. 26, p. 12-17, 2002.

TANADA-PALMU, P.; GROSSO, C. R. F. Edible wheat films: development, mechanical and barrier properties and application to strawberries (*Fragaria ananassa*). **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 291-308, 2002.

TAPE, N. W. **Protegendo nossas colheitas**. Vienna: ICGFI, 1996.

TAPIA, M. S. et al. Formulation of alginate and gellan based edible coatings with antioxidants for fresh-cut apple and papaya. In: IFT TECHNICAL PROGRAM ANNUAL MEETING, 2005, New Orleans. **Abstracts…** Chicago: IFT, 2005. Paper 36E-43.

TEIXEIRA, G. H. de A. et al. Processamento mínimo de mamão 'Formosa'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 47-50, 2001.

THOMAS, P. Radiation preservation of foods of plant origin. III. Tropical fruits: bananas, mangoes, and papayas. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 23, p. 147–205, 1986.

TIEN, C. L. et al. Milk protein coatings prevent oxidative browning of apples and potatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 66, n. 4, p. 512, 2001.

VARELA, P.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S. M. The use of calcium chloride in minimally processed apples: A sensory approach. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 224, n. 4, p. 461-467, 2006.

VERRUMA-BERNARDI, M. R.; SPOTO, M. H. F. Efeito da radiação gama sobre o perfil sensorial de suco de laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 28-32, 2003.

VICENTINI, N. M.; CASTRO, T. M. R.; CEREDA, M. P. Influência de películas de fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 127-130, 1999.

VILAS BOAS, E. V. de B.; LIMA, L. C. de O. Armazenamento de abacaxi 'Pérola'. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 3., 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 1999. p. 45.

VITTI, M. C. D. **Aspectos fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos em beterrabas minimamente processadas**. 2003. 116 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

WANG, Z. et al. Influence of gamma irradiation on enzyme, microorganism, and flavor of cantaloupe (*Cucumis melo* L.) juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 6, p. 215-220, 2006.

WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMAUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Champaign, v. 44, n. 5, p. 116-122, 1990.

WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits & vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. 368 p.

WONG, W. S. et al. Gas exchange in cut apples with bilayer coatings. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 42, p. 2278–2285, 1994.

ZAGORY, D. Controlled and modified atmospheres. I - General aspects of film technology and selection. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1998. Section 7a, p. 1-3.

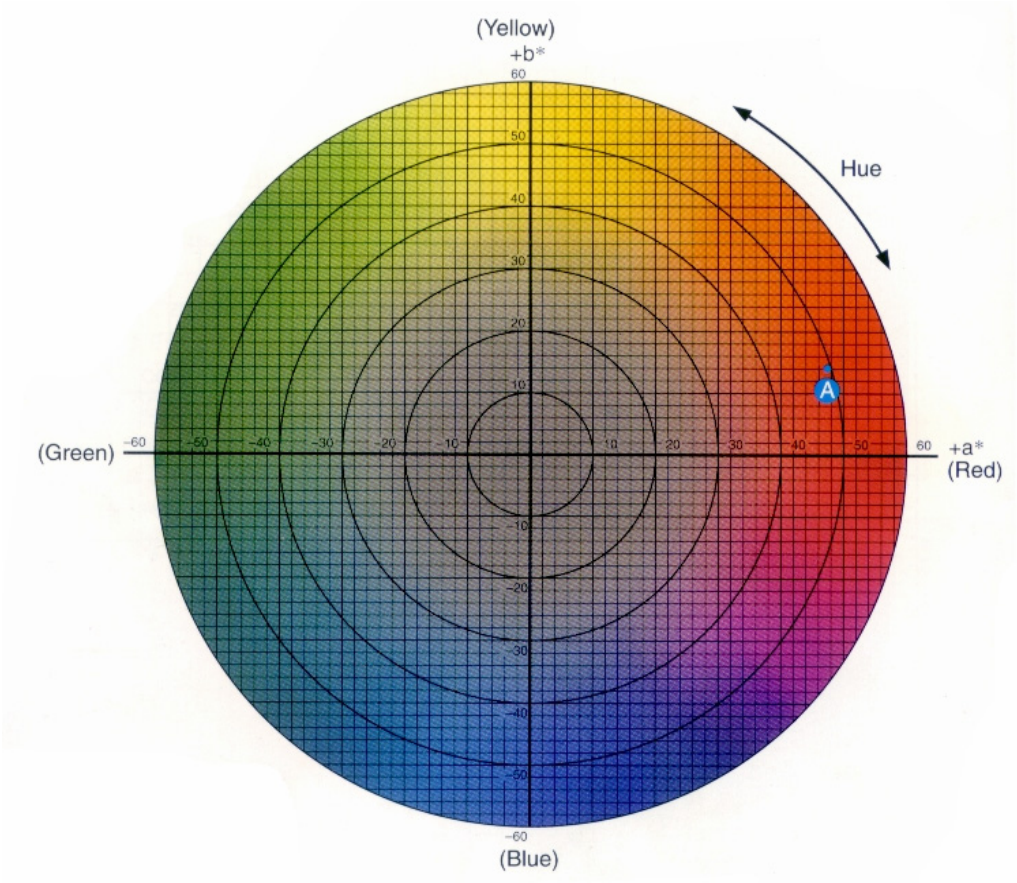
ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 313-321, 1999.

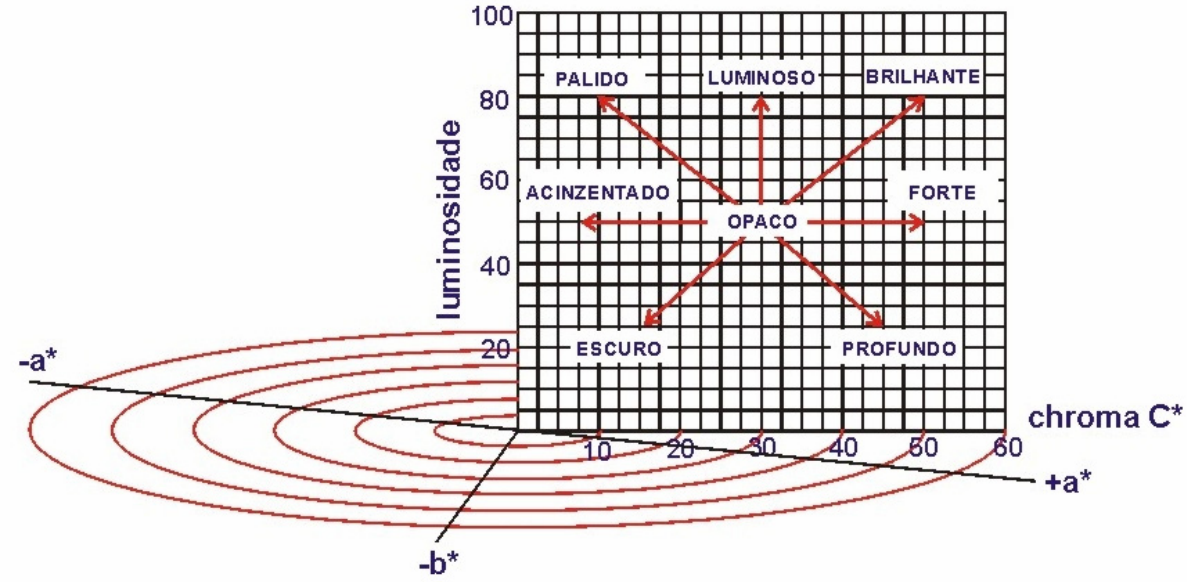
ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, Champaign, v. 42, n. 9, p. 70-77, 1988.

ZANGH, S.; FARBER, J. M. The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. **Food Microbiology**, London, v. 13, p. 311-321, 1996.

ANEXOS

ANEXO A - Eixos dos valores de croma a* e b* e Luminosidade L.





ANEXO B – Modelo da ficha do Teste de Aceitabilidade em escala hedônica de 9 pontos.

Nome: _____ Data:_____

Muito obrigado por participar de nossa pesquisa com ABACAXI minimamente processado. Você receberá QUATRO amostras para avaliar. Por favor, leia este questionário antes de iniciar o teste, depois prove o produto e responda as questões que se seguem:

1. Indique o quanto você gostou do aroma do produto:

gostei extremamente				
gostei muito				
gostei moderadamente				
gostei ligeiramente				
não gostei nem desgostei				
desgostei ligeiramente				
desgostei moderadamente				
desgostei muito				
desgostei extremamente				

2. Indique o quanto você gostou do sabor do produto:

gostei extremamente				
gostei muito				
gostei moderadamente				
gostei ligeiramente				
não gostei nem desgostei				
desgostei ligeiramente				
desgostei moderadamente				
desgostei muito				
desgostei extremamente				

3. Indique o quanto você gostou da cor do produto:
   ...
4. Indique o quanto você gostou de maneira geral do produto:
   ...
5. Comentários: por favor, indique o que em particular você mais gostou ou menos gostou neste produto (use palavras ou frases):

   Mais gostei: _____ Menos gostei:_____

6. Qual a sua faixa de idade?
( ) 18 a 25 anos
( ) 25 a 35 anos
( ) acima de 35 anos

7. Você costuma consumir esse tipo de produto?
( ) Sim, diariamente
( ) Sim, de vez em quando (com que freqüência? _____
( ) Sim, raramente
( ) Nunca