

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**AVALIAÇÃO DA QUITOSANA E DA FÉCULA DE MANDIOCA,  
APLICADA EM PÓS-COLHEITA NO RECOBRIMENTO DE MAÇÃS**

Leticia Marisol Flores Castañeda  
Engenheira Agrônoma, MSc. (UFPEL)

Tese apresentada como um dos requisitos  
À obtenção do Grau de Doutor em Fitotecnia  
Ênfase em Horticultura

Porto Alegre (RS), Brasil  
Junho de 2013

#### CIP - Catalogação na Publicação

Flores Castañeda, Leticia Marisol  
Avaliação da quitosana e da fécula de mandioca  
aplicada em pós-colheita no recobrimento de maçãs /  
Leticia Marisol Flores Castañeda. -- 2013.  
130 f.

Orientador: Renar João Bender.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2013.

1. Pós - colheita. 2. Frutas. 3. Conservação. 4.  
Revestimento. 5. Quitosana. I. Bender, Renar João ,  
orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).



*Dedico*

*À minha filha Maria Luisa e meu marido Rafael*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus que iluminou meu caminho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Renar João Bender, pelos ensinamentos, pela confiança, amizade presentes em todos os momentos.

A minha família, pelo amor, incentivo e carinho que dedicaram e dedicam, principalmente meu pai Rufino Fernando Cantillano, pela sua ajuda e conselhos.

Ao meu marido e amigo Rafael Dionello pelo carinho, incentivo, apoio e principalmente pela paciência. Estando ao meu lado em todos os momentos bons e ruins, de certezas e dúvidas. A sua família pelo apoio e carinho.

A minha filha Maria Luisa por ser uma menina tão calma e tranqüila, assim auxiliando sua mãe na finalização deste trabalho.

Aos bolsistas Tais Altmann, Leonardo Guasso, Stefan Bender e Fernando pelo companheirismo, empenho, comprometimento e seriedade no desenvolvimento do trabalho.

Aos colegas de laboratório de pós-colheita Fernanda, Sandra, Moises, Rafael e Marília agradeço a amizade, o companheirismo, os cafés, os momentos “bucólicos” de descontração e comilança.

A minha colega, amiga e cunhada Medelin Santos pelo apoio.

A CNPq e TECNANO pela concessão das bolsas.

**MUITO OBRIGADA!!!!**

# AVALIAÇÃO DA QUITOSANA E DA FÉCULA DE MANDIOCA, APLICADA EM PÓS-COLHEITA NO RECOBRIMENTO DE MAÇÃS<sup>1</sup>

Autora: Leticia Marisol Flores Castañeda

Orientador: Renar João Bender

## RESUMO

A produção de maçãs no Brasil nas últimas décadas apresentou grandes aumentos. O país passou a abastecer todo o mercado interno e aproveitou oportunidades para exportar parte de sua produção. Procurando uma alternativa para minimização os problemas de perdas na pós – colheita, tem-se intensificado os estudos nos revestimentos biodegradáveis, utilizados para revestir os alimentos. As coberturas comestíveis à base de quitosana e fécula de mandioca tem sido uma alternativa ao controle das alterações na pós - colheita, responsáveis pela perda de qualidade dos frutos. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do uso de revestimento comestível à base de quitosana, nas concentrações de 1 % e 2 % na conservação de maçãs cv. Fuji em diferentes temperaturas (0 °C e 20 °C) e períodos (5, 10 e 15 dias), e revestimento à base de quitosana e fécula de mandioca nas concentrações de 1 % e 2% respectivamente, na conservação de cv. Gala em diferentes períodos (5, 10, 15 e 20 dias) e juntamente avaliar a disposição do recobrimento sobre estas cultivares através de eletromicrografias de varredura (MEV). O uso da solução de quitosana, indiferente da concentração, em maçãs cv. Fuji armazenadas a 0 °C manteve a qualidade das maçãs. As concentrações 1 e 2 % foram efetivas na redução da perda de massa fresca e da incidência de podridões. As maçãs recobertas com solução na concentração de 2 % apresentaram melhor aparência provendo mais brilho no fruto e mantendo o teor de ácido ascórbico, a acidez titulável, a cor vermelha e o teor de sólidos solúveis. A aplicação de solução de quitosana e fécula de mandioca formou uma camada protetora homogênea nas maçãs, o que foi constatada através de eletromicrografias de varredura. Observou-se que as maçãs revestidas com solução de quitosana na concentração de 1 % e fécula de mandioca na concentração de 2 % proporcionaram as amostras uma superfície mais clara. Os sólidos solúveis, a acidez total titulável sofreu uma diminuição gradual com o passar do período de armazenamento, em todos os tratamentos. A perda de massa fresca foi menor nos tratamentos de recobrimento a base de quitosana na concentração de 2 %, e nos frutos recobertos com fécula de mandioca nas concentrações de 1 % e 2 %, também foi observado pequena incidência de podridões.

---

<sup>1</sup>Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (130 p.) Junho, 2013

# EVALUATION OF CHITOSAN AND CASSAVA STARCH, APPLIED IN POSTHARVEST APPLES WHEN COATING<sup>1</sup>

Author: Leticia Marisol Flores Castañeda

Adviser: Renar João Bender

## ABSTRACT

The apple production in Brazil in recent decades showed large increases. The country started to supply the entire domestic market and seized opportunities to export part of its production. Looking for an alternative to the problems of minimizing losses along the post-harvest chain has intensified studies on biodegradable coatings used to coat foods. The edible chitosan-based and cassava starch are coverages alternatives to the control of post-harvest changes, responsible for fruit quality losses. This study to evaluate the effect of intended the use of an edible coating based on chitosan at concentrations of 1 % on 2 % on the conservation of apples cv. Fuji at different temperatures (0 ° C on 20 ° C) and for different storage times (5, 10 on 15 days ). Chitosan -based and cassava starch coating at concentrations of 1% on 2 %, respectively, were tested on cv. Gala apples at different times ( 5 , 10 , 15 on 20 days ) coverage on these cultivars through electron micrographs (SEM ) was as well determined. The use of chitosan solutions, regardless of the concentration on cv. Fuji apples stored at 0 ° C maintained quality of the apples. The 1 and 2 % concentrations were effective in reducing fresh weight losses and decay incidence. Apples covered with solution at a concentration of 2 % had improved appearance more brightness the fruit and maintained the ascorbic acid content, titratable acidity, the red color and soluble solids contents. The application of chitosan solution and cassava starch formed a homogeneous protective layer on apples, which apples coated with chitosan solution at the concentration of 1% and cassava starch at a concentration of 2% presented clear surface. The soluble solids to titratable acidity underwent a gradual decrease over the storage period in all treatments. The loss of weight was lower with the coating based on chitosan at 2% concentration treatments, and coated with cassava starch at concentrations of 1 % and 2 % fruits, too little rot incidence was observed.

---

<sup>1</sup> Doctoral thesis in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (130 p.) June, 2013.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	6
2.1 Cultura da maçã.....	6
2.2 Aspectos econômicos.....	7
2.3 Cultivar Fuji.....	8
2.4 Cultivar Gala.....	9
2.5 Atributos de qualidade dos frutos.....	10
2.6 Conservação pós - colheita.....	11
2.7 Métodos de conservação.....	15
2.8 Películas comestíveis.....	20
2.9 Quitosana.....	31
2.10 Fécula de mandioca.....	37
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3.1 Preparo da quitosana.....	40
3.2 Preparo das soluções de coberturas.....	42
3.2.1 Solução filmogênica de quitosana (1 % m/v).....	42
3.2.2 Solução filmogênica de quitosana (2 % m/v).....	42
3.2.3 Solução filmogênica de fécula de mandioca (1 % m/v).....	44
3.2.4 Solução filmogênica de fécula de mandioca (2 % m/v).....	44
3.3 Ensaio A.....	44
3.3.1 Processamento das amostras.....	45
3.3.2 Análises realizadas.....	47
3.3.2.1 Cor da superfície das frutas.....	47
3.3.2.2 Firmeza de polpa.....	48
3.3.2.3 Sólidos solúveis (SS).....	49
3.3.2.4 Acidez titulavel (AT).....	49
3.3.2.5 Perda de massa fresca.....	49
3.3.2.6 Avaliação da incidência de podridões.....	50
3.3.2.7 Acido L-ascórbico.....	50
3.3.2.8 Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	51
3.3.2.9 Análise estatística.....	53
3.4 Ensaio B.....	53
3.4.1 Processamento das amostras.....	54
3.4.2 Análises realizadas.....	55
3.4.2.1 Cor da superfície das frutas.....	55
3.4.2.2 Firmeza da polpa.....	56

	Página
3.4.2.3 Sólidos Solúveis.....	56
3.4.2.4 Acidez titulavel.....	57
3.4.2.5 Relação SS/AT.....	57
3.4.2.6 pH.....	57
3.4.2.7 Perda de massa.....	57
3.4.2.8 Avaliação da incidência de podridões.....	58
3.4.2.9 Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	58
3.4.3. Análise estatística.....	58
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
4.1 Resultados ensaio A.....	59
4.1.1 Cor da superfície dos frutos.....	59
4.1.1.1 L*.....	59
4.1.1.2.a*.....	61
4.1.1.3 b*.....	63
4.1.1.4 Matiz ( <i>Hue</i> ).....	64
4.1.2 Firmeza de polpa.....	66
4.1.3 Sólidos solúveis (SS).....	68
4.1.4 Acidez titulavel (AT).....	69
4.1.5 Perda de massa fresca.....	72
4.1.6 Incidência de podridões.....	75
4.1.7 Acido L – ascórbico.....	77
4.1.8 Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	79
4.2 Resultado ensaio B.....	83
4.2.1 Cor da superfície dos frutos.....	83
4.2.1.1 L*.....	83
4.2.1.2.a*.....	87
4.2.1.3 b*.....	89
4.2.1.4 Matiz ( <i>Hue</i> ).....	90
4.2.2 Firmeza da polpa.....	91
4.2.3 Sólidos Solúveis (SS).....	93
4.2.4 Acidez titulavel (AT).....	96
4.2.5 Relação SS/AT.....	99
4.2.6 pH.....	101
4.2.7 Perda de massa.....	102
4.2.8 Incidência de podridões.....	105
4.2.9 Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	107
5. CONCLUSÃO.....	110
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112

## RELAÇÃO DE TABELAS

Página

1.	Resultados de análises físico-químicos de maçãs da cv. Fuji standard na instalação do experimento de cobertura com filme de quitosana. Laboratório de Pós - Colheita. UFRGS. Porto Alegre, 2012.....	45
2.	Programa do gradiente de eluição de amostras de maçã cv. Fuji standard utilizado na separação do ácido L - ascórbico. Laboratório de Cromatografia de Alimentos (DCTA/UFPEL). Pelotas - (2013). (2013).....	51
3.	Valores de L* obtido em aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR 400 de maçãs cv. Fuji standard armazenadas ou a 0 °C ou a 20 °C revestidas e não revestidas com solução filmogênica à base de quitosana 1 e 2%. Porto Alegre, 2012.....	60
4.	Valor de a* obtido em aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR 400 em maçãs cv. Fuji standard armazenadas ou a 0 °C ou a 20 °C revestidas à base de quitosana 1 e 2%. Porto Alegre, 2012.....	63
5.	Valor de b*, obtidos por aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR400 em maçãs cv. Fuji armazenadas 0 °C ou 20 °C, revestidas e não revestidas com solução filmogênica base de quitosana 1 e 2%. Porto Alegre, 2012.....	64
6.	Valor do matiz (hue*), em maçãs cv. Fuji standard revestidas e não revestidas com solução filmogênica à base de quitosana 1 e 2%, armazenadas sob diferentes temperaturas (0 e 20 °C). Porto Alegre, 2012.....	65
8.	Sólidos solúveis totais de maçãs cv. Fuji standard revestidas com solução filmogênica à base de quitosana a 1 e 2% armazenadas por 5, 10 e 15 dias. Porto Alegre, 2012.....	69
9.	Acidez total titulável (% de ácido málico) de maçãs cv. Fuji standard armazenadas por 5, 10 e 15 dias a 0 e 20 °C. Porto Alegre, 2012.....	70

10. Acidez total titulável (% de ácido málico) de maçãs cv. Fuji standard revestidas e não revestidas com solução filmogênica à base de quitosana 1 ou 2% e armazenadas por 5, 10 ou 15 dias à 0 ° C. Porto Alegre, 2012.....	71
11. Acidez total titulável (% de ácido málico) de maçãs cv. Fuji standard, revestidas e não revestidas com solução filmogênica à base de quitosana 1 ou 2% armazenadas 0 ou 20 °C. Porto Alegre, 2012.....	72
12. Perda de massa (%) de maçãs cv. Fuji, revestidas e não revestidas com solução filmogênica à base de quitosana 1 ou 2% armazenadas sob diferentes temperaturas (0 ou 20 °C). Porto Alegre, 2012.....	74
13. Percentuais de ocorrência de podridões em maçãs cv. Fuji standard, revestidas e não revestidas com solução filmogênica à base de quitosana 1 ou 2% armazenadas sob diferentes temperaturas (0 ou 20 °C). Porto Alegre, 2012.....	76
14. Percentual de incidência de podridões (%) em maçãs cv. Fuji, standard armazenadas por 5, 10 ou 15 dias a 0 ° ou 20 °C. Porto Alegre, 2012.....	77
15. Vitamina C (mg/100 gr massa fresca) de maçãs cv. Fuji standard, revestidas com solução filmogênica de quitosana nas concentrações de 1% e 2% armazenadas por 5, 10 e 15 dias. Porto Alegre, 2013.....	78
16. Valor médio de L* obtido em aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR 400 em maçãs cv. Royal Gala armazenadas a 0 °C por diferentes períodos (5,10,15 e 20 dias) e revestidas com solução filmogênica à base de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre. 2013.....	84
17. Valor de a* obtido em aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR 400 em frutas de maçã cv. Royal Gala, revestidas com quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.....	87
18. Valor de a* obtido em aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR 400 em maçãs cv. Royal Gala, armazenadas a 0 °C por diferentes períodos e revestidas com quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.....	88
19. Valor de b* obtido em aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR 400 em maçãs cv. Royal Gala, revestidas com quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.....	89

20. Firmeza de polpa (N) em maçãs cv. Royal Gala armazenadas a 0 °C por diferentes períodos (5,10,15 e 20 dias), revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre. 2013.....	91
21. Sólidos solúveis totais (°Brix) em maçãs cv. Royal Gala, armazenadas a 0 °C por diferentes períodos (5,10,15 e 20 dias) revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.....	95
22. Acidez total titulável (% de ácido málico) em maçãs cv. Royal Gala, armazenadas a 0° C por diferentes períodos (5,10,15 e 20 dias) e revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2012.....	98
23. Relação sólidos solúveis e acidez titulavel em maçã cv. Royal Gala, armazenadas a 0 °C por diferentes períodos (5,10,15 e 20 dias), revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.....	100
24. pH em maçã cv. Royal Gala, armazenadas a 0° C por diferentes períodos (5,10, 15 e 20 dias), revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.....	101
25. Perda de massa (%) em maçã cv. Royal Gala, armazenadas a 0 °C por diferentes períodos (5,10,15 e 20 dias), revestidos com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.....	103
26. Perda de massa (%) em maçãs cv. Royal Gala, revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.....	104
27. Percentuais de Incidência de podridões em maçãs cv. Royal Gala, revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.....	106

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Representação da estrutura molecular da quitosana.....	32
2. Visualização da forma e aparência da quitina bruta é obtida do fornecedor Sigma – Aldrich Brasil LTDA. Laboratório de Pós - colheita. UFRGS. Porto Alegre - RS, 2012.....	41
3. Processo desacetilação da quitina (A) e uma aproximação da vista de balão condicionado em manta aquecedora (B). Laboratório de Pós - colheita. UFRGS. Porto Alegre – RS, 2012.....	41
4. Quitosana obtida bruta (A) fibras alongadas após purificação(B). Laboratório de Pós - colheita. UFRGS. Porto Alegre-RS, 2012.....	42
5. Pesagem de quitosana em balança analítica (A) e preparação das soluções filmogênicas (B). Laboratório de Pós-colheita. UFRGS. Porto Alegre - RS, 2012.....	43
6. Controle de pH com papel indicador (A) das amostras das soluções filmogênicas (B). Laboratório de Pós-colheita. UFRGS. Porto Alegre - RS, 2012.....	43
7. Visualização do tratamento de imersão das maçãs cv. Fuji na solução filmogênica de quitosana. Laboratório de Pós - colheita. UFRGS. Porto Alegre - RS, 2012.....	46
8. Maçãs cv. Fuji, revestidos com solução filmogênica base de quitosana. Frutos durante a secagem. Laboratório de Pós-colheita. UFRGS. Porto Alegre, 2012.....	47
9. Espaço de cor expresso pelo ângulo Hue.....	48
11. Suportes de alumínio ( <i>stub</i> ) com fragmentos de 1mm <sup>2</sup> de epicarpo de maçãs cv. Fuji para metalização (recobrimento por camada de 15nm de ouro). Laboratório de Pós - colheita UFRGS. Porto Alegre, 2012.....	53

	Página
12. Visualização do tratamento de imersão das maçãs (A e B) cv. Gala na solução filmogênica de fécula de mandioca. Maçãs no processo de secagem (C). Laboratório de Pós-colheita. UFRGS. Porto Alegre, 2013.....	55
13. Maçãs tratadas com solução filmogênica à base de quitosana: (A) 1% acondicionadas a 0°C; (B) 2 % acondicionadas a 20 °C. Laboratório de Pós-Colheita. UFRGS. Porto Alegre, 2012.....	60
14. Podridão maçãs cv. Fuji causada pelo fungo <i>Cryptosporiopsis perennans</i> , causador da doença “olho de boi”. Porto Alegre, 2012.....	77
15. Cromatograma de Vitamina C em suco de maçã cv. Fuji, com coluna em fase reversa e detector UV (254 nm). (1) Ácido L – ascórbico. Gradiente de ácido acético em água (0,1: 99,9 v/v) e metanol com Fluxo de 0,8mL/min.....	79
16. Eletromicrografias de varredura (3700x e 500x) da camada natural que recobre a superfície das maçãs cv. Fuji. Camada de cera danificada (A e B). Centro de microscopia eletrônica – UFRGS. Porto Alegre. 2012.....	80
17. Eletromicrografias de varredura (2500x 2000x) da cutícula das maçãs cv. Fuji standard revestidas com solução a base de quitosana a 1% (A e B) e mantidas por 20 dias em BOD a 20 °C. Seta indica a presença de fissuras/rachaduras na epiderme. Centro de microscopia eletrônica – UFRGS. Porto Alegre, 2012.....	81
18. Eletromicrografias de varredura (1000x e 6000x) da cutícula das maçãs cv. Fuji standard revestidas com solução a base de quitosana a 2% e mantidas por 15 dias em BOD 20 °C. Setas indicam a presença de fibras de quitosana. Centro de microscopia eletrônica – UFRGS. Porto Alegre, 2012.....	82
20. Eletromicrografias de varredura (5000x e 800x) da cutícula das maçãs cv. Fuji standard revestida com solução filmogênica a base de quitosana a 2% e armazenadas por 15 dias em câmara fria a 0 °C. Centro de microscopia eletrônico – UFRGS. Porto Alegre, 2012.....	83
21. Maçãs tratadas com diferentes concentrações de solução filmogênica à base de quitosana 1 % (A) e fécula de mandioca 1 % (B) aos 20 dias. Laboratório de Pós – colheita. UFRGS. Porto Alegre. 2013.....	84

	Página
22. Maçãs tratadas com diferentes concentrações de solução filmogênica à base de quitosana 2 % e fécula de mandioca 2 % aos (20 dias). Laboratório de Pós – colheita. UFRGS. Porto Alegre. 2013.....	85
23. Eletromicrografias de varredura (13000x (A) e 2000x(B)) da cutícula das maçãs cv. Royal Gala armazenada em câmara fria a 0 °C revestida com solução filmogênica a base de quitosana a 1 %. Centro de microscopia eletrônica – UFRGS. Porto Alegre, 2013. ....	108
24. Eletromicrografias de varredura (1500x e 3300x) da cutícula das maçãs cv. Royal Gala armazenadas em câmara fria a 0 °C e revestidas com solução filmogênica a base de fécula de mandioca a 1 % (A) ou 2 % (B). Centro de microscopia eletrônica. UFRGS. Porto Alegre, 2013.....	108
25. Eletromicrografias de varredura (1000x e 3000x) da cutícula das maçãs cv. Royal Gala armazenada em câmara fria a 0 °C revestida com solução filmogênica a base de fécula de mandioca a 1 % (A) ou e 2 % (B). Centro de microscopia eletrônica. UFRGS. Porto Alegre, 2013.....	109

## 1 INTRODUÇÃO

As perdas pós-colheita na produção e comercialização de frutos e hortaliças variam de 25% a 40%, dependendo do produto e da tecnologia aplicada. Segundo Assis *et al.* (2009) essa situação é consequência de uma série de fatores conjugados, como a ausência de uma política específica no setor, a falta de conhecimento dos manipuladores e, igualmente, a deficiência de aplicação de tecnologias adequadas para o transporte e conservação da qualidade do alimento. Conforme Andrigueto & Kososki (2005) há que se considerar que o cenário internacional cada vez mais sinaliza que será valorizado o aspecto qualitativo na fruticultura. Tanto aspectos qualitativos externos (visuais) quanto aspectos qualitativos internos.

De acordo com Chitarra & Chitarra (2005), frutos e verduras continuam a metabolizar suas próprias reservas depois da colheita. Os autores também afirmam que os produtos hortícolas podem ser infectados por microorganismos que decompõem as células dos tecidos destes produtos levando, por consequência, ao desenvolvimento de podridão.

Assim sendo na pós-colheita dificilmente há melhoria da qualidade de um produto colhido, no máximo é possível manter sua qualidade por algum período de tempo. Devemos considerar que a perda de qualidade de produtos

perceíveis é cumulativa, e a cada incidente durante o manuseio após a colheita haverá uma redução da qualidade para o consumidor final.

A utilização de temperaturas de refrigeração é a principal forma de conservação disponível para ampliar a vida pós-colheita de produtos hortícolas. A diminuição das temperaturas dos tecidos para abaixo da temperatura ambiente auxilia na conservação dos produtos hortícolas. A redução da temperatura dos tecidos favorece uma redução da taxa respiratória (metabolismo primário) e da atividade metabólica como um todo. Portanto, há um retardamento na entrada da senescência.

A redução de atividade metabólica em tecidos vegetais pode ser viabilizada, em parte, por técnicas adicionais ao uso apenas do frio. Neste sentido foram desenvolvidas a armazenagem em atmosfera controlada e a armazenagem em atmosfera modificada. A modificação de atmosfera teve um novo impulso de estudos de viabilidade em anos recentes com a necessidade de também aplicar os benefícios das alterações da composição atmosférica no entorno de volumes menores de produtos hortícolas. Uma técnica em contraposição com a atmosfera controlada que se notabilizou e universalizou para grandes volumes de produto armazenado.

Os estudos de viabilidade de modificação de atmosfera conduziram ao desenvolvimento de metodologias como uso de embalagens de polímeros diversos ou recobrimento individual de produtos. Recobrimentos com compostos variados têm sido mais intensamente avaliados em frutos.

As instituições de pesquisa assim como a indústria de alimentos têm investido recursos consideráveis no desenvolvimento de revestimentos/filmes biodegradáveis aplicados em pós-colheita em substituição ao uso de polímeros

sintéticos. Especialmente os polímeros sintéticos devido à sua ampla utilização na conservação da qualidade dos alimentos e ao problema ambiental gerado pelo descarte dos plásticos de origem não renovável são a razão destes trabalhos com recobrimentos que possam receber um selo verde de indicação de menores impactos tanto na produção como no uso e descarte.

Estes revestimentos possuem como apelo uma menor permanência no meio ambiente, sendo facilmente deteriorados pela ação de microorganismos. Esta característica contribui para redução da produção de resíduos sólidos assim como o uso de defensivos, o que vem ao encontro da preocupação mundial. Em relação aos alimentos seguros e preservação do meio ambiente, principalmente, sobre a ótica dos descartes de materiais não renováveis das embalagens devem ser mencionadas as vantagens e as oportunidades para criar novos mercados, para as matérias-primas formadoras de revestimentos/filmes.

Essa nova tecnologia de filmes visa reduzir as perdas pós-colheita sendo fundamental para economia nacional, além de minimizar as perdas de produtos em volume, eleva a competitividade e atende os requisitos de qualidades de um mercado cada vez mais exigente. A grande maioria das espécies hortícolas, especialmente as frutas e olerícolas produzidas em ambiente tropical, depois de colhidas, apresentam aceleração da maturação e deterioração em consequência das mudanças bioquímicas e fisiológicas.

Os revestimentos/filmes biodegradáveis têm sido aplicados sobre a superfície de produtos frescos para estender a vida de prateleira mantendo sua integridade física, reduzindo a migração de umidade e dos gases entre o fruto e o ambiente, através da redução da respiração, transpiração e desidratação

provocada pela perda de água. Estes revestimentos podem também contribuir na diminuição da contaminação bacteriana e consequente deterioração.

Outro aspecto positivo do uso de revestimentos é o fato que podem inibir o escurecimento enzimático, conservando parte dos compostos aromáticos e mantendo as características nutritivas e visuais dos alimentos. Os revestimentos ainda podem ser incorporados com outros materiais funcionais ou de ação no controle de patógenos.

O revestimento pode tratar-se de finas camadas de material aplicado e que podem ser formados diretamente na superfície do produto. Os revestimentos quando em padrão de consumo humano conforme a legislação em vigor podem ser aplicados para substituir o revestimento de cera natural. Ainda, estes revestimentos conferem igualmente uma proteção natural, sem risco à saúde do consumidor, uma vez que não são metabolizados pelo organismo e sua passagem pelo trato gastrointestinal ocorre de maneira inócua.

A quitosana, polissacarídeo obtido pela desacetilação parcial da quitina, vem sendo amplamente estudada e atualmente é empregada na área de processamento de alimentos como o tratamento de superfície de sementes para inibição de fungos, clarificação de vinhos, coberturas comestíveis protetoras para frutos e na área da saúde, em formulações contra o colesterol, preparação de lentes contato devido às suas propriedades funcionais. A quitosana apresenta uma atividade antimicrobiana e a também a capacidade de formar filmes semipermeáveis que podem resultar na modificação da atmosfera interna do produto que foi revestido.

A fécula de mandioca é um dos agentes mais estudados para formação

de revestimentos comestíveis devido a suas características: boa transparência e boa resistência às trocas gasosas. Alguns autores a consideram como matéria-prima de grande potencial na elaboração de revestimentos comestíveis por ser uma matéria-prima de baixo custo e por formar películas resistentes e transparentes que proporcionam eficientes barreiras a gases

Assim, este trabalho foi dividido em dois ensaios onde o objetivo foi avaliar o efeito do uso de revestimento comestível à base de quitosana em diferentes concentrações em frutos de maçã cv. Fuji armazenadas em diferentes temperaturas e avaliadas em diferentes períodos, e do revestimento à base de quitosana e fécula de mandioca também em diferentes concentrações em frutos da cv. Gala armazenadas e avaliadas em diferentes períodos. Acompanhou-se a disposição do recobrimento sobre o fruto através de eletromicrografias de varredura (MEV).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cultura da maçã

A macieira (*Malus domestica* Borkh.) pertence à família das Rosáceas, ordem Rosales e subfamília Pomoidae, abrange em torno de 100 gêneros e mais de 200 espécies. Há muitas espécies de macieiras em estado selvagem, das quais algumas são utilizadas comercialmente como produtoras de frutas, outras, como porta-enxertos, como ornamentais em paisagismo e na pesquisa científica. Há ainda outras espécies utilizadas como fonte de germoplasma para o melhoramento genético. A macieira cultivada comercialmente recebeu vários nomes científicos ao longo do tempo e a partir de 1803, foi denominada como pertencente ao gênero *Malus* (Hoffman & Bernardi, 2004).

Caracterizada pelo fruto tipo “pomo” que é um pseudofruto composto de um ou mais carpelos, no qual um grande receptáculo recobre os ovários e cujo endocarpo é coriáceo ou pétreo contendo uma única semente (Joly, 2002). Quando adulta, é uma planta lenhosa, decídua (folhas caducas), de clima temperado, adaptando-se bem a diferentes condições (Luchi, 2002).

A origem exata da espécie *Malus domestica* é desconhecida, embora haja indícios de que seja derivada da espécie *M. pumila* Mill, que ocorre naturalmente no leste europeu e oeste asiático ou da espécie *M. sieversii*

(Ledeb.) M. Roem. encontrada nas montanhas da Ásia Central (Hoffman & Bernardi, 2004).

A evolução da macieira iniciou há cerca de 25 milhões de anos, o centro de origem da espécie encontra-se entre as regiões do Cáucaso e o Mar Negro no Cáspio e o leste da China. Atribui-se aos povos euro-asiáticos a disseminação das formas primitivas das macieiras (Epagri, 2002).

A produção de maçãs vem apresentando crescimento expressivo, sendo que, das fruteiras de clima temperado, a cultura da macieira foi a que mais se desenvolveu nos últimos anos, mudando o hábito do consumidor brasileiro, que se adaptou ao sabor das novas variedades, fazendo com que o país passasse de importador a produtor auto-suficiente e, sobretudo, com potencial de exportação (BNDES, 2010).

## **2.2 Aspectos econômicos**

A macieira é uma espécie frutífera de clima temperado que vem se adaptando a diversos climas. Encontra-se entre os frutos mais comercializados em todo o mundo. O consumo brasileiro de maçãs foi sustentado, durante muito tempo, pelas importações, especialmente da Argentina. Em meados da década de 60, o Brasil era o 4º importador de maçãs no mundo e o consumo nacional per capita não passava de 2 kg/ano (Kreuz, 2005).

O pico de oferta de maçãs ocorre durante os meses de fevereiro a maio, onde os preços recebidos pelos produtores são historicamente mais baixos. Normalmente, é necessário armazenar cerca de 60% da safra, dependendo do ano (Kreuz, 2005).

Conforme dados da Associação Brasileira dos Produtores de Maçã (ABPM), a expectativa é de que sejam colhidos 1,05 milhões de toneladas neste ano de 2013, uma queda de 11% em relação ao total de 2012, quando foram atingidas 1,18 milhão de toneladas. Já no Rio Grande do Sul, segundo a Associação Gaúcha dos Produtores de Maçã (Beledeli, 2013), a redução deve ser de 6,83%, caindo de um volume de 483 mil toneladas, no ano passado, para 450 mil toneladas nesta safra de 2013. A geada tardia ocorrida durante a florada, associada à seca de novembro e dezembro, fez com que caísse o número de frutas por planta, além de contribuir na redução do seu calibre (Beledeli, 2013).

A maçã está entre as frutas mais consumidas pelas famílias brasileiras, média de 5,98 kg/hab./ano, perdendo apenas para a banana (11,7 Kg *per capita*/ano) e as frutas cítricas (7,21 Kg *per capita*/ano) (IBGE, 2010; Silva, 2011 Almeida & Passos, 2011).

Segundo a CAFI (2010), Câmara Argentina de Fruticultores Integrados, a pomicultura é considerada uma atividade intensiva em mão-de-obra, gerando assim aproximadamente 58.500 empregos diretos e 136.500 empregos indiretos, apresentando uma capacidade de geração de empregos 67 vezes superior à produção de grãos.

### **2.3 Cultivar Fuji**

As plantas da variedade Fuji são vigorosas e com hábito de crescimento verticalizado. É uma variedade bastante suscetível à sarna (*Venturia inaequalis*), porém tem boa resistência ao oídio (*Podosphaera leucotricha* (Ell. & Ev.) Salm) e à mancha-foliar-de *Glomerella* (*Colletotrichum spp*) e é menos

suscetível à podridão-amarga (*Glomerella cingulata*). As frutas são menos danificadas pela mosca-das-frutas (*Ceratitis capitata*). A floração ocorre a partir do final de setembro. A variedade requer polinização cruzada, podendo ser usada como polinizadoras as variedades Gala, Baronesa, Fred Hough ou Braeburn.

As maçãs apresentam cobertura de cor vermelho estriada sobre fundo verde, são doces, com baixa acidez, crocantes e muito suculentas. Esta condição da cv. Fuji faz com que seja muito apreciada pelo consumidor brasileiro. A variedade tem como fator negativo a coloração deficiente da epiderme conferindo aparência pouco atrativa. No entanto, apresenta muito boa capacidade de frigoconservação. Em câmaras frias comuns, as maçãs podem ser conservadas por até 6 meses ou por até 8 meses em atmosfera controlada. A maturação das frutas, considerada tardia, ocorre desde o final de março até a segunda quinzena de abril (Bernardi, 2004).

#### **2.4 Cultivar Gala**

A cv. Royal Gala é uma mutação espontânea da cv. Gala, obtida na Nova Zelândia em 1971. Em virtude de produzir frutas mais coloridas, vem paulatinamente substituindo a cv. Gala no sul do Brasil. As frutas, mais coloridas que as cv. Gala são vermelhas, com estrias pronunciadas sobre fundo amarelo, cobrindo toda a superfície a fruta e lhe conferindo excelente aparência. Geralmente, todas as demais características, tanto da planta quanto da fruta, são muito semelhantes as da cv. Gala, da qual se originou (Bernardi *et al.*, 2004).

## **2.5 Atributos de qualidade dos frutos**

Os atributos de qualidade dos frutos, de maneira geral, dependem de suas características físicas e químicas sendo peculiares a cada espécie e variedade (Chitarra & Chitarra, 2005).

As mudanças físicas e químicas que ocorrem durante a maturação dos frutos estão associadas às mudanças na aparência visual, textura, sabor e aroma (Epagri, 2002). O aumento relativamente rápido da taxa respiratória e o aumento da síntese de etileno são as principais alterações fisiológicas que ocorrem durante a maturação de maçãs. Estas mudanças no metabolismo primário e de produção de etileno caracterizam espécies de padrão de respiração climatérico.

Muitas destas mudanças como alteração da composição de pigmentos que proporcionam a mudança da cor da epiderme, as mudanças estruturais dos polissacarídeos de paredes celulares que afetam a firmeza da polpa, as alterações da produção e conteúdo de açúcares, de ácidos e de ésteres que resultam nas mudanças no sabor dos frutos, o acúmulo de ceras sobre epiderme que produzem uma mudança da aparência e desenvolvimento da camada de abscisão na base do pedúnculo que resultam em abscisão dos frutos são aceleradas após o início do pico climático e que ocorre concomitantemente com o aumento da produção de etileno (Cenci, 2006).

De acordo com Blanke (1991) tais transformações ocorrem em nível celular e envolvem processos de degradação e síntese de compostos orgânicos mediadas por alterações na atividade enzimática. O conhecimento destas mudanças metabólicas associadas com a maturação é essencial para

prolongar a conservação da qualidade dos frutos e prevenir o surgimento de distúrbios fisiológicos.

## **2.6 Conservação pós-colheita**

A conservação refrigerada após a colheita tem como objetivo reduzir a atividade metabólica do fruto, retardando seu processo de senescência. A meta não é preservar o fruto indefinitivamente, mas sim, garantir que ele possa ser transportado a mercados distantes em condições adequadas de consumo. O armazenamento refrigerado é uma forma de tentar garantir por mais tempo uma qualidade mais próxima da qualidade de um fruto recém colhido (Elesbão, 2009).

As maçãs, no geral e dependendo da variedade, podem ser conservadas por até três meses em refrigeração convencional, com redução da temperatura de armazenagem para níveis próximo de zero graus Celsius (Fontes, 2005). Nesta condição há perdas de sabor e textura. No entanto, ultrapassando este período as perdas podem ser muito significativas e praticamente inviabilizando a comercialização.

Em armazenagem sob condições de atmosfera controlada podem ser conservadas por até cinco meses, sem perder suas características iniciais (Epagri, 2002). A atmosfera controlada e, mais recentemente, a atmosfera modificada baseia-se na alteração da composição do ar circundante ao fruto em que há uma desaceleração do metabolismo por efeito da redução da concentração de oxigênio e/ou do aumento da concentração de dióxido de carbono.

As pesquisas estão cada vez mais direcionadas para novas tecnologias para redução das perdas pós-colheita, sendo de fundamental importância para a economia nacional. Não há cifras exatas de perdas que ocorrem no mercado dos produtos frescos, mas há estimativas bastante conservadoras de que próximo à 25% do que é produzido não chega ao consumidor final.

O que se torna necessário, então, que as pesquisas objetivem atender às necessidades e demandas de um mercado cada vez mais exigente tanto em qualidade interna quanto visual (externa). Trata-se também de um mercado extremamente competitivo de modo que as pesquisas devam ser também voltadas para substâncias naturais que podem ser usadas de maneira que venham a complementar os métodos de preservação dos alimentos.

A qualidade dos produtos na pós-colheita vai depender da tecnologia utilizada na cadeia de comercialização. Os procedimentos pré-colheita também têm uma enorme ação no que tange à qualidade do produto que chega ao consumidor final. A seleção das tecnologias a serem empregadas nos produtos está de certa forma, relacionada ao destino do produto, seja para consumo *in natura* seja para a indústria.

A aplicação de métodos para reduzir os danos pós-colheita são medidas usuais em países desenvolvidos. Em países menos desenvolvidos essas aplicações nem sempre são bem sucedidas, destinando muitas vezes para o mercado produto, de qualidade inferior (Rinaldi, 2009).

As mudanças dos hábitos alimentares ocorridos nos últimos anos no Brasil assim como nos demais países, especialmente países da região ocidental e também do hemisfério Norte, mudanças numa maior exigência de qualidade por parte dos consumidores. Esta situação tem um agravante que

deve ser considerado é que a colheita da maioria das espécies frutíferas ocorre em um espaço de tempo relativamente curto.

Por conseguinte é imperioso que exista capacidade física de conservação para além da época de produção. Isto, se explorado de maneira apropriada pode proporcionar benefícios tanto para o produtor, que obtém melhores preços, quanto para o consumidor que pode dispor das frutas em épocas em que não é possível produzi-las (Fachinello & Nachtigal, 2007).

Assim apesar do Brasil se caracterizar como um país altamente produtor é também um dos países onde há mais perdas em pós-colheita, com uma estimativa em torno de 25% de perdas no mercado interno podendo chegar até 80% em se tratando de espécies mais sensíveis é crucial diminuir estes percentuais sob pena de inviabilizar negócios. Os principais fatores que contribuem para estes números são a falta de estrutura de armazenamento, uma logística deficiente e inadequada ao manuseio de produtos sensíveis, embalagens impróprias em termos de tamanho e estrutura e, não devendo ser negligenciada, a própria desinformação do produtor (Fachinello & Nachtigal, 2007; Assis, *et al.*, 2009; Soares, 2009).

As perdas pós-colheita de frutas e hortaliças não devem ser apenas calculadas em termos de volume. Devemos levar em conta também a qualidade interna, que tem o potencial de reduzir o valor comercial do produto. A qualidade interna tem cada vez mais importância na situação atual em que a maior parte do valor final é agregada após a colheita.

O produtor brasileiro está voltando sua atenção para os cuidados no manuseio pós-colheita e adquirindo a consciência de que, para ter sucesso não basta preocupar-se apenas com as técnicas de produção, mas também deve

haver cuidados na conservação dos frutos depois da colheita (Alves *et al.*, 2002).

As primeiras técnicas de conservação dos alimentos remontam há milhares de anos. Armazenadas em vasos de cerâmicas, as frutas eram, então, vedadas e guardadas em cavernas, a uma temperatura inferior à do ambiente. Com o passar do tempo passou-se a realizar experimentos para tentar descobrir as bases científicas das técnicas de conservação. Com base nesta informação os produtores e exportadores adotaram tecnologias de pós-colheita para poder garantir a venda de seus produtos (Elesbão, 2009).

A temperatura é considerada o fator mais importante na conservação de produtos frescos, uma vez que afeta diretamente os processos naturais de respiração, transpiração e outros aspectos fisiológicos (Cortez *et al.*, 2002; Pizarro, 2009). A cada 10 °C de aumento na temperatura do ambiente há um aumento de duas a três vezes na velocidade de deterioração dos produtos e, conseqüentemente, na redução do período de conservação. De igual modo, uma redução de 10 °C resulta em uma diminuição de duas a três vezes na velocidade do metabolismo.

Portanto, sem o uso da refrigeração, as deteriorações são mais rápidas devido à alta taxa metabólica, com perdas de aroma, sabor, textura, cor e demais atributos de qualidade. A taxa metabólica deve ser mantida em níveis mínimos e suficientes para manter as células vivas, de forma a preservar a qualidade dos produtos durante todo o período de armazenamento (Chitarra & Chitarra, 2005). Como esse é um fator controlável, a maioria dos métodos de conservação está vinculada à utilização de baixas temperaturas (Cortez *et al.*, 2002), as quais contribuem para reduzir a atividade microbiana e as alterações

metabólicas do próprio vegetal. Isso mantém a qualidade do produto e aumenta a segurança para o consumidor (Brecht *et al*, 2003).

A conservação pela utilização do frio, ou frigoconservação ou armazenamento refrigerado, é o método mais utilizado para conservação de frutas (Fachinello & Nachtigal, 2007). No entanto, em alguns casos, requer o uso de técnicas complementares, como o controle e a modificação da atmosfera para obtenção de melhores resultados. Mota *et al.* (2006) destacaram que a composição da atmosfera ao redor do fruto influencia o amadurecimento.

A armazenagem em ar refrigerado é o sistema mais utilizado para prolongamento do período de armazenamento da maioria dos frutos principalmente os de clima temperado. Este sistema baseia-se na combinação de baixas temperaturas, geralmente de -1 a 4 °C, com alta umidade relativa do ar (UR), geralmente superior a 85%. A temperatura baixa reduz a velocidade do metabolismo respiratório, sendo que o valor mínimo tolerado é variável com a espécie e variedade.

A utilização de umidade relativa alta no armazenamento reduz a desidratação das frutas, porém quando demasiadamente alta ocorre o favorecimento para a proliferação de microrganismos patogênicos (Fachinello & Nachtigal, 2007).

## **2.7 Métodos de conservação**

A qualidade de um produto alimentício depende de suas características sensoriais, nutricionais e higiênicas, que mudam durante a estocagem e comercialização. Muitos processos químicos e físicos têm sido desenvolvidos

para preservar a qualidade dos alimentos. Contudo, é necessária embalagem adequada para a conservação e comercialização do produto, por ter um papel preponderante na manutenção da qualidade do alimento (Debeaufort *et al.*, 1998).

Quando pensamos na cadeia produtiva das frutas, podemos observar um aumento na procura de frutas frescas em comparação às frutas processadas, porém há uma dificuldade de conservação (Pereira *et al.*, 2003).

A atmosfera modificada vem sendo utilizada em várias espécies frutíferas com o objetivo de manter os atributos de qualidade. A modificação ativa ou passiva da composição de oxigênio ( $O_2$ ) e de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) atua fisiologicamente reduzindo a respiração. Esta redução da atividade metabólica é proporcionada pela redução da concentração de  $O_2$  e aumento de  $CO_2$  retardando o amadurecimento, diminuindo a produção e sensibilidade ao etileno e às reações de oxidação (Kluge *et al.*, 1999; Mota *et al.*, 2003).

Este método de conservação minimiza a desidratação, diminuindo a perda de textura da polpa dos frutos ao favorecer a manutenção de uma umidade relativa do ambiente de armazenagem. Desta maneira há uma diminuição da perda de água por transpiração. A modificação da atmosfera assim como reduz a velocidade do metabolismo do produto armazenado provoca, em contrapartida uma redução no desenvolvimento de patógenos e aumento no período de conservação dos produtos mantidos sob refrigeração, aumentando assim a vida pós-colheita do produto (Gürakan & Bayindirh, 2005).

A armazenagem em atmosfera modificada possibilita o estabelecimento de uma composição de gases ideal dentro da embalagem. Esta modificação é obtida de maneira menos controlada, mas, mesmo assim, a atividade

respiratória do produto é menor prolongando a vida de prateleira do produto nesta condição (Pereira, 2003).

São utilizados diversos métodos, tais como: manter o produto em embalagens de plásticas, como filme PVC e sacos de polietileno (Kluge *et al.*, 1999). Estas embalagens podem ser confeccionadas a partir dos mais diversos polímeros. De mesmo modo, normalmente, estas embalagens de baixo custo não apresentam também uma uniformidade de espessura. Esta situação resulta em trocas gasosas com o ambiente externo de maneira bastante aleatória. Portanto, as permeabilidades aos gases (principalmente O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>) de um mesmo lote de embalagens podem ser muito diversas dificultando conclusões mais precisas quanto as vantagens deste processo de armazenagem.

Segundo Vilas Boas *et al.* (2004) a atmosfera modificada (AM) pode ser obtida ativa ou passivamente. Na AM passiva o produto é acondicionado em embalagens de baixa permeabilidade e a atmosfera é modificada pela própria respiração do produto. Em função da permeabilidade da embalagem e da temperatura as concentrações internas se alteram ao longo do período em que o produto está acondicionado nesta embalagem.

A atmosfera modificada ativa é criada injetando-se, no início da armazenagem, no espaço livre da embalagem uma composição de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> pré-determinada. A atmosfera de equilíbrio, ou seja, a interação entre o produto, embalagem e ambiente que determinam ao final qual será a concentração da composição de gases (Vilas Boas *et al.*, 2004). Estudos recentes incorporaram a este procedimento de atmosfera modificada ativa uma forma de recuperar as condições iniciais da composição da combinação de

gases com injeções subsequentes desta mesma composição inicial. Produtos de alto valor agregado justificam este procedimento continuado de injeções nas embalagens. Normalmente este processo é preconizado quando quantidades maiores de produto são tratados com AM como, por exemplo, paletes de um número maior de caixas de um produto.

Os resultados melhores são obtidos quando há um balanço adequado entre a permeabilidade do filme aos gases e a respiração do produto, que depende do tipo, da variedade, do peso, do estágio de maturação e da temperatura do produto a ser armazenado. De maneira geral, frutos que mais são beneficiados com esta técnica (Robertson, 1993).

No entanto, os produtos armazenados nestas condições podem passar ao metabolismo anaeróbico. Em anaerobiose ocorre um acúmulo de etanol e acetaldeído, provocando a degradação dos tecidos, e gerando odores estranhos (*off flavor*), principalmente se a temperatura aumenta e a permeabilidade do filme não for adequada para estabelecer novos equilíbrios de gases, por isso, é necessário controlar a temperatura (D'aquino *et al.*, 1998).

Steffens *et al.* (2007) constataram que para o armazenamento do caqui cv. Fuyu em atmosfera modificada podem ser utilizados os filmes de polietileno de alta densidade (75%) com polietileno linear de baixa densidade (25%) e polietileno de baixa densidade sem aditivo, porém para pêssegos da cv. Jubileu e para kiwis cv. Bruno nenhum dos filmes estudados apresentou-se como adequado para o armazenamento. Conseqüentemente, um processo de armazenagem em AM necessita ser delineado para cada produto e, em alguns casos, para cultivares específicas.

Mota *et al.* (2006) constataram a eficiência de embalagens de sacos plásticos de poliolefinicos (Cryovac D955) com 0,015 mm de espessura na conservação pós-colheita de frutos de maracujá-amarelo. Os autores constataram que este tipo de embalagem promoveu uma redução da porcentagem de perda de matéria fresca e conseqüentemente no murchamento, além de manter maior teor relativo de água no pericarpo, mantendo os frutos em boas condições para o consumo.

Pereira *et al.* (2003) analisaram a eficiência da atmosfera modificada na vida de prateleira de goiabas variedade Paluma, acondicionando-as em embalagens rígidas de tereftalato de polietileno (PET). Na armazenagem em temperatura de 5 °C, os autores observaram que as goiabas apresentaram uma vida de prateleira de 24 dias, mantendo seus atributos sensoriais e características físico-químicos praticamente constantes, tornando-se um método eficiente para esta espécie frutífera.

Cruz *et al.* (2001) avaliaram o efeito de duas embalagens à base de polietileno de baixa densidade (PEBD – 0,05 mm) e polipropileno (LVP – 0,02 mm), sobre a conservação de carambolas em comparação com armazenagem sem embalagens. Neste caso específico os autores concluíram que ambas as embalagens são adequadas para a conservação de carambolas por um tempo inferior a 28 dias à 10±1°C .

Pfaffenbach *et al.* (2003) ao avaliarem a conservação de mangas variedade Espada Vermelha, em atmosfera modificada utilizando filmes de PVC (6 µm), PEBD (25 µm) e PEBD (25 µm) com sachês adsorvedores de etileno contendo permanganato de potássio. Observaram que a embalagem de PVC com sachê teve influência positiva na conservação de mangas. Os

resultados em que o uso de embalagens de filmes de permeabilidade seletiva aditivado prejudicou a maturação dos frutos tornando-os impróprios para sua comercialização também são encontrados na consulta bibliográfica.

Por exemplo, Brunini *et al.* (2004) avaliaram jaboticabas maduras acondicionadas em bandejas de tereftalato de polietileno e polietileno expandido revestidas externamente com filme plástico de PVC autoaderente e bandejas de tereftalato de polietileno não recobertas com filmes plásticos. Os autores observaram que jaboticabas acondicionados em bandejas revestidas ou não com filme plástico, por 4 ou 2 dias, respectivamente, não apresentaram aparência recomendável para comercialização devido ao enrugamento da casca.

As embalagens com atmosfera modificada constituem uma importante ferramenta tecnológica para sustentar a vida de prateleira de frutos frescos, sendo considerado um método eficiente. No entanto, é de fundamental importância a escolha da embalagem mais apropriada para o produto ser armazenado uma vez que podem ocorrer variações em função das características de cada produto.

## **2.8 Películas comestíveis**

Os primeiros documentos relatando sobre o uso de películas comestíveis surgiram em torno do ano de 1800 (Allen *et al.*, 1966). Segundo Handenberg (1967) emulsões derivadas de óleos minerais têm sido empregadas na conservação de frutos cítricos desde o século 13 na China. Outros produtos como legumes tropicais foram transportados por longas distâncias via marítima.

A partir de 1930, as ceras de abelhas, parafina e carnaúba e os óleos minerais e vegetais foram empregados na conservação de frutas. Emulsões de cera e óleo têm sido utilizadas sobre frutas frescas para melhorar a aparência, cor e brilho, controlar o amadurecimento e retardar a perda de água (Romanazzi, 2002).

Cerca de 100 tipos de filmes e revestimentos comestíveis foram patenteados a partir de 1950 (Guilbert *et al.*, 1996). Nos anos de 1960 vernizes processados a partir de gomas solúveis em água se tornaram populares no revestimento de cítricos e frutos em geral.

As películas comestíveis podem ser classificadas em filmes e coberturas. Embora os termos sejam muitas vezes utilizados indiscriminadamente e como sinônimos, há diferenças entre eles. Os filmes são pré-formados separadamente do produto. Os filmes possuem a capacidade de formar estruturas próprias independentes. Já as coberturas ou revestimentos são formados sobre a própria superfície do fruto, ou seja, são aplicadas diretamente na superfície dos alimentos. A aplicação de coberturas pode ser efetuada tanto por tratamento de imersão ou como por aspersão. Ambos os procedimentos de aplicação podem ser definidos como produtores de uma fina camada contínua formada ou depositada no alimento.

As coberturas são preparadas a partir de materiais biológicos que agem como barreira a elementos externos (umidade, óleos e gases), protegendo o alimento e aumentando a sua vida de prateleira (Kester & Fennema, 1986; Klahorst, 1999).

As características requeridas dos filmes comestíveis dependem principalmente, das características do alimento, como por exemplo, para

produtos suscetíveis à oxidação, as películas devem apresentar baixa permeabilidade ao O<sub>2</sub> (Debeaufort *et al.*, 2000).

As películas comestíveis formam uma cobertura com preenchimento parcial dos estômatos e lenticelas e demais aberturas naturais na epiderme dos produtos, reduzindo dessa forma a transferência de umidade (transpiração) e as trocas gasosas (respiração).

Como o início do processo de maturação está estreitamente associado ao aumento na produção de etileno e considerando que O<sub>2</sub> é necessário para a sua produção, a redução da permeação de O<sub>2</sub> para o interior do fruto resultará em uma correspondente redução na produção de etileno (Qi *et al.*, 1999). Esta menor produção de etileno que permite, em princípio, prolongar a vida do fruto. Park (2003) recomenda a utilização de revestimentos que mantenham concentrações internas de O<sub>2</sub> entre 2 – 3% para maçãs e 3 – 5% para melões. Há, no entanto, poucas recomendações disponíveis para indicar qual a melhor concentração interna dos gases que resultem em um benefício maior à conservação dos atributos de qualidade do produto submetido à modificação de atmosfera.

No caso das películas comestíveis, as formulações devem ser líquidas e capazes de se espalhar uniformemente na superfície do produto. Além disso, depois de secas, elas devem possuir adesividade, coesividade e durabilidade (Kester & Fennema, 1986). Frutas e hortaliças requerem películas que permitam transferência moderada de gases para reduzir, mas não inibir, a respiração e, assim, evitar processos fermentativos resultantes da hipoxia ou, em casos extremos, da anoxia.

O uso de películas comestíveis tornou-se um tópico de grande interesse, devido ao potencial de evitar a deterioração dos alimentos. As películas apresentam numerosas vantagens quando comparadas às embalagens poliméricas não comestíveis convencionais. Ademais, estas películas são uma alternativa para redução da complexidade das embalagens para alimentos se não forem consumidas com o produto embalado, o que contribui para a redução da poluição ambiental devido à sua natureza biodegradável (Mchugh *et al.*, 1996; Del-Valle *et al.*, 2005).

As películas comestíveis são definidas por dois princípios: primeiro, o termo “comestível” que implica nos compostos usados na elaboração da embalagem que são reconhecidos como seguros. Segundo, são também denominadas de embalagens GRAS (generally recognized as safe) e processadas dentro das Boas Práticas de Fabricação (BPF) estabelecidas para alimentos. Estas películas e revestimentos devem ser formados a partir de um biopolímero, já que é necessária uma cadeia longa para conferir insolubilidade e estabilidade à matriz da embalagem em meio aquoso (Kester & Fennema, 1986; Villadiego *et al.*, 2005).

No Brasil, não há no âmbito da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) uma legislação específica para películas comestíveis. As películas comestíveis são consideradas como ingredientes ou aditivos e devem obedecer ao Decreto 55.871, de 26 de março de 1965, sobre normas reguladoras de emprego de aditivos para alimentos. As películas devem obedecer também à Portaria nº 540-SVC/MS, de 27 de outubro de 1997, que trata sobre os Regulamentos Técnicos de Aditivos Alimentares e Coadjuvantes de Tecnologias de Fabricação, além das considerações do Codex Alimentarius

e do Food and Drug Administration (FDA) dos Estados Unidos (Villadiego *et al.* 2005; ANVISA, 2012).

Atualmente o foco das pesquisas com o uso de películas comestíveis é dedicado aos biopolímeros, como proteínas, polissacarídeos e lipídios, que são completamente biodegradáveis, dentro de um período consideravelmente curto de tempo (Guilbert *et al.* 1996; Chen *et al.*,1999). Estes componentes de películas também apresentam bom efeito contra as trocas gasosas e o dano mecânico (Villadiego *et al.* 2005).

Segundo Krochta *et al.* (1997) a classificação das películas comestíveis de acordo com sua composição é dividida em três categorias:

A primeira categoria são as películas hidrocoloidais – são filmes à base de polissacarídeos ou proteínas. Estes hidrocolóides apresentam baixa permeabilidade ao oxigênio, dióxido de carbono e lipídios. No entanto, devido à sua natureza hidrofílica, têm pouca barreira ao vapor de água.

A segunda categoria são os lipídios – estes são compostos de lipídios, os quais por sua natureza hidrofóbica apresentam baixa permeabilidade ao vapor de água (Guilbert *et al.*, 1996). Existem muitos lipídios em forma cristalina, com baixa permeabilidade aos gases e ao vapor de água.

A terceira categoria são as películas compostas – são à base de proteínas mais lipídios ou polissacarídeos mais lipídios. Podem existir como camadas separadas, ou associadas, em que ambos os componentes são adicionados ao filme.

Os polissacarídeos apresentam boas propriedades de formação de filmes e boa barreira aos gases, porém, sendo hidrofílicos, eles são sensíveis à umidade (Kester & Fennema, 1986), tendendo a apresentar alta

permeabilidade ao vapor de água, o que poderia restringir sua aplicação (Tanada – Palmu *et al.*, 2005). Autores como Park *et al.* (2001), Xu *et al.* (2007), Ayranci & Tunc, (2003), Batista *et al.* (2005), Vargas *et al.* (2006), Tapia *et al.* (2008) e Vargas *et al.* (2009) citam alternativas para melhorar as propriedades mecânicas e de barreiras à água desses filmes, incluindo a incorporação de compostos hidrofóbicos, de forma a otimizar a interação entre polímeros e a formação de ligações cruzadas.

O amido é um polissacarídeo composto por uma mistura de duas macromoléculas, denominadas amilose e amilopectina. A proporção desses dois polímeros na molécula de amido é dependente da espécie vegetal e do grau de maturação de frutos. A funcionalidade do amido está diretamente relacionada à proporção dessas duas macromoléculas e também relacionada à organização física destas mesmas macromoléculas dentro da estrutura granular (Feniman, 2004).

Os lipídios como compostos hidrofóbicos apresentam excelente barreira à umidade. A combinação denominada de coberturas compostas de lipídios com polissacarídeos ou proteínas aumenta a hidrofobicidade. Dentre os lipídios estão às ceras de abelha, a cera de carnaúba e a parafina e encontram-se neste grupo também os óleos minerais e vegetais, glicerídios e acetilglicerídios (Gennadios *et al.*, 1997).

Quezada-Gallo *et al.* (2000), empregando filmes compostos elaborados a partir de emulsões de metilcelulose e diferentes lipídios observaram que estes filmes apresentaram melhor barreira ao vapor de água que os filmes elaborados à base de metilcelulose sem lipídios. Os autores observaram

também que a permeabilidade ao vapor de água era influenciada pela natureza do lipídio.

Alguns componentes são importantes na formação dos filmes como os plastificantes. Os plastificantes são substâncias não voláteis, com alto ponto de fusão que, quando adicionados a outro material, mudam suas propriedades físicas e, ou mecânicas (Banker, 1966). Os componentes mais usados são o sorbitol e glicerol que atuam nas pontes de hidrogênio, reduzindo as forças intermoleculares ao longo das cadeias do polímero, melhorando assim as propriedades de barreira ao vapor de água nas emulsões (Kester & Fennema, 1986; Mchugh & Krochta, 1994).

Assim, quanto maior for a concentração do plastificante no biofilme, menor será a permeabilidade ao vapor de água, conseqüentemente apresentando menores valores de permeabilidade. McHugh *et al.* (1994) examinaram o efeito do glicerol e sorbitol em filmes à base de proteínas, isoladas de soro de leite e constataram que esses plastificantes reduziram as pontes de hidrogênio internas, aumentando desta forma a flexibilidade e a permeabilidade ao vapor de água. Na mesma condição da concentração de plastificante e umidade relativa os filmes com sorbitol apresentaram menor permeabilidade ao vapor de água do que os filmes que continham glicerol.

Garcia *et al.* (2000) observaram que ao adicionar óleo de girassol aos revestimentos à base de amido, com diferente conteúdo de amilose, estes revestimentos apresentaram uma diminuição significativa da permeabilidade ao vapor de água. Quando foram adicionados lipídios e plastificantes ao mesmo tempo ao revestimento a permeabilidade do material de cobertura foi ainda menor.

Baldwin *et al.* (1999), avaliaram os efeitos de dois tipos de coberturas em mangas, à base de celulose e de cera de carnaúba. Os autores da unidade de Winter Haven do USDA (Departamento de Agricultura dos EUA) observaram que as duas coberturas reduziram a perda de umidade, especialmente quando a base da cobertura era constituída de cera de carnaúba. Hershko & Nussinovitch, (1998) observaram que a adição de coberturas à base de alginato reduziu a perda de umidade de alho *in natura* durante o período de estocagem.

Conforme Senesi & Bignardi (2000) a adição de películas à base de purê de maçã, em pedaços de maçãs desidratadas reduziu a perda de peso durante a estocagem e melhorou a aparência do produto.

Cereda *et al.* (1992) aplicando filmes de amido sobre mamões e verificaram que não houve efeito nocivo dos filmes e que houve redução da perda de peso dos frutos. Colla *et al.* (2006) observaram que o emprego de coberturas compostas de amaranto e ácido esteárico promoveram a manutenção da qualidade de morangos por dezesseis dias de armazenamento refrigerado à 7<sup>o</sup> C. No entanto, foi verificado que a adição somente do ácido esteárico tornou as coberturas amareladas e opacas.

Segundo Gontard *et al.* (1992) e Petersen *et al.* (1999) outros polissacarídeos que podem ser usados para a produção de biofilmes comestíveis são os ésteres de celulose, polímeros obtidos pela substituição parcial de grupos hidroxilas na celulose. Estes compostos são solúveis em água e possuem boas propriedades formadoras de filmes. Entre estes compostos estão a metilcelulose (MC), a hidroxipropil celulose (HPC), a hidroxipropil metilcelulose (HPMC) e a carboximetilcelulose (CMC).

Guedes (2007), Scanavaca Júnior *et al.* (2007) e, Hoa & Ducamp (2008) testaram em mangas recobrimentos de fécula de mandioca, de amido de milho, de quitosana e de cera de carnaúba, com bons resultados. Hoa & Ducamp (2008), utilizaram recobrimento à base de cera de carnaúba e de lecitina em mangas e concluíram que ocorreu uma redução da perda de massa e aumento da vida útil em três dias, quando comparadas às mangas que foram mantidas em condições ambientais.

Amariz *et al.* (2010) avaliaram a eficiência de biofilmes tendo por base a carboximetilcelulose (CMC) e a dextrina em mangas cv. Tommy Atkins. Os autores concluíram que o melhor biofilme foi a CMC 0,8% misturada a dextrina 0,5%, que proporcionou retardo na maturação e boa aparência das mangas mantidas a 20° C após o armazenamento refrigerado.

Na conservação de frutas, hortaliças e flores podem ser usadas coberturas de féculas de mandioca natural, pelo princípio da geleificação da fécula que ocorre acima de 70 °C com excesso de água. A fécula geleificada que se obtêm quando resfriada se apresenta como biofilme semelhante aos biofilmes de celulose. Há semelhança em resistência e transparência pelas suas propriedades de retrogradação (Oliveira, 1996). Os frutos que receberam a aplicação deste tipo de biofilme apresentaram bom aspecto, sem ser pegajoso ao tato, com brilho e transparência, melhorando o aspecto visual dos frutos. Estes biofilmes não têm toxicidade podendo ser ingeridos juntamente com o produto protegido e podem ser facilmente removidos, por lavagem com água potável. Outra vantagem comparativa dos biofilmes é o baixo custo de obtenção (Cereda, 1995).

Os biofilmes comestíveis à base de féculas de mandioca com 1 ou 3% (p/v) prolongaram a vida útil pós-colheita de mamões tipo Formosa, cv. Tainung 1. Neste material as alterações de cor da casca, firmeza da polpa, sólidos solúveis e acidez titulável foram significativamente mais lentas em comparação aos mamões que não foram tratados (Pereira *et al.*, 2006).

Pimentel *et al.* (2011) objetivaram avaliar o uso de dois biofilmes, tendo por base a fécula de batata e a fécula de mandioca em mamão cv. Hawaii (*Carica papaya L.*). Neste trabalho os autores separaram os mamões em duas metades e armazenaram em diferentes temperaturas (25 °C e 8 °C), por 6 dias. Os biofilmes estudados mostraram-se eficientes na conservação de mamões cv. Havaí durante seis dias de armazenamento sendo o biofilme de fécula de mandioca o melhor para manter a acidez titulável e sólidos solúveis. Por outro lado, o biofilme com base de fécula de batata foi melhor no controle de perda de peso durante o armazenamento.

Resultados positivos na conservação de uvas variedade Crimson foram obtidos por Fakhouri *et al.* (2007) utilizando coberturas de gelatina associada a amidos de diferentes fontes vegetais. De acordo com os autores as coberturas estendem o tempo de conservação em até 10 dias sob refrigeração de  $5 \pm 2$  °C em comparação ao controle armazenado sob mesma temperatura.

Os biofilmes podem também agir como carreadores de aditivos alimentícios para superfície do alimento (Ribeiro *et al.*, 2007). Segundo Quattara *et al.* (2000). Compostos incorporados às coberturas podem migrar lentamente para a superfície do produto e para seu interior mantendo assim uma ação constante. As coberturas têm sido empregadas para vincular antioxidantes, antimicrobianos, entre outros agentes químicos para a superfície

de frutos e hortaliças (Villadiego *et al.*, 2005; Lin & Zhao, 2007; Ribeiro *et al.*, 2007; Hernandez - Muñoz *et al.*, 2008; Cé, 2009).

Os antioxidantes são adicionados aos revestimentos comestíveis a fim de aumentar a estabilidade e conservar o valor nutricional e a cor dos produtos alimentares. Os dois tipos de antioxidantes alimentares mais utilizados em coberturas são os ácidos, incluindo os seus sais e ésteres e os compostos fenólicos (Ribeiro *et al.*, 2005).

O ácido ascórbico (AA), devido ao seu efeito redutor, apresenta efeito protetor contra o escurecimento que ocorre durante os bioprocessos (Park *et al.* 2001). Ayranci & Tunc, (2003) observaram que a incorporação de ácido ascórbico em filmes à base de metilcelulose e ácido esteárico reduziram a permeabilidade ao oxigênio do filme. Baldwin *et al.* (1996), adicionaram ácido ascórbico em biofilmes à base de carboximetilcelulose em composição com proteína de soja e constataram que este filme foi mais eficaz para retardar o escurecimento em maçãs e batatas cortadas, em comparação à aplicação em solução no produto. Isso se deve ao fato de que o ácido ascórbico dentro da matriz do biopolímero é mais estável e menos propenso a apresentar degradação oxidativa. Perez - Gago *et al.* (2006) incorporaram 1% (p/v) de ácido ascórbico em coberturas à base de soro de leite e esta cobertura foi mais efetiva na redução do escurecimento de maçãs minimamente processadas.

O papel do cálcio na manutenção da qualidade de frutos e hortaliças é bastante conhecido. O aumento do conteúdo de cálcio na parede celular do tecido vegetal pode auxiliar no retardamento da perda de estrutura dos tecidos (amolecimento), do desenvolvimento de patógenos e da incidência de desordens fisiológicas (Hernandez – Muñoz *et al.*, 2006).

As substâncias pécticas são ligadas de maneira inter e intramolecular pelo cálcio e são responsáveis pela rigidez dos tecidos aumentando a estabilidade do complexo e limitando sua vulnerabilidade ao ataque por enzimas pectolíticas. O cloreto de cálcio pode ser incorporado em revestimentos para melhorar a textura e controlar o desenvolvimento microbiano em produtos alimentares (Ribeiro, 2005), apresentando maior efetividade do que quando veiculado ao alimento através de imersões em soluções de cálcio (Hernandez - Muñoz *et al.* 2006).

## **2.9 Quitosana**

A preocupação mundial com relação à poluição ambiental e aos riscos à saúde promovidos pelos agrotóxicos, somado a resistência de patógenos a fungicidas e à retirada de alguns defensivos do mercado têm levado ao aumento das pesquisas que envolvem a utilização de agentes alternativos para o controle de doenças pós-colheita. Entre estes materiais há os indutores de resistência, destacando-se a UV-C (radiação ultravioleta), o acibenzolar-a-metil (ASM), a quitosana, além de agentes de controle biológico (Cia & Benato, 2008).

A quitina, precursora da quitosana, foi descoberta no ano de 1811 por Henri Braconnot a partir de cogumelos, recebendo então o nome de fungina. No ano de 1823, Odier isolou esta molécula do exoesqueleto de insetos e a denominou de quitina, porém, apenas em 1843 Pyen descobriu que havia nitrogênio na sua estrutura (Berger, 2008)

Como quitosana entende-se o biopolímero obtido da desacetilação da quitina (Figura 2), que é o maior constituinte do exoesqueleto de crustáceos e outros animais marinhos (Matteus, 1997).

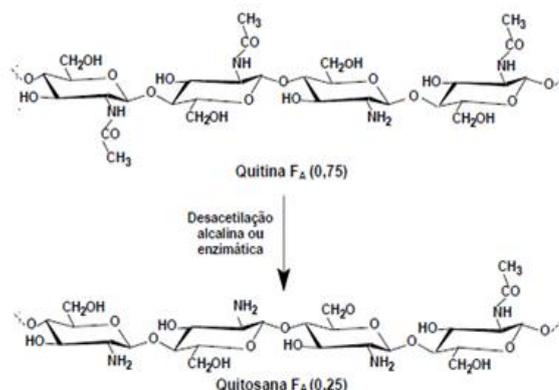


FIGURA 1. Representação da estrutura molecular primária da quitina e da quitosana (Battisti & Campana-Filho, 2008).

A quitosana é um copolímero biodegradável constituído de unidades  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4)-2-amino-2-desoxi-D-glicopiranosose e  $\beta$ (1 $\rightarrow$ 4)-2-acetamido-2-desoxi-D-glicopiranosose (Tharanathan & Kittur, 2003). A quitosana pode ser definida como uma poliamina linear de alta massa molar com grupos amina livres e hidroxilas reativas, formando soluções viscosas de gel sendo facilmente solúvel em soluções aquosas da maioria dos ácidos orgânicos e inorgânicos com pH abaixo de 5,5). Nesta condição há formação de um polímero catiônico através da protonação dos seus grupamentos amina (Damian *et al.* 2005; Assis, 2010).

De acordo com Fai *et al.* (2008) a quitosana apresenta uma grande diversidade de uso na indústria de alimentos. O seu uso pode ser como aditivo orgânico com função conservante, estabilizante, antioxidante ou emulsificante de embalagens ativas na formação de biofilmes. Outras funções como recuperação de subprodutos, purificação de água, clarificação de sucos de frutos, encapsulação de aromas também podem se exercidos pela quitosana.

Na agricultura, de maneira geral a quitosana tem recebido especial atenção em função de suas propriedades fungistáticas e fungicidas, além da habilidade de induzir resistência sistêmica adquirida em plantas. A resistência pode ser induzida pela produção de compostos de defesa como os polifênóis (Mazaro, 2008), indução de quitinases e elicitações da produção de fitoalexinas no tecido do hospedeiro (Camili *et al.*, 2007).

Devido à sua capacidade de formar uma fina película de recobrimento semipermeável na superfície de frutos e hortaliças *in natura* ou minimamente processados a quitosana prolonga a vida pós-colheita com a manutenção das características qualitativas. Esta fina película evita a desidratação dos frutos e o desenvolvimento de microrganismos (Assis & Leoni, 2003; Botrel *et al.*, 2007). Segundo Bautista - Baños (2006) a quitosana reduz a taxa respiratória e a perda d'água de morangos e mangas.

A quitosana atua como uma barreira a elementos externos tais como, umidade, óleos e gases, principalmente ao etileno, dióxido de carbono e oxigênio e, conseqüentemente, pode também atuar como uma barreira à saída de nutrientes e minerais (Tanada - Palmu *et al.*, 2005; Bautista - Baños, 2006). Além disso, reduz a severidade da doença, melhorando o sistema de defesa da planta hospedeira (El Hadrami *et al.*, 2010).

Diferentes frutos revestidos com quitosana têm suas taxas de respiração e perdas de água reduzidas, dentre os quais, tomates, morangos, maçãs, mangas, bananas e pimentas (El Ghaouth *et al.* 1991; 1992; Du *et al.*, 1997; 1998; Jiang & Li, 2001; Kittur *et al.*, 2001). A eficácia da quitosana na redução da produção de CO<sub>2</sub> interno é descrito em tomates e pêras (El Ghaouth *et al.* 1991; 1992; Du *et al.* 1997).

Camilli *et al.* (2007) observaram que *Botrytis cinerea*, o agente causal do mofo cinzento em uvas, teve a germinação de esporos reduzida pela quitosana nos testes *in vitro*. Os autores observaram que a quitosana alterou a morfologia do tubo germinativo e diminuiu o crescimento micelial do fungo, em meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA).

Conforme Cia *et al.* (2010) a habilidade da quitosana em propiciar condições de atmosfera modificada, determinando o atraso do processo de amadurecimento pode estar relacionada a ação do produto sobre a parede celular do hospedeiro. Os autores concluíram que durante o processo de amadurecimento, os tecidos perdem firmeza, em função do aumento da solubilidade das substâncias pécticas presentes nas paredes celulares. Isso determina o aumento da suscetibilidade da célula hospedeira à maceração promovida pelas enzimas pectolíticas, liberadas pelo patógeno.

O que tem dificultado o emprego deste polissacarídeo é a variedade dos produtos comerciais, com diferentes características (Assis & Leoni, 2003). Geralmente, o grau de desacetilação de quitosanas comerciais varia entre 70 e 95%, variando também a massa molar, sendo estes dois parâmetros bastante relacionados às suas propriedades. Assim, esforços têm sido feitos para caracterizar os diferentes tipos de quitosanas que são comercializadas (Canella & Garcia, 2001; Santos *et al.*, 2008).

Um estudo realizado com quitosana solúvel em água para clarificação de sucos de frutas foi realizado por Chatterjee *et al.* (2004) e os autores sugeriram que esse tratamento não oferece nenhum impacto aos parâmetros bioquímicos dos sucos.

Tratamentos com 5 ou 10 mg.mL<sup>-1</sup> de quitosana foram efetivos na redução da podridão-parda em trabalhos realizados em pêssegos por Li & Yu (2000). Os tratamentos com 1% de quitosana aplicados por Basseto (2006) resultaram em menores severidades em relação ao tratamento testemunha, mas, ainda assim, os percentuais de pêssegos com incidência de podridão parda ainda foram bastante elevados.

Alguns trabalhos mostram que a efetividade de quitosana é equivalente à de fungicidas sintéticos como o tiabendazol (El Ghaouth *et al.*, 1991). A quitosana reduziu em mais de 20% as podridões causadas por *Penicillium digitatum* e *Penicillium italicum* em tangerinas cv. Murcott, quando comparado ao fungicida tiabendazol (Chien *et al.*, 2007). Quando se utilizou o tratamento com quitosana a 1% este promoveu maior controle de *Penicillium expansum*, em maçãs comparado ao tiabendazole (Bautista - Baños *et al.* 2004).

Usando a quitosana, Mazaro, (2008) comprovaram a eficiência no controle pós-colheita de podridões do morango atuando positivamente na manutenção da firmeza da polpa, da acidez titulável e aumentando os teores de polifenóis totais. Com este tratamento os autores também observaram redução na produção de etileno, no teor de açúcares redutores e na perda de massa fresca. Em função disso ocorre o retardo do amadurecimento dos frutos, contudo, sem alterações de suas características sensoriais.

Dotto *et al.* (2008) usando biofilme de quitosana reduziu em até 5 vezes a contaminação por bolores e leveduras e em 60% a contaminação de mesófilos em mamão, aumentando em seis dias a vida útil dos frutos. Xu *et al.* (2007) também observaram resultados significativos quando utilizaram a

quitosana em uvas. O revestimento apresentou ação antifúngica, prolongando o armazenamento.

Quando biofilmes finos de quitosana foram utilizados sobre frutas fatiadas, Assis & Pessoa (2004) confirmaram o efeito fungicida como uma alternativa comercial e barata. Nas concentrações de  $20\text{g.L}^{-1}$  de quitosana foram capazes de diminuir a perda de massa em condições ambientais não controladas.

Romanazzi, (2002) observaram redução na incidência e severidade de mofo cinzento causado por *B. cinerea* em uvas quando a quitosana foi aplicada na forma de gotas na dose de  $10\text{ mg/mL}^{-1}$  sobre ferimentos, preventivamente à inoculação. Liu *et al.*, (2007) obtiveram resultados semelhantes quando a mesma dose de quitosana foi aplicada previamente à inoculação com *Penicillium expansum* e *Botrytis cinerea* na forma de gotas sobre ferimentos em tomates. El Ghaouth *et al.*, (2000), obtiveram aumento da eficiência do uso de quitosana na concentração de  $5\text{ mg.mL}^{-1}$  quando associada ao antagonista *Candida saitoana* para controle de doenças em pós-colheita de citrus quando aplicados na forma de gotas sobre o ferimento em pré-inoculação.

A quitosana possui uma toxicidade baixa demonstrando que é um produto benéfico e seguro para o consumo humano. Uma dose letal de glicose em mamíferos é da ordem de 8 a 12 g, no entanto, quando ingeridos  $18\text{ g quitosana.Kg}^{-1}$  de massa corpórea em mamíferos não há sinais de toxidades e nem tampouco mortalidade (Fai *et al.*, 2008).

## 2.10 Fécula de Mandioca

Os filmes à base de amido apresentam boas propriedades mecânicas e excelente propriedade de barreira ao O<sub>2</sub>. A fécula de mandioca tem sido freqüentemente testada como matéria-prima para este fim, em função da sua transparência e baixo custo. O uso de coberturas de fécula de mandioca nas concentrações de 1, 2, 3, 4 e 5% em morangos foi eficiente na minimização da perda de massa e aumento de 5 vezes na vida útil da fruta (Henrique & Cereda, 1999). Fakouri et.al. (2007), encontraram que as coberturas de amido de sorgo e amido de arroz foram as mais eficientes na extensão da vida útil de uvas 'Crimson'.

Os polissacarídeos mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis em frutas são: fécula de mandioca, alginato, pectina, carragena, quitosana e derivados da celulose (por exemplo, a metilcelulose, carboximetilcelulose e hidroxipropilmetilcelulose).

A fécula de mandioca é um dos agentes mais estudados para formação de revestimentos comestíveis devido a suas características: boa transparência e boa resistência às trocas gasosas. Alguns autores a consideram como matéria-prima de grande potencial na elaboração de revestimentos comestíveis por ser uma matéria-prima de baixo custo e por formar películas resistentes e transparentes que proporcionam eficientes barreiras a gases (Hojo *et al.*, 2007; Vicentini, 2003; Cereda *et al.*, 1992).

Pereira *et al.* (2006) estudaram o uso de revestimento de fécula de mandioca para conservação do mamão Formosa 'Tainung', em temperatura ambiente, avaliando o efeito no amadurecimento. Utilizaram o método de imersão das frutas inteiras e o resultado mostrou que os frutos tratados com a

solução de fécula de mandioca tiveram seu amadurecimento retardado, prolongando a vida de prateleira pós-colheita por quatro dias. Os frutos mantiveram por mais tempo a firmeza da polpa, o que garante uma melhor resistência a danos mecânicos durante o manuseio e transporte. Castricini *et al.* (2010) também avaliaram a influência de revestimentos de fécula de mandioca no amadurecimento de mamões inteiros, *Carica papaya* L., durante 14 dias de armazenamento. Nesta pesquisa foram utilizadas formulações de fécula de mandioca a 1%, 3% e 5%, sendo que os revestimentos de 3% e 5% reduziram a perda de massa fresca mantendo a coloração verde durante o armazenamento.

Com as mesmas concentrações, porém em ambiente refrigerado (8-12°C), Souza (2005) avaliou a influência de revestimentos de fécula de mandioca e amido modificado sobre as características da parede celular de mamões papaia inteiros. Os revestimentos de fécula de mandioca favoreceram maior integridade das paredes celulares, evidenciada pela boa estruturação e organização das mesmas.

Em goiabas, fruta de origem tropical que apresenta intensa atividade metabólica, Vila *et al.* (2007) avaliaram o uso de revestimento de fécula de mandioca na manutenção da qualidade pós-colheita. As frutas inteiras foram imersas nas concentrações de 2%, 3% e 4%. O biofilme, nas concentrações de 3% e 4% mostrou-se efetivo em retardar o amadurecimento destas proporcionando maior teor de açúcares não-redutores, de vitamina C e menores teores de açúcares totais, açúcares redutores, pectina solúvel, percentual de solubilização e também menor atividade das enzimas

pectinametilesterase e poligalacturonase. Essa alternativa apresentou-se viável na conservação das goiabas.

## 3 MATERIAL E METODOS

### 3.1 Preparação da quitosana

Foram preparadas duas concentrações diferentes de coberturas ou filmes comestíveis a partir de quitosana. Estes filmes podem ser definidos como uma fina camada contínua formada ou depositada no alimento preparada a partir de materiais biológicos que agem como barreira a elementos externos. Como estes elementos externos podem ser indicados a umidade do ar ou do meio circundante, e dos gases atmosféricos (oxigênio e gás carbônico) conduzindo, conseqüentemente, a uma maior proteção do alimento, com um eventual aumento da sua vida de prateleira.

Foi feita a síntese da quitosana a partir da quitina (Figura 2), o que torna viável economicamente. O processo de desacetilação foi realizado com auxílio de uma manta térmica (Figura 3 A e B). Neste processo de preparo de quitosana foi obtida uma desacetilação de 64%.

Assim a quitosana foi preparada segundo o método descrito por Yao *et al.* (1994) com modificações à partir da hidrólise alcalina de 10 g de quitina com solução de NaOH 1 M 50% (p/v), permanecendo 24 hrs (refluxo) sob agitação magnética. Após o preparo inicial a solução foi deixada em repouso em temperatura ambiente durante 26 horas.



FIGURA 2. Visualização da forma e aparência da quitina bruta obtida do fornecedor Sigma – Aldrich Brasil LTDA. Laboratório de Pós-Colheita. UFRGS. Porto Alegre - RS, 2012.

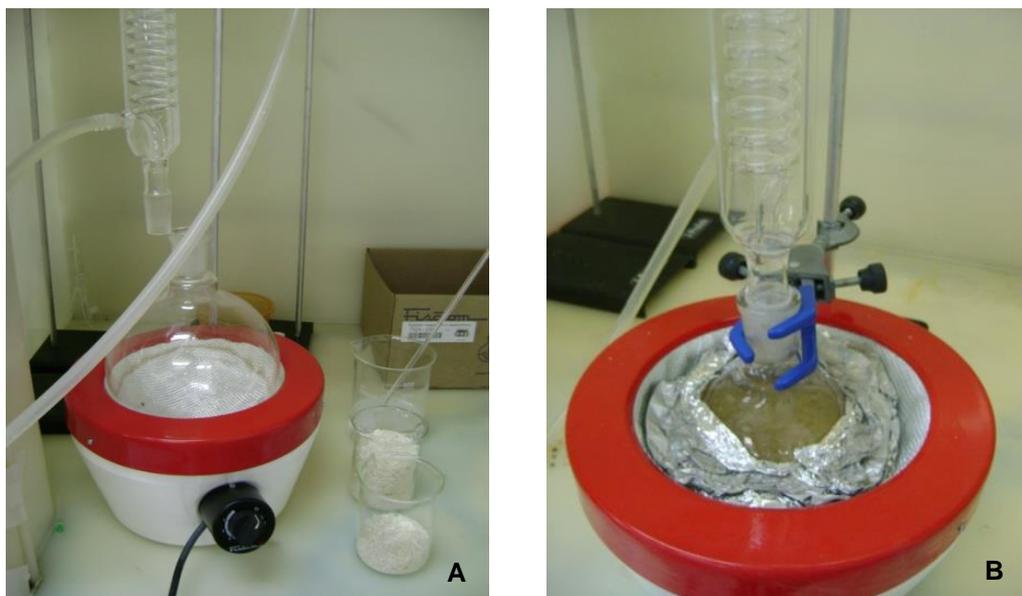


FIGURA 3. Processo desacetilação da quitina (A) e uma aproximação do balão condicionado em manta aquecedora (B). Laboratório de Pós-Colheita. UFRGS. Porto Alegre – RS, 2012.

O material em suspensão foi separado da solução por filtração e lavado com água destilada até pH próximo de 7. A quitosana resultante da filtração (Figura 4 A e B) foi seca durante 24 horas em uma estufa a 60° C.



FIGURA 4. Quitosana obtida bruta (A) fibras alongadas após purificação(B). Laboratório de Pós-Colheita. UFRGS. Porto Alegre-RS, 2012.

### **3.2 Preparação das soluções de coberturas**

As coberturas de quitosana nas concentrações de 1% (A) ou 2% (B), foram obtidas pela agitação por 30 minutos da suspensão da quitosana + ácido acético à pH 4 (Figura 5 e 6)

#### **3.2.1 Solução filmogênica de quitosana (1% m/v)**

Para obtenção de uma solução filmogênica na concentração de 1% (p/v) utilizou-se 1 g de quitosana em 5% (m/v) de ácido acético. Esta solução foi completada para 100 mL com água destilada em balão volumétrico. Esta solução foi diluída em água em proporções de volumes iguais de quitosana e água (1:1).

#### **3.2.2 Solução filmogênica de quitosana (2% m/v)**

Para obtenção de uma solução filmogênica de 2% (p/v) foram utilizados 2 g de quitosana em 5% (m/v) de ácido acético e novamente completando para 100 mL de solução conforme descrito no item anterior. Esta solução sofreu diluição de 1:3 de quitosana e água destilada.



FIGURA 5. Pesagem de quitosana em balança analítica (A) e preparação das soluções filmogênicas (B). Laboratório de Pós-Colheita. UFRGS. Porto Alegre, 2012.



FIGURA 6. Controle de pH com papel indicador (A) das amostras das soluções filmogênicas (B). Laboratório de Pós-Colheita. UFRGS. Porto Alegre. 2012.

### **3.2.3 Solução filmogênica de fécula de mandioca (1% m/v)**

Para obtenção de uma solução filmogênica à base de fécula de mandioca na concentração de 1% (p/v) utilizou-se 10 g de fécula de mandioca, em aproximadamente 300 mL de água deionizada fria. Utilizou-se um bastão de vidro para realizar a homogeneização da fécula de mandioca com a água deionizada fria e completo o volume para 1 L com água deionizada quente (100 °C). A solução quando alcança 70 °C gelifica o amido, tornando a solução viscosa.

### **3.2.4 Solução filmogênica de fécula de mandioca (2% m/v)**

Para obtenção de uma solução filmogênica à base de fécula de mandioca na concentração de 1% (p/v) utilizou-se 20 g de fécula de mandioca, em aproximadamente 300 mL de água deionizada fria. Utilizou-se um bastão de vidro para realizar a homogeneização da fécula de mandioca com a água deionizada fria. Complete o volume para 1 L com água deionizada quente (100 °C). A solução quando alcança 70 °C gelifica o amido, tornando a solução viscosa.

## **3.3 Ensaio A**

Foram utilizadas maçãs da cultivar Fuji standard, calibre 70, provenientes da safra 2011/2012. Os frutos foram adquiridos na CEASA – Porto Alegre, de atacadista estabelecido, estavam com 5 meses de armazenamento refrigerado. Na tabela 1 são apresentados os resultados das análises físico-químicas realizadas na instalação do ensaio.

TABELA 1. Resultados de análises físico-químicas de maçãs cv. Fuj na instalação do ensaio de cobertura com filme de quitosana. Laboratório de Pós - Colheita. UFRGS. Porto Alegre, 2012.

<b>SS</b> (° Brix)	<b>AT</b> (% de ácido málico)	<b>Cor</b> (H°)	<b>Firmeza</b> (N)	<b>Vit. C</b> (mg/100 ml)	<b>Maturação</b> (Iodo-amido)
15	0,11	89,63	56	0,20	4,0 – 5,0

### 3.3.1 Processamento das amostras

As maçãs provenientes da CEASA foram levadas até o laboratório de Pós-Colheita, da Faculdade de Agronomia – UFRGS, selecionadas manualmente, sendo descartadas aquelas que apresentavam injúrias, deformações, podridões e marcas de danos por insetos.

O revestimento dos frutos com os filmes de quitosana foi feito por tratamento de imersão (Figura 7). As maçãs permaneceram submersas na solução por 1 minuto, seguidas de drenagem e secagem à temperatura ambiente (Figura 8). Após este período as maçãs foram acondicionadas em bandejas plásticas mantidas em condições controladas de temperatura e umidade relativa.

Foram realizados dois ensaios independentes, sendo um deles armazenado sob condição de armazenamento refrigerado em temperatura 0° C e UR 80 ± 5%. No segundo experimento as maçãs foram mantidas em temperatura ambiente de 20° C em unidade de demanda bioquímica de oxigênio (BOD).

As maçãs, 15 frutos, recobertas com os filmes foram analisadas através de variáveis físico-químicas na instalação do experimento e aos 5, 10 ou 15 dias de armazenamento com mais três dias de simulação da comercialização.

Sendo os seguintes tratamentos:

**T1:** Testemunha – maçãs sem tratamentos; **T2:** maçãs recobertas com solução filmogênica à base de quitosana na concentração de 1% e **T3:** solução filmogênica à base de quitosana na concentração de 2%.

Os mesmos tratamentos foram colocados em BOD e em câmara fria simultaneamente.

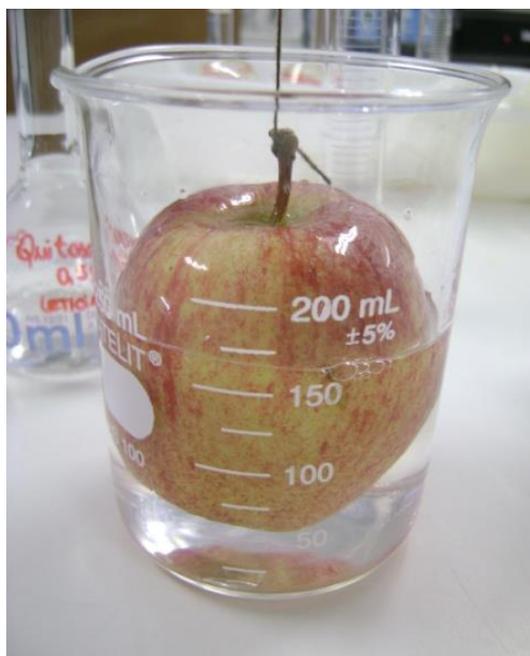


FIGURA 7. Visualização do tratamento de imersão das maçãs cv. Fuji standar na solução filmogênica de quitosana. Laboratório de Pós-colheita. UFRGS. Porto Alegre, 2012.



FIGURA 8. Maçãs cv. Gala standar revestidas com solução filmogênica a base de quitosana. Frutos durante a secagem. Laboratório de Pós-Colheita. UFRGS. Porto Alegre, 2012.

### 3.3.2 Análises realizadas

Para as análises físico-químicas foram utilizados 15 maçãs. Estas maçãs foram analisadas para as seguintes variáveis:

#### 3.3.2.1 Cor de superfície dos frutos

A determinação da cor de cobertura das maçãs foi determinada com um aparelho medidor de cores da marca Konica/Minolta, modelo CR400. De cada maçã foram tomadas duas leituras em lados opostos na região equatorial dos frutos.

Com os valores de 'a' e 'b' fornecidos pelo medidor de cores em cada leitura foram calculadas intensidade e a pureza da pigmentação da epiderme das maçãs. Os valores de ângulo *hue* e de chroma foram determinados pelas equações, respectivamente (Minolta 1993)(Figura 9):

$$\hat{\text{Ângulo hue}} = \text{arctang}(b/a) * (b/a) * 180/\pi \quad (1).$$

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

As medidas do valor  $L^*$  obtidas pelo aparelho medidor de cores (Konica/Minolta) apontam para o nível de reflexão da luz apresentada pelas amostras. Amostras com valores de  $L^*$  elevados correspondem aquelas amostras que possuem superfície clara, ou que apresentam uma reflexão em relação ao padrão branco maior. Em contrapartida as medidas com valores de  $L^*$  menores correspondem a superfícies mais escuras, portanto, superfícies que refletem menos a luz incidente.

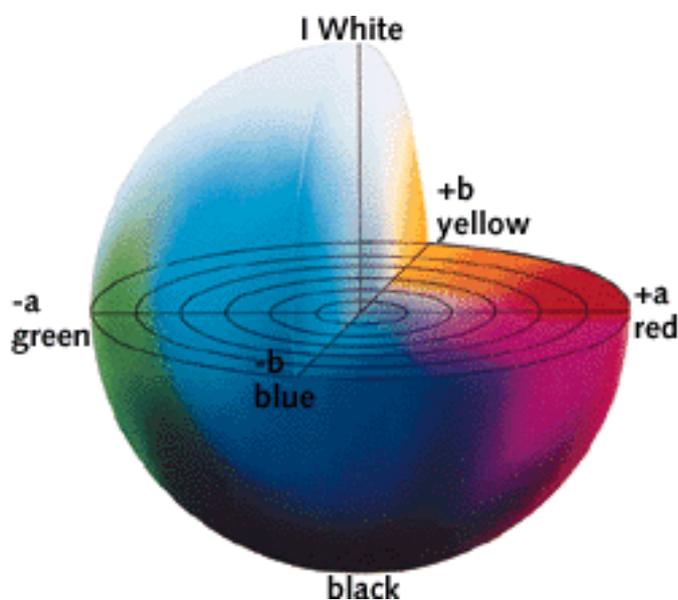


FIGURA 9. Modelo CIELAB - espaço de cor expresso pelo ângulo Hue. Impressão UNICAP.

### 3.3.2.2 Firmeza de polpa

A firmeza de polpa das maçãs foi determinada com o auxílio de um penetrômetro digital de bancada. De cada maçã foram feitas duas leituras da região equatorial. Foram duas leituras em posições equatorialmente opostas e, expressas em Newton (N) sempre com remoção da epiderme

### **3.3.2.3 Teores de sólidos solúveis (SS)**

As amostras de cada tratamento foram homogeneizadas em processador doméstico. Do suco oriundo desta homogeneização determinou-se por refratometria, a determinação dos teores de sólidos solúveis totais. Utilizou-se um refratômetro de mesa (ABBE – 2WAJ), sendo a leitura corrigida para 20°C conforme descrito pela AOAC, (2002).

### **3.3.2.4 Acidez titulável (AT)**

Com o suco obtido da homogeneização com processador doméstico determinou-se a acidez titulável por titulometria de neutralização. Uma alíquota de 10 mL de suco homogeneizado foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1N até atingir pH 8,1. Os resultados são expressos em percentual de ácido cítrico. Métodos esta descrito na AOAC, (2002).

### **3.3.2.5 Perda de massa fresca**

A perda de massa fresca das unidades experimentais foi determinada a partir das diferenças de peso observadas entre o momento da instalação do experimento e ao final de cada período de armazenagem. A massa fresca foi medida em balança semi-analítica e os resultados são expressos em percentual em relação à massa inicial.

### **3.3.2.6 Avaliação da incidência de podridões**

A determinação da ocorrência de podridões foi realizada por análise visual e expressa em percentagem de maçãs com sintomas de podridão em cada período de armazenagem. Foram consideradas podres as maçãs que apresentavam manchas com características próprias de crescimento de fungos (Sanhueza, 2004).

### **3.3.2.7 Ácido L-ascórbico**

A análise de L-ascórbico foi realizada no Laboratório de Cromatografia de Alimentos (DCTA/UFPEL – Campus Universitário. Pelotas - RS). Onde teores de ácido L-ascórbico foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) em equipamento da marca Shimadzu. O cromatografo está equipado com detector espectrofotométrico UV/V, coluna fase reversa de 3,9 cm x 150 mm X 4 µm, módulo de mistura dos solventes, desgaseificador, bomba reodine amostrador automático e software de processamento dos dados.

Para estas determinações de ácido ascórbico foi tomada uma alíquota de 10 mL de suco, as amostras estavam acondicionadas em ultra-freezer a - 50 °C, e dissolveu-se em 30 mL de solução de ácido metafosfórico a 4,5% (p/v) em água ultra – pura. Esta solução foi deixada em repouso por 1 h no escuro e, logo após foi filtrada através de algodão, passada para um balão volumétrico de 50 mL e completando-se o volume com água ultra pura. Deste filtrado retirou-se uma alíquota de 1,5 mL e centrifugou-se por 10 minutos a 10.000 rpm em uma micro centrífuga NT800.

O sobrenadante foi recolhido e uma alíquota de 25  $\mu\text{L}$  da amostra foi injetada no cromatógrafo líquido com uma microseringa. A leitura foi feita em comprimento de onda de 254 nm. A separação foi desenvolvida utilizando um sistema de gradiente com as fases móveis contendo água ultra – pura, ácido acético (99,9:0,1 v/v) e metanol (Tabela 2), com fluxo de  $0,8 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ , seguindo a metodologia adaptada de Vinci *et.al.*, (1995) e Ayhan *et.al.*, (2001).

TABELA 2. Programa do gradiente de eluição de amostras de maçã cv. Fuji utilizado na separação do ácido L-ascórbico. Laboratório de Cromatografia de Alimentos. (DCTA/UFPEL). Pelotas. (2013)

Tempo (min.)	Solvente A (%)	Solvente B (%)
0	100	0
5	98	2
7	98	2
10	100	0

Solvente A: solução de água ultra pura:ácido acético (99,9: 0,1. v/v).  
Solvente B: metanol.

Para identificação e quantificação de teores de vitamina C utilizou-se a curva padrão externo preparada com ácido L-ascórbico. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico. $100\text{g}^{-1}$  (ou  $100 \text{ mL}^{-1}$ ) de suco.

### 3.3.2.8 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Para avaliações de efeitos dos tratamentos de cobertura na epiderme das maçãs por microscopia eletrônica de varredura (MEV) retirou-se, em cada período de armazenagem, duas porções retangulares (0,5 x 2,0 cm) de casca de maçãs da região equatorial do epicarpo das maçãs armazenadas em BOD e em câmara fria.

As amostras de casca foram fixadas em lâminas histológicas de vidro, utilizando fita dupla face adesiva nas extremidades, de modo a permanecerem estendidos durante o processo (Figura 10 ). Na sequência, as lâminas foram dispostas em placas de Petri de vidro e colocadas dentro de um dessecador contendo sílica gel para a desidratação, segundo metodologia descrito por Castro *et al.*, (2002).

As placas foram mantidas a temperatura ambiente no dessecador contendo sílica durante um período mínimo de uma semana. Após foram retiradas fragmentos de 1,0 x 1,0 mm com auxílio de bisturi. Os fragmentos, de cada amostra, foram levados para observação em MEV em suportes (*stub*) de alumínio (Figura 11) com fita adesiva preta dupla fase

Os fragmentos fixados nos *stubs* foram então recobertos com uma camada de 15nm de ouro em metalizador Balzer para posterior visualização em microscópio eletrônico de varredura JEOLJSM-6060, sob 10kV.



FIGURA 10. Placa de Petri contendo lâmina histológica de vidro com amostras de epicarpo de maçãs cv, Fuji fixadas com fita dupla face para secagem em dessecador. Laboratório de Pós-Colheita. UFRGS, Porto Alegre, 2012.



FIGURA 11. Suportes de alumínio (*stub*) com fragmentos de 1mm<sup>2</sup> de epicarpo de maçãs cv. Fuji para metalização (recobrimento por camada de 15nm de ouro). Laboratório de Pós-Colheita. UFRGS. Porto Alegre, 2012.

### 3.3.3 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com esquema fatorial de 3 x 2 x 2 (3 períodos de armazenamento, 2 temperaturas e 2 concentrações). Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Diferenças Mínimas Significativas ( $p \leq 0,05$ ), mediante o programa SAS versão 8.0.

### 3.4 Ensaio B

Neste experimento foram utilizadas maçãs da cultivar Royal Gala, calibre, provenientes da safra 2012/2013. Os frutos foram adquiridos na CEASA – Porto Alegre, de atacadista estabelecido.

### 3.4.1 Processamento das amostras

As maçãs provenientes da CEASA foram levadas até o laboratório de Pós-Colheita, da Faculdade de Agronomia – UFRGS, selecionadas manualmente, sendo descartadas aquelas que apresentavam injúrias, deformações, podridões e marcas de danos por insetos.

O revestimento dos frutos com os filmes de fécula de mandioca foi feito por tratamento de imersão (Figura 12 A e B). As maçãs permaneceram submersas, seguidas de drenagem e secagem à temperatura ambiente (Figura 12 C). Após este período as maçãs foram acondicionadas em caixas plásticas mantidas em condições controladas de temperatura e umidade relativa. Sob condição de armazenamento refrigerado em temperatura 0° C e UR 80 ± 5%.

As maçãs, 15 frutos, recobertas com os filmes foram analisadas através de variáveis físico-químicas na instalação do experimento e aos 5, 10, 15 e 20 dias de armazenamento.

Sendo os tratamentos: **T1**: Testemunha; **T2**: solução a base de quitosana na concentração 1%, **T3**: solução a base de quitosana na concentração 2%; **T4**: solução à base de fécula de mandioca na concentração 1%; **T5**: solução a base de fécula de mandioca na concentração 2%.

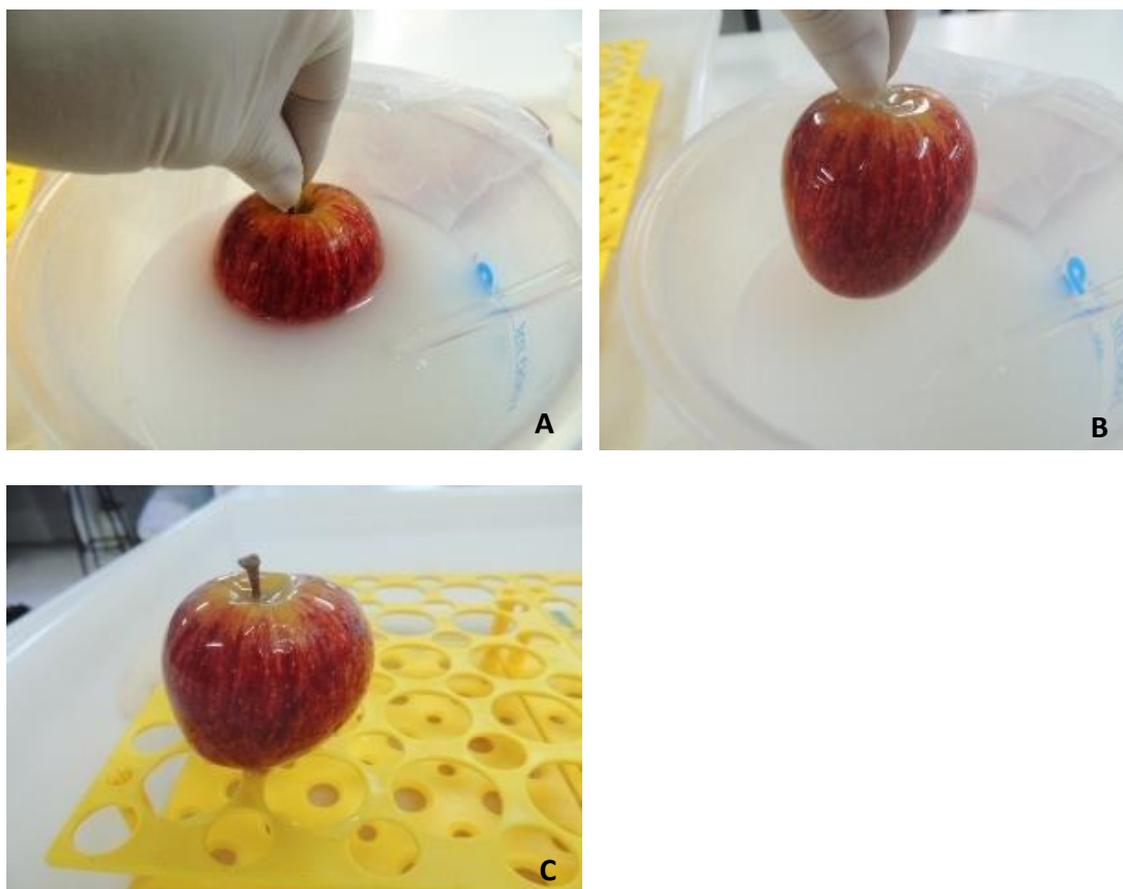


FIGURA 12. Visualização do tratamento de imersão das maçãs (A e B) cv. Royal Gala na solução filmogênica de fécula de mandioca. Maçãs no processo de secagem (C). Laboratório de Pós-Colheita. UFRGS. Porto Alegre, 2013.

### 3.4.2 Análises realizadas

Para as análises físico-químicas foram utilizados 15 maçãs. Estas maçãs foram analisadas para as seguintes variáveis:

#### 3.4.2.1 Cor de superfície dos frutos

A determinação da cor de cobertura das maçãs foi determinada com um aparelho medidor de cores da marca Konica/Minolta, modelo CR400. De cada maçã foram tomadas duas leituras em lados opostos na região equatorial dos frutos.

Com os valores de  $a'$  e  $b'$  fornecidos pelo medidor de cores em cada leitura foram calculadas intensidade e a pureza da pigmentação da epiderme das maçãs. Os valores de ângulo *hue* e de chroma foram determinados pelas equações, respectivamente (Minolta 1993)(Figura 10):

$$\hat{\text{Ângulo}} \textit{ hue} = \text{arcotang} (b/a) * (b/a) * 180/\pi \quad (1).$$

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

As medidas do valor  $L^*$  obtidas pelo aparelho medidor de cores (Konica/Minolta) apontam para o nível de reflexão da luz apresentada pelas amostras. Amostras com valores de  $L^*$  elevados correspondem aquelas amostras que possuem superfície clara, ou que apresentam uma reflexão em relação ao padrão branco maior. Em contrapartida as medidas com valores de  $L^*$  menores correspondem a superfícies mais escurecida, portanto, superfícies que refletem menos a luz incidente.

#### **3.4.2.2 Firmeza de polpa**

A firmeza de polpa das maçãs foi determinada com o auxílio de um penetrômetro digital de bancada. De cada maçã foram feitas duas leituras da região equatorial. Foram duas leituras em posições equatorialmente opostas e, expressas em Newton (N) sempre com remoção da epiderme.

#### **3.4.2.3 Teores de sólidos solúveis (SS)**

As amostras de cada tratamento foram homogeneizadas em processador doméstico. Do suco oriundo desta homogeneização determinou-se por refratometria, a determinação dos teores de sólidos solúveis totais.

Utilizou-se um refratômetro de mesa (ABBE – 2WAJ), sendo a leitura corrigida para 20°C conforme descrito pela AOAC, (2002).

#### **3.4.2.4 Acidez titulável (AT)**

Com o suco obtido da homogeneização com processador doméstico determinou-se a acidez titulável por titulometria de neutralização. Uma alíquota de 10 mL de suco homogeneizado foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1N até atingir pH 8,1. Os resultados são expressos em percentual de ácido cítrico. Métodos esta descrito na AOAC, (2002).

#### **3.4.2.5 Relação SS/AT**

Determinada pelo quociente entre os dois constituintes, sólidos solúveis totais/acidez total titulável.

#### **3.4.2.6 pH**

O pH foi determinado através de potenciometria com o uso do peagômetro micronal marca: Digimed – Digicrom Analitica LTDA., modelo DM-20, medido diretamente na amostra de suco.

#### **3.4.2.7 Perda de massa fresca**

A perda de massa fresca das unidades experimentais foi determinada a partir das diferenças de peso observadas entre o momento da instalação do experimento e ao final de cada período de armazenagem. A massa fresca foi

medida em balança semi-analítica e os resultados são expressos em percentual em relação à massa inicial

#### **3.4.2.8 Avaliação da incidência de podridões**

A determinação da ocorrência de podridões foi realizada por análise visual e expressa em percentagem de maçãs com sintomas de podridão em cada período de armazenagem. Foram consideradas podres as maçãs que apresentavam manchas com características próprias de crescimento de fungos (Sanhueza, 2004).

#### **3.4.2.9 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)**

Para avaliações de efeitos dos tratamentos de cobertura na epiderme das maçãs por microscopia eletrônica de varredura (MEV) a metodologia foi semelhante ao ensaio A.

#### **3.4.3 Análise estatística**

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com esquema fatorial de 5 x 4 ( 5 tratamentos de revestimentos x 4 períodos de armazenamento). A unidade experimental foi composta por 15 frutos por tratamento com 3 repetições. Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Diferenças Mínimas Significativas ( $p \leq 0,05$ ), mediante o programa SAS versão 8.0.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultados ensaio A

#### 4.1.1 Cor da superfície das frutas

##### 4.1.1.1 L\*

Ao compararmos os tratamentos de coberturas nos frutos da testemunha e dos frutos cobertos com solução à base de quitosana 1% ou 2% com as temperaturas de armazenamento em 0 °C a 20 °C é possível observar que nas maçãs armazenadas a 0 °C o valor de L\* foi maior para as maçãs revestidas com solução à base de quitosana na concentração de 1%. Nas maçãs armazenadas a 20 °C o valor de L\* mais elevado foi para os frutos cobertos com solução à base de quitosana a 2% (Tabela 3 e Figura 13). Esta observação se deve provavelmente ao aumento de reflexão da luz incidente o que pode ser comparado ao brilho dos frutos proporcionado pelas soluções de quitosana. Segundo Assis *et al.* (2009) independente da espessura e da composição do filme protetor, a aplicação de filmes causa mudanças na coloração tanto na casca do fruto como na superfície cortada.

Jorge *et al.* (2011) trabalhando com maçãs cv. Royal Gala recobertas e não recobertas com solução de quitosana determinaram um aumento no valor de L\*, nos frutos tratados o que também pode ser observado no presente trabalho.



FIGURA 13. Maçãs tratadas com solução filmogênica à base de quitosana: (A) na concentração de 1% acondicionadas a 0 °C; (B) na concentração de 2 % acondicionadas a 20 °C. Laboratório de Pós-Colheita. UFRGS. Porto Alegre, 2012.

TABELA 3. Valores de L\* obtido em aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR 400 de maçãs cv. Fuji standard armazenadas ou a 0 °C ou a 20 °C revestidas e não revestidas com solução filmogênica à base de quitosana 1 e 2%. Porto Alegre, 2012.

Tratamentos	Temperatura de Armazenamento	
	0 °C	20 °C
T1	52,61 A b	45,54 B b
T2	58,16 A a	42,58 B b
T3	45,33 B c	55,70 A a

T1: Testemunha; T2: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 1%; T3: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 2%; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Costa (2009) observou em ensaios com aplicação de coberturas comestíveis à base de quitosana contendo cálcio e ácidos graxos para promover a manutenção da qualidade pós-colheita de morangos cv. Aromas durante o armazenamento refrigerado que as três coberturas não provocaram variação na luminosidade dos morangos. O autor determinou que a aplicação de quitosana misturada a cloreto de cálcio ou ácido oléico ou ácido esteárico não resultou em diferenças significativas no parâmetro L\* dos frutos

submetidos aos diferentes tratamentos durante todo o período de armazenamento.

Há ainda mais referências (Vargas *et al.*, 2006; Ribeiro *et al.*, 2007 Hernandez - Muñoz *et al.*, 2008) em que são relatadas diminuições no valor de  $L^*$  de amostras não cobertas e cobertas com solução de quitosana e cálcio durante uma semana de armazenamento a 10 °C. As mudanças nas propriedades de reflexão de um feixe de luz incidente da superfície de um fruto com cobertura podem provocar essa diminuição na luminosidade. O aumento da opacidade do fruto coberto também pode ser devido à incorporação de componentes lipídico à cobertura de quitosana (Park & Zhao, 2004). Também deve ser considerada a diferente estrutura da cutícula epidérmica dos frutos mencionados na literatura, que são diferentes da maçã, podendo isso afetar a luminosidade quando for aplicado um recobrimento nelas.

#### **4.1.1.2. $a^*$**

A pigmentação verde nas maçãs ocorre pela presença de clorofila na epiderme das maçãs. Com o avanço da maturação das maçãs ocorre uma degradação desse pigmento e produção dos carotenóides, responsáveis pela pigmentação amarela. A pigmentação vermelha é decorrente das antocianinas que são formadas em frutos fisiologicamente desenvolvidas (MacDougall, 2002).

Ao avaliarmos os dados observamos uma diferença entre as temperaturas nas maçãs revestidas com solução à base de quitosana na concentração de 1%, onde os frutos armazenados a 0 °C apresentaram um valor menor que os frutos armazenados a 20 °C. Entre os tratamentos as

maçãs revestidas com solução à base de quitosana na concentração de 1% apresentou menor valor que os outros tratamentos. Não houve diferença entre as maçãs da testemunha e as maçãs revestidas com solução à base de quitosana na concentração de 2% (Tabela 4).

Os valores de  $a^*$  correspondem à escala do verde ao vermelho, onde os valores mais positivos indicam que a cor destas maçãs está mais próxima do vermelho. Ao contrário, valores mais negativos de  $a^*$  indicam que a cor de cobertura das maçãs está mais próxima do verde. De certa forma esta variação esta relacionada com o estágio de maturação das maçãs.

É provável que a cobertura à base de quitosana na concentração de 1% em conjunto com a baixa temperatura de armazenagem (0°C) diminuiu a taxa respiratória e conseqüentemente, resultou em maçãs menos maduras, isto é, em estágio de maturação mais verde. Santos *et al.*, 2008, avaliando a qualidade do pêsego cv. Douradão, quando tratados com solução de quitosana a 1 % na comparação com uso de embalagens de polietileno em associação com embalagens em temperaturas adequadas de refrigeração constataram que os valores de  $a^*$  foram menores nos pêsegos tratados com solução de quitosana

Cerqueira *et al.* (2011), avaliando o efeito de recobrimentos com base protéicos e de quitosana na conservação de goiabas cv. Kumagai, concluíram que tratamento com quitosana na concentração 6 % sem glicerol impediu o amadurecimento das goiabas. Goiabas com este tratamento ficaram completamente amarelecidas, sendo observado principalmente pelo valor do matiz (ângulo *hue*) na região do amarelo.

TABELA 4. Valor de  $a^*$  obtido em aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR 400 em maçãs cv. Fuji standard armazenadas ou a 0 °C ou a 20 °C revestidas com solução filmogênica de quitosana 1 e 2%. Porto Alegre, 2012.

Tratamentos	Temperatura de Armazenamento	
	0 °C	20 °C
T1	17,06 A a	17,10 A a
T2	8,31 B b	17,04 A a
T3	14,72 A a	12,93 A a

T1: Testemunha; T2: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 1%; T3: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 2%.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

As modificações na coloração dos frutos com o amadurecimento são devidas a processos degradativos como, por exemplo, de carotenóides, sendo um dos principais critérios de julgamento do seu estado de maturação e também do amadurecimento de frutas.

#### 4.1.1.3 $b^*$

A variável  $b^*$  é uma coordenada da cromaticidade que define a cor amarela para valores positivos e a cor azul para valores negativos.

Através da tabela é possível observar que entre as temperaturas, a testemunha e as maçãs revestidas com solução à base de quitosana na concentração 1%, apresentaram comportamento semelhantes, maior valor de  $b^*$  a 0 °C e menor valor a 20 °C, inverso das maçãs revestidas com solução à base de quitosana na concentração 2%, onde o maior valor de  $b^*$  foi em câmara fria (20 °C) e o menor em BOD (Tabela 5). Em trabalho executado por Jorge (2010), houve uma tendência de elevação no valor de  $b^*$  ao fim do período de armazenamento de maçãs cv. Royal Gala recobertas com solução de quitosana. Han *et al.*, (2004) observaram que a adição de 5% glucanato de cálcio e 0,2 de vitamina E à cobertura de quitosana elevou a coloração

morango e framboesa. Esses tratamentos produziram coberturas mais amarelas e menos transparentes quando houve a adição da vitamina E.

Ferri *et al* (2007) relataram um aumento da cor amarela ( $b^*$ ) em maçãs 'Catarina' e 'Fuji' durante o período de armazenamento. Segundo Girardi *et al.*, (2000), a alteração mais evidente é a perda da coloração esverdeada causada pela degradação da clorofila. Em paralelo, há síntese de pigmentos como carotenóides e antocianinas, responsáveis pela pigmentação avermelhada. Estas mudanças são acentuadas em frutos em estágio mais avançado de maturação e expostos a maiores temperaturas e mais prolongados períodos de comercialização.

TABELA 5. Valor de  $b^*$ , obtidos por aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR400 em maçãs cv. Fuji standard armazenadas 0 °C ou 20 °C, revestidas e não revestidas com solução filmogênica de quitosana 1 e 2%. Porto Alegre, 2012.

Tratamentos	Temperatura de Armazenamento	
	0 °C	20 °C
T1	27,56 A b	16,95 B b
T2	33,02 A a	15,62 B b
T3	17,21 B c	30,16 A a

T1: Testemunha; T2: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 1%; T3: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 2%. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.1.1.4 Matiz (*Hue*<sup>\*</sup>)

É possível observar uma diminuição significativa do matiz ou tonalidade expressos como ângulo *hue* nos tratamentos testemunha e com revestimento à base de quitosana na concentração de 1% das maçãs armazenadas na temperatura de 0°C em comparação à temperatura de 20°C. Na temperatura de 0 °C há destaque para a solução à base de quitosana 2%. Esse tratamento

apresenta o menor valor do ângulo *hue*, em comparação com os outros dois tratamentos (Tabela 6).

Almeida (2005) destaca que o menor valor da tonalidade (*hue*\*) na casca dos pêssegos de tratamento controle indica que a cor vermelha está predominando em relação ao amarelo. Segundo o autor, é um dos seus atrativos para essa cultivar.

Com a manutenção das maçãs em temperaturas mais elevadas apenas há uma perda de coloração que pode ser atribuída por um avanço nos processos de senescência segundo Chitarra e Chitarra (2005). Souza *et al.* (2011) estudando o uso de solução de quitosana como cobertura em mangas cv. Tommy Atkins, concluíram que o recobrimento com solução de quitosana retardou o amadurecimento dessas mangas, por 9 dias de armazenamento a 23 °C. Ainda de acordo com os autores, a concentração de 1,5% de solução de quitosana propiciou melhor manutenção da cor da polpa, dos teores de sólidos solúveis, da acidez titulável, de ácido ascórbico, dos valores de SS/AT e da firmeza.

TABELA 6. Valor do matiz (*hue*\*), em maçãs cv. Fuji standard revestidas e não revestidas com solução filmogênica de quitosana 1 ou 2% e, armazenadas 0 °C ou 20 °C. Porto Alegre, 2012.

Tratamentos	Temperatura de Armazenamento	
	0 °C	20 °C
T1	68,32 A a	46,12 B a
T2	82,45 A a	44,36 B a
T3	50,45 A b	56,41 A a

T1: Testemunha; T2: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 1%; T3: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 2%.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.1.2. Firmeza de polpa

A textura está entre os principais atributos de qualidade em frutos (Pitts *et al.*, 1997). Por este motivo, os padrões para classificação incluem um valor mínimo de firmeza de polpa. Segundo Awad (1993) as propriedades mecânicas de resistência dos tecidos se correlacionam com as características estruturais do conglomerado celular e estas são dependentes da coesividade, do tamanho, da forma e da turgidez das células que compõem o tecido.

Outra observação importante é que com o aumento da temperatura de armazenamento, ocorreu uma redução da firmeza das frutas.

As maçãs revestidas com solução à base de quitosana na concentração de 2% apresentaram uma maior perda de firmeza em relação às maçãs revestidas com solução à base de quitosana na concentração de 1% e as testemunhas nos períodos 5 ou 15 dias de armazenamento (Tabela 7).

TABELA 7. Firmeza da polpa (N) de maçãs cv. Fuji standard, revestidas e não revestidas com solução filmogênica de quitosana 1 e 2% e armazenadas por 5, 10 e 15 dias. Porto Alegre, 2012.

Tratamentos	Período de Armazenamento		
	5 dias	10 dias	15 dias
T1	52,14 A ab	50,13 A a	48,98 A a
T2	56,96 A a	56,10 A a	54,21 A a
T3	48,76 A b	49,36 A a	32,89 B b

T1: Testemunha; T2: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 1%; T3: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 2%. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A perda de firmeza de polpa é uma tendência natural dos tecidos com o avanço da maturação. Durante a maturação ocorre a conversão das pectinas insolúveis em pectinas solúveis, resultando na perda de estrutura e diminuindo a resistência dos frutos (Chitarra & Chitarra, 2005). Cerqueira *et al.* (2011)

observaram que em goiabas o tratamento com 6% de quitosana interferiu na perda normal de firmeza, provavelmente, devido à excessiva restrição às trocas gasosas entre os tecidos do fruto e atmosfera externa.

Essa restrição às trocas gasosas resulta numa alteração no metabolismo dos tecidos, provocando redução dos processos de degradação de paredes celulares e despolimerização de pectinas mantendo, desta forma, maior firmeza do tecido. Li & Yu, (2000) aplicando cobertura de solução de quitosana (1%) em pêssegos cv. Douradão e Aurora – 1 observaram que houve uma manutenção de firmeza nestes frutos.

O amolecimento considerável que os frutos sofrem durante a senescência ocorre principalmente como resultado da degradação da lamela média da parede celular do parênquima cortical (Perkins – Veazia & Collins, 1995). Outra característica que influencia a firmeza do fruto é a força de coesão da parede celular, o contato célula-célula e o turgor celular (Harker *et al.* 1997). Silva (2004) argumenta que o amadurecimento é marcado por modificações na textura associadas ao metabolismo de carboidratos da parede celular, que culminam com a redução da firmeza dos frutos.

As substâncias pécticas constituem a classe de polissacarídeos da estrutura da parede celular que apresentam a mais marcante modificação durante o amadurecimento dos frutos. A solubilização e a despolimerização das substâncias pécticas normalmente acompanha a perda de firmeza de polpa dos frutos durante o seu amadurecimento.

#### 4.1.3 Teor de sólidos solúveis (SS)

Os sólidos solúveis são compostos solúveis em água e importantes na determinação da qualidade gustativa dos frutos (Kluge, 2002). Fazem parte deste conjunto de moléculas, os açúcares propriamente ditos, como a glicose, frutose e sacarose. Esses estão presentes em maior concentração. Outras hexoses dissolvidas tanto no interior das células como, eventualmente, nas paredes celulares podem também contribuir para o valor refratométrico obtido pela determinação dos sólidos solúveis.

Pode-se observar que houve pequena perda no teor de sólidos solúveis a partir dos 10 dias no tratamento testemunha, seguindo sem alteração, até o final do armazenamento (Tabela 8). Nas maçãs revestidas com solução à base de quitosana na concentração de 1% observou-se um aumento no teor de sólidos solúveis aos 10 dias, vindo a apresentar uma queda ao fim do armazenamento.

Nos frutos revestidos com solução à base de quitosana na concentração de 2% constatou-se aos 10 dias uma queda no teor de sólidos solúveis, finalizando o período de armazenamento com um aumento neste teor (Tabela 8). Segundo Gonçalves *et al.* (2000), em atmosfera refrigerada, peras Nijisseiki apresentaram maior concentração de sólidos solúveis totais devido a desidratação dos frutos, ocorrendo, conseqüentemente, maior concentração de açúcares e ácidos o que pode, em parte, explicar o aumento no teor de sólidos solúveis nas maçãs do tratamento com solução de quitosana na concentrações de 2% aos 15 dias de armazenamento. Nas maçãs do tratamento testemunha ocorreu uma diminuição gradual no teor de sólidos solúveis durante o período de armazenamento devido a sua utilização como substrato respiratório.

TABELA 8. Sólidos solúveis totais ( $^{\circ}$  Brix) de maçãs cv. Fuji standard revestidas com solução filmogênica de quitosana a 1 ou 2% armazenadas por 5, 10 ou 15 dias. Porto Alegre, 2012.

Tratamentos	Período de Armazenamento		
	5 dias	10 dias	15 dias
T1	15,07 A a	14,28 B b	14,41 B b
T2	14,18 B b	14,92 A a	14,05 B b
T3	15,03 A a	14,24 B b	15,07 A a

T1: Testemunha; T2: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 1%; T3: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 2%.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Esse fato coincide com dados obtidos por Jorge *et al.*, (2011). Os autores que trabalharam com maçãs cv. Royal Gala revestidas com quitosana e mantida em temperatura ambiente por 46 dias. Embora em trabalho realizado por Ribeiro *et al.* (2007), os autores não observaram diferenças significativas nos teores de sólidos solúveis de morangos cobertos com solução de quitosana e cálcio durante o armazenamento refrigerado. Os resultados evidenciam que o teor de sólidos solúveis na maior concentração de quitosana, tendem a manter-se mais alto ao longo do período de armazenamento do que nos demais tratamentos (Tabela 8). Dang *et al.* (2010), ao avaliarem o efeito do revestimento de quitosana em cerejas, também verificaram incrementos nos teores de sólidos solúveis dos frutos revestidos, comparados com o tratamento controle.

#### 4.1.4 Acidez total titulável (AT)

Os teores de acidez total titulável diminuíram ao longo do armazenamento das maçãs a 20  $^{\circ}$ C. No entanto, maçãs armazenadas a 0  $^{\circ}$ C a acidez manteve-se até o décimo dia ocorrendo um aumento no final do período de armazenamento (Tabela 9). A redução da acidez titulável é explicada pelo

consumo dos ácidos orgânicos como substrato para o metabolismo respiratório (Argenta, 2002; Chitarra & Chitarra, 2005). Ferri *et al.* (2007) verificaram redução da acidez total titulável em maçãs cvs. Catarina e Fuji, imersas em diferentes concentrações de solução de resveratrol, estocadas à temperatura ambiente durante 30 dias.

Vários autores também relatam uma redução da acidez total titulável de maçãs cv. Royal Gala (Brackmann *et al.*, 2001<sub>a</sub>; Corrent *et al.*, 2004); maçãs cv. Fuji (Corrent *et al.*, 2005; Gómez, 2005) e maçãs cv. Gala (Brackmann *et al.*, 2009) quando as maçãs são transferidas para a condição ambiente, após serem estocadas sob atmosfera controlada. O aumento da acidez no período final de armazenamento nas maçãs armazenadas em temperatura de 0 °C, pode ser conseqüência da redução da atividade respiratória, pois os ácidos são as substâncias mais prontamente disponíveis para obtenção de energia pela célula (Brackmann *et al.*, 2001<sub>b</sub>).

TABELA 9. Acidez total titulável (% de ácido málico) de maçãs cv. Fuji standard armazenadas por 5, 10 e 15 dias a 0° C e 20 °C. Porto Alegre, 2012.

Período de Armazenamento	Temperatura de Armazenamento	
	0 °C	20 °C
P1	0,13 B b	0,22 A a
P2	0,14 A b	0,10 B b
P3	0,39 A a	0,08 B c

P1: 5 dias; P2: 10 dias; P3: 15 dias.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

As maçãs do tratamento testemunha e as maçãs recobertas com solução à base de quitosana na concentração de 2% apresentaram redução gradual dos teores de acidez após 15 dias de armazenamento (Tabela 10). Resultado semelhante já foi relatado por outros autores (Brackmann *et al.*,

2001<sub>b</sub>; Brackmann *et al.*, 2009; Corrent *et al.*, 2004; Corrent *et al.*, 2005; Gómez, 2005; Ferri *et al.*, 2007). Trabalhos conduzidos por El Ghaoulth *et al.* (1991<sub>b</sub>), Garcia *et al.* (1998) e Han *et al.* (2004) relatam uma redução significativa da acidez titulável ao longo do armazenamento de morangos com e sem cobertura de quitosana, como resultado da senescência do fruto.

Por sua vez os frutos recobertos com solução à base de quitosana na concentração de 1% apresentaram um comportamento estável ao longo do período avaliado. Segundo Brackmann *et al.*, (2001<sub>b</sub>), isto pode ser consequência da redução da atividade respiratória, pois os ácidos são as substâncias mais prontamente disponíveis para obtenção de energia pela célula. Resultado semelhante encontrado por Miguel *et al.*, (2009), em ensaio com cachos de uva cv. Italia, revestidos com película à base de arginato de sódio em diferentes concentrações, armazenada sob refrigeração, segundo os autores esse comportamento se deve as alterações nos ácidos orgânicos, no caso da uva, ser mínimas durante o armazenamento.

TABELA 10. Acidez total titulável (% de ácido málico) de maçãs cv. Fuji standard revestidas e não revestidas com solução filmogênica de quitosana 1 ou 2% e armazenadas por 5, 10 ou 15 dias à 0 °C. Porto Alegre, 2012.

Tratamentos	Período de Armazenamento		
	5 dias	10 dias	15 dias
T1	0,15 A b	0,12 B b	0,11 B c
T2	0,19 A a	0,14 A c	0,20 A a
T3	0,19 A a	0,09 B c	0,09 B c

T1: Testemunha; T2: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 1%; T3: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 2%.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Na comparação as temperaturas de armazenamento (0 e 20 °C) é possível observar que as maçãs recobertas com solução à base de quitosana

na concentração de 1% mantiveram melhor a acidez titulável quando armazenadas a 0 °C (Tabela 11). Também pode ser observado na mesma tabela que os resultados da acidez do tratamento solução de quitosana na concentração de 2%, apresentou resultados superiores quando os frutos foram armazenados a 20 °C.

Brackmann *et al.*, (2008) avaliando maçãs 'Galaxy' estocadas à temperatura de 20 °C por 7 dias, após terem sido armazenadas durante 8 meses sob atmosfera controlada à temperatura de 0,5 °C, também obtiveram o conteúdo de acidez reduzido, semelhante ao encontrado no tratamento com solução de quitosana 2%, quando comparadas as duas temperaturas. Assim como Souza, (2007) observou que a diminuição do teor de acidez pode ser justificada pelo fato de os açúcares e os ácidos são substratos respiratórios conduzindo à diminuição das reservas.

TABELA 11. Acidez total titulável (% de ácido málico) de maçãs cv. Fuji standard, revestidas e não revestidas com solução filmogênica de quitosana 1 ou 2% armazenadas 0° C ou 20 °C. Porto Alegre, 2012.

Tratamentos	Temperatura de Armazenamento	
	0 °C	20 °C
T1	0,14 A b	0,11 A a
T2	0,43 A a	0,13 B b
T3	0,10 B c	0,15 A a

T1: Testemunha; T2: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 1%; T3: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 2%. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.1.5 Perda de massa fresca

A perda de massa fresca em produtos hortícolas frescos é decorrente da perda de água por transpiração e pelos processos de respiração celular (Hernandez - Munoz, 2006).

Segundo Worrell *et al.* (2002) e Assis & Leoni, (2003) uma das principais características de importância para escolha de um revestimento protetor é o estabelecimento de uma boa diferença nos valores de pressão de vapor entre os frutos e o ambiente, diminuindo assim a perda de massa. Para estes autores a quitosana é um material hidrofílico com taxa de absorção significativa de água, sendo o efeito redutor de perda de massa efetivo para este tipo de revestimento.

No presente trabalho é possível observar uma maior perda de massa fresca nas maçãs do tratamento testemunha. As maçãs dos tratamentos com solução à base de quitosana não apresentaram diferença significativa entre si. O recobrimento atenuou a perda de massa fresca das frutas (Tabela 12).

Resultados apresentados por Santos *et al.* (2008) indicam que houve uma maior perda de massa fresca em pêssegos tratados com solução de quitosana e submetidos a armazenamento refrigerado por 14, 21 ou 28 dias, em relação aos frutos submetidos da testemunha. Zhu *et al.* (2008) observaram uma redução de massa fresca em um trabalho realizado com mangas cv. Tainong sendo que os autores concluíram que esta perda é decorrente da película formada pelo produto sobre a superfície do fruto agindo como uma barreira física à perda de umidade. Lin *et al.* 2008 ao avaliarem o efeito do revestimento de quitosana na qualidade de peras cv. Yali verificaram redução significativa da perda de massa fresca nas peras revestidas com 1,5% de solução de quitosana em comparação com peras não revestida durante o armazenamento a 25 °C e 80 – 90% de UR.

TABELA 12. Perda de massa (%) de maçãs cv. Fuji standard, revestidas e não revestidas com solução filmogênica de quitosana nas concentrações de 1 ou 2% armazenadas sob diferentes temperaturas (0° C ou 20 °C). Porto Alegre, 2012.

Tratamentos	Temperatura de Armazenamento	
	0 °C	20 °C
T1	3,59 B a	9,76 A a
T2	0,63 A b	2,65 A b
T3	0,94 A ab	1,91 A b

T1: Testemunha; T2: frutos cobertos com solução a base de quitosana a 1%; T3: frutos cobertos com solução a base de de quitosana a 2%;  
Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Se compararmos as temperaturas de armazenamento utilizadas neste experimento, as maiores perdas ocorreram na testemunha, quando as maçãs foram armazenadas na temperatura de 20 °C (Tabela 12), evidenciando também claramente o efeito da temperatura de armazenamento, na perda de massa. Nas maçãs que receberam revestimento não foi observado o efeito da temperatura, justificando mais uma vez a eficiência do uso da solução de quitosana na redução da perda de massa, indiferente da temperatura de armazenamento utilizada. Isso demonstra o efeito benéfico que ocorre na formação de uma película sobre a superfície das frutas, evitando sua desidratação o que já foi observado por Zhu *et al.* (2008). González - Aguilar *et al.* (2009) verificaram uma menor perda de massa em de mamões minimamente processados revestidos com solução de quitosana, sendo a concentração de 0,02 g.mL<sup>-1</sup> de quitosana a mais eficaz na preservação da perda de massa, em comparação a concentração 0,01 g. mL<sup>-1</sup>. Segundo estes mesmos autores os revestimentos de solução de quitosana formaram uma barreira sobre a superfície do fruto que, em conjunto com a embalagem, diminui a perda de massa fresca das frutas.

#### 4.1.6 Avaliação da ocorrência de podridões

A perda qualitativa de frutas está associada com a perda de firmeza, devido ao metabolismo dos carboidratos durante o armazenamento com o incremento da susceptibilidade às infecções por patógenos, como fungos (Conway *et al.*, 1987).

Ocorreu uma maior incidência de podridões nas maçãs armazenadas na temperatura mais alta. Com relação às maçãs tratadas às frutas do tratamento testemunha na temperatura de 0 °C apresentaram maior incidência de frutas podres, em comparação as que foram recobertas (Tabela13). Este resultado não se repetiu na temperatura de 20 °C. El Ghaouth *et al.* (1991<sub>a</sub>), Bautista - Baños *et al.* (2003) e Romanazzi *et al.* (2003) observaram que filmes de quitosana apresentam uma ação antifúngica e antibacteriana. Da mesma forma Camilli *et al.* (2007) constataram que o uso de filmes de quitosana no revestimento de uvas cv. Italia suprimiram o crescimento de *Botrytis cinerea*, o agente patogênico causador do mofo cinzento, reduzindo a podridão dos frutos. Assis & Alves (2002) também verificaram ação antifúngica do filme de quitosana no recobrimento de maçãs.

Ocorreu um aumento significativo no crescimento de microrganismos em maçãs cv. Fuji com o maior período de armazenamento a 20 °C, mas na temperatura de 0 °C isso não ocorre pelo efeito inibidor que a baixa temperatura causa nos microrganismos (Tabela 14). Li & Yu, 2000 constataram que o tratamento com quitosana (5 ou 10 mg/mL) foi efetivo na redução da podridão-parda em pêssegos em relação ao tratamento controle.

TABELA 13. Percentuais de ocorrência de podridões em maçãs cv. Fuji standard, revestidas e não revestidas com solução filmogênica de quitosana nas concentrações de 1 ou 2% armazenadas sob diferentes temperaturas (0 ou 20 °C). Porto Alegre, 2012.

Tratamentos	Temperatura de Armazenamento	
	0 °C	20 °C
T1	24,44 B b	60,00 A a
T2	20,00 B c	57,67 A a
T3	22,22 B bc	48,89 A a

T1: Testemunha; T2: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 1%; T3: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 2%;

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Neste experimento foi observado o desenvolvimento do fungo *Cryptosporiopsis perennans*, patógeno causador da doença denominada vulgarmente como “olho de boi” (Figura 14). Este agente causal provavelmente já estava de forma epífita na epiderme das maçãs na condição de infecção latente. Com as condições mais favoráveis nas maçãs devido ao avanço da maturação os sintomas da infecção tornaram-se visíveis. No trabalho de Basseto (2006), os pêssegos ‘Tropic Beauty’, tratados com solução de quitosana na concentração de 1%, apresentaram menor severidade e incidência de doenças do que os frutos do tratamento testemunha, porém ainda esses valores foram bastante elevados. Dotto *et al.*, (2008) verificaram que o uso de filmes de quitosana (1%) em mamões retardou a contaminação por fungos. Segundo Bautista – Baños (2006) a quitosana apresenta duplo efeito: controla microorganismos patogênicos e ativa defesas induzindo e/ou inibindo diferentes atividades bioquímicas durante a interação planta - patógeno.

TABELA 14. Percentual de incidência de podridões (%) em maçãs cv. Fuji standard, armazenadas por 5, 10 ou 15 dias a 0 °C ou 20 °C. Porto Alegre, 2012.

Período de Armazenamento	Temperatura de Armazenamento	
	0 °C	20 °C
P1	25,00 B a	51,50 A b
P2	23,42 B a	45,08 A c
P3	23,33 B a	73,33 A a

P1: 5 dias; P2: 10 dias; P3: 15 dias.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

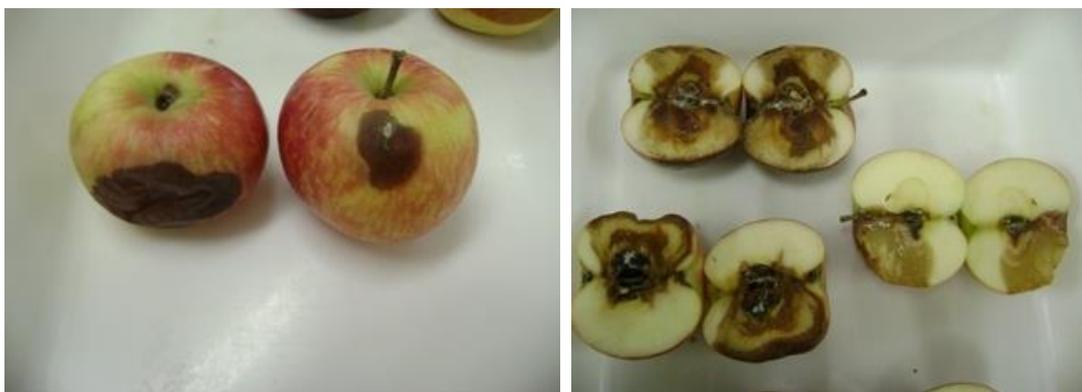


FIGURA 14. Podridão maçãs cv. Fuji causada pelo fungo *Cryptosporiopsis perennans*, causador da doença “olho de boi”. Laboratório de pós-colheita. UFRGS. Porto Alegre, 2012.

#### 4.1.7 Ácido L - ascórbico

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o ácido ascórbico é um composto antioxidante sintetizado pelas frutas e hortaliças em quantidades variáveis, de acordo com a espécie, cultivar, fatores ambientais e grau de maturação.

Neste experimento foi possível observar que a testemunha manteve o teor de ácido L – ascórbico até os 10 dias de armazenamento sofrendo uma queda ao fim do período de armazenamento, comportamento semelhante às maçãs revestidas com solução à base de quitosana na concentração de 2% (Tabela 15). Atarassi *et al.* (2006) também constataram que houve uma

diminuição dos teores de ácido ascórbico em tangerinas cv. Ponkan revestidas com ceras e armazenadas em temperatura ambiente durante 14 dias. Ao contrário destas observações Jacomino *et al.* (2003) em avaliações com goiabas da cv. Kumagai sob atmosfera modificada associada à refrigeração verificaram manutenção no teor de ácido ascórbico das frutas no decorrer do amadurecimento.

TABELA 15. Vitamina C (mg/100 gr massa fresca) de maçãs cv. Fuji standard, revestidas com solução filmogênica de quitosana nas concentrações de 1% e 2% armazenadas por 5, 10 e 15 dias. Porto Alegre, 2013.

Tratamentos	Período de Armazenamento		
	5 dias	10 dias	15 dias
T1	0,05 A b	0,05 A b	0,03 B a
T2	0,02 C c	0,05 A b	0,04 B a
T3	0,06 A a	0,06 A a	0,04 B a

T1: Testemunha; T2: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 1%; T3: frutos cobertos com solução a base de quitosana na concentração de 2%. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Nas maçãs revestidas com solução à base de quitosana 1% observou-se um acréscimo nos teores de ácido L – ascórbico aos 10 dias para logo após apresentar uma queda (Tabela 15 e Figura 15). Dang *et al.* (2010), verificaram que o teor de ácido ascórbico em cereja revestida com solução de quitosana foi maior do que em cerejas do tratamento controle. Segundo os autores, a redução da perda de ácido ascórbico em cerejas revestidas pode ser devido à permeabilidade do revestimento do filme de quitosana que reduziu a atividade das enzimas e impediu a oxidação do ácido ascórbico.

Ao final do período armazenamento não foram observadas diferenças no teor de vitamina C, em função dos tratamentos, ou seja, maçãs revestidas com

solução de quitosana nas concentrações 1 ou 2% e não revestidas do tratamento testemunha.

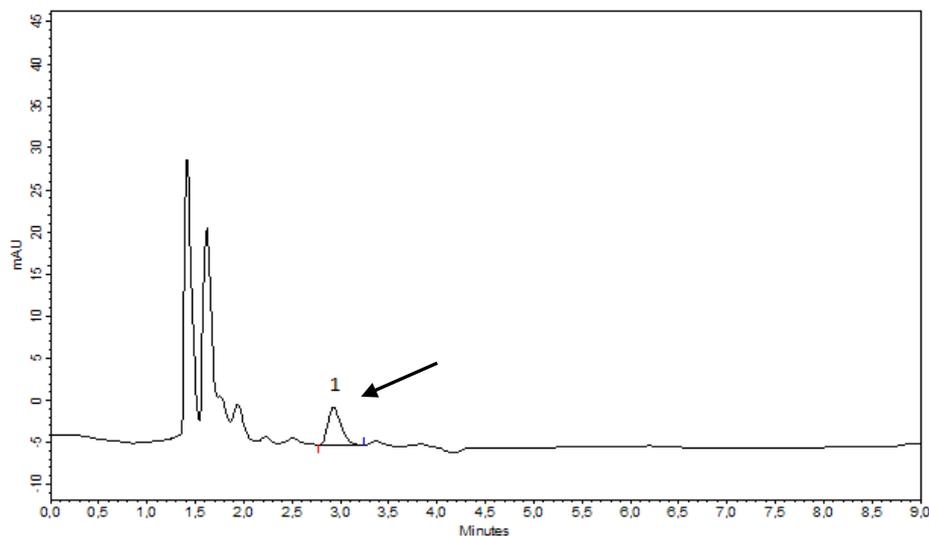


FIGURA 15. Cromatograma de Vitamina C em suco de maçã cv. Fuji, com coluna em fase reversa e detector UV (254 nm). (1) Ácido L-ascórbico. Gradiente de ácido acético em água (0,1:99,9 v/v) e metanol com fluxo de 0,8mL/min.

#### 4.1.8 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A epiderme é a camada mais externa de células e que contém as antocianinas, compostos responsáveis pela coloração do fruto. A estrutura mais superficial é constituída por fina camada de cera, responsável por mecanismo de proteção, principalmente relacionados à evapotranspiração e ao ataque de patógenos. O interesse sobre a cera que reveste os frutos tem aumentado por constituir-se em um mecanismo importante no processo de frigoconservação (Castro *et al.*, 2002).

Através da microscopia eletrônica por varredura foi possível observar a presença de rachaduras ou fissuras na superfície das maçãs do tratamento

testemunha (Figura 16 A e B). Estas fissuras que ocorrem na cutícula de maçãs são resultado de um desbalanço entre a produção de ceras e crescimento do fruto, podendo formar uma rede interconectada de canais na superfície (Roy *et al.*, 1994).

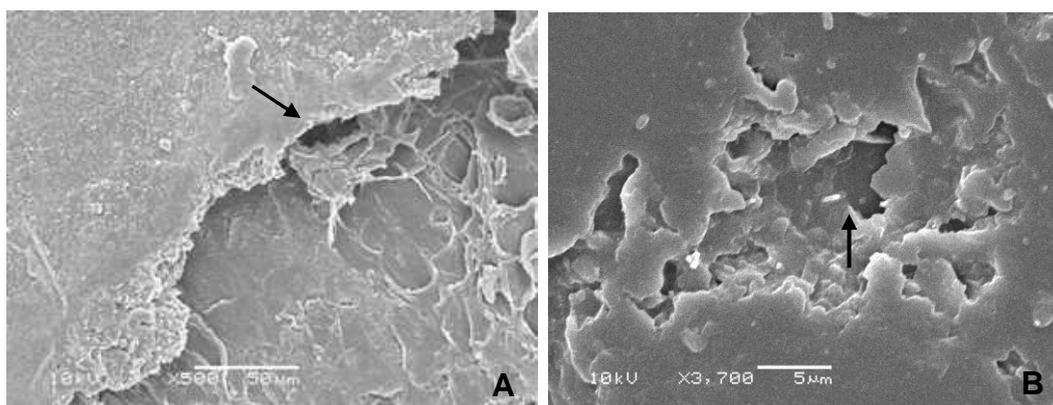


FIGURA 16. Eletromicrografias de varredura (3700x e 500x) da camada natural que recobre a superfície das maçãs cv. Fuji standard, tratamento testemunha aos 15 dias. Camada de cera danificada (A e B) setas indica a presença de fissuras/rachaduras na epiderme. Centro de microscopia eletrônica – UFRGS. Porto Alegre. 2012.

Montero, (2010) em estudos do efeito dos tratamentos térmicos e da escovação nas superfícies de maçãs e de tangerinas constataram que as rachaduras apareceram mais e com maior clareza nas amostras de frutos armazenados em relação aos frutos recém colhidos. Estas malformações na casca, às vezes, são menos evidentes e, sobretudo, podem estar ausentes em frutos recém colhidos.

Roy *et al.* (1994) também em estudos com maçãs observaram que nas maçãs colhidas antes do pico climatérico as rachaduras se tornavam mais largas e profundas durante uma estocagem prolongada. Estudos em mais de uma espécie frutífera indicam que ocorre modificação nas rachaduras da

cutícula em função do armazenamento. Isto explicaria a presença de fissuras nas maçãs revestidas com solução à base de quitosana nas concentrações de 1% ou 2%, mantidas em BOD a 20 °C (Figuras 17 e 18).

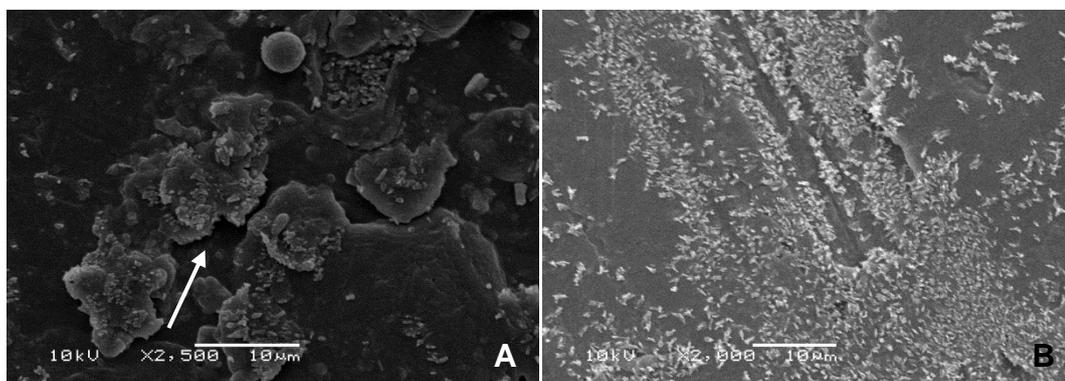


FIGURA 17. Eletromicrografias de varredura (2500x 2000x) da cutícula das maçãs cv. Fuji standard revestidas com solução a base de quitosana a 1% (A e B) e mantidas por 20 dias em BOD a 20 °C. Seta indica a presença de fissuras/rachaduras na epiderme. Centro de microscopia eletrônica – UFRGS. Porto Alegre, 2012.

Foi possível observar a formação de fibras de quitosana (Figura 18 B), em maçãs acondicionadas em BOD a 20 °C, o que pode ser explicado pela conclusão do trabalho de Roy *et al.* (1994), onde observou que o tratamento a base de calor pode estimular um aumento na síntese de ceras, enquanto que Baker (1974) também sugeriu que o aumento da temperatura estimula a produção de ceras.

As maçãs revestidas com solução à base de quitosana tanto na concentração de 1 % como a 2 % e armazenadas em câmara fria a 0 °C apresentaram uma deposição da solução de forma mais homogênea e uniforme (Figuras 19 e 20). Estes resultados foram comprovados por Castañeda (2007), a autora aplicou em laranjas cv. Navelina, cera à base de carnaúba e resinas vegetais adicionadas de fungicida e observou que estas

laranjas apresentaram boa qualidade até os 80 dias de armazenamento refrigerado em temperatura a 2 °C.

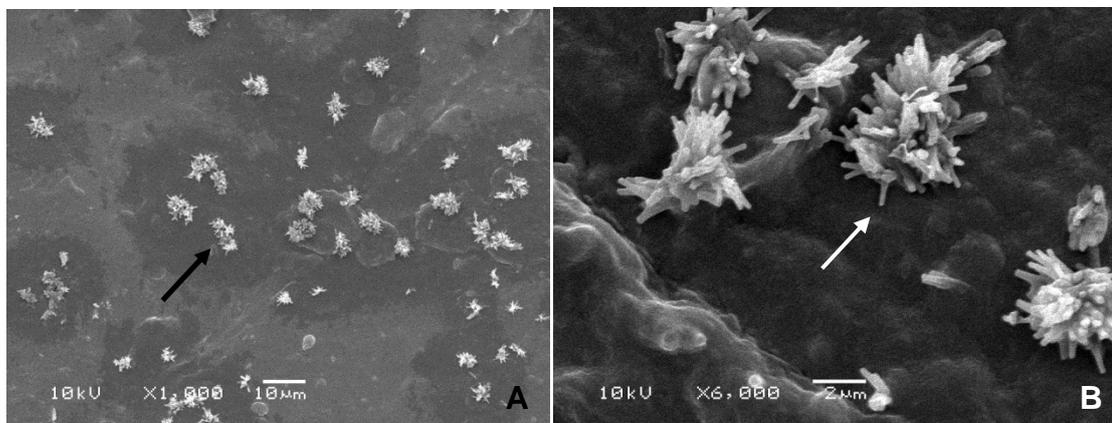


FIGURA 18. Eletromicrografias de varredura (1000x e 6000x) da cutícula das maçãs cv. Fuji standard revestidas com solução a base de quitosana a 2% e mantidas por 15 dias em BOD 20 °C. Setas indicam a presença de fibras de quitosana. Centro de microscopia eletrônica – UFRGS. Porto Alegre, 2012.

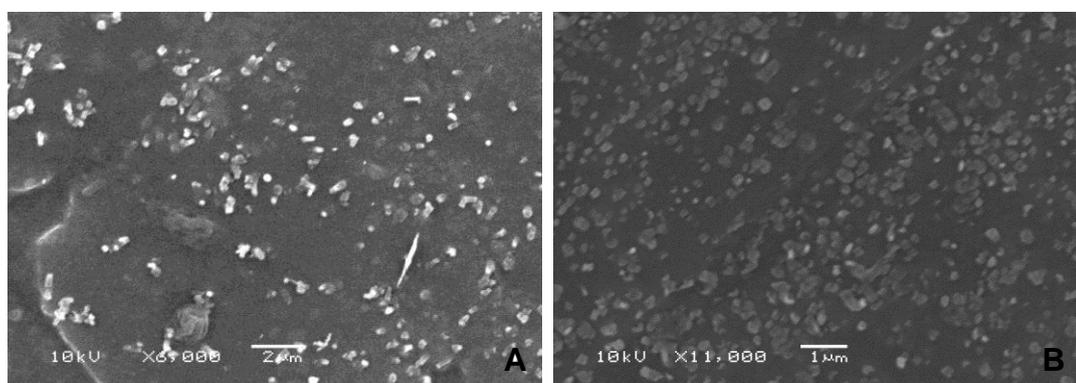


FIGURA 19. Eletromicrografias de varredura (6000x e 11000x) da cutícula das maçãs cv. Fuji standard revestida com solução a base de quitosana a 1% (A e B) e armazenadas por 15 dias em câmara fria a 0 °C. Centro de microscopia eletrônica – UFRGS. Porto Alegre, 2012.

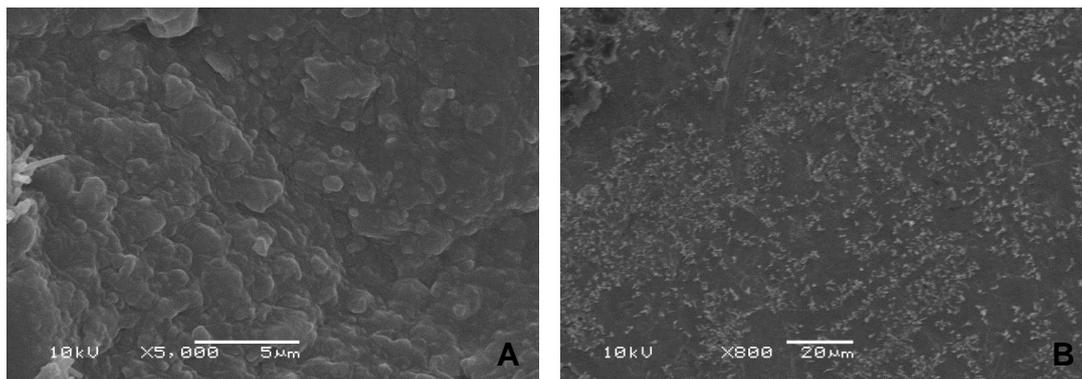


FIGURA 20. Eletromicrografias de varredura (5000x e 800x) da cutícula das maçãs cv. Fuji standard revestida com solução filmogênica a base de quitosana a 2% e armazenadas por 15 dias em câmara fria a 0 °C. Centro de microscopia eletrônico – UFRGS. Porto Alegre, 2012.

## 4.2 Resultados ensaio B

### 4.2.1 Cor da superfície

#### 4.2.1.1 L\*

Inicialmente os maiores valores de L\* foram registrados para os tratamentos de recobrimento à base de quitosana na concentração de 1% e fécula de mandioca na concentração de 2% (Tabela 16). Os menores valores de L\* foram determinados nas maçãs da testemunha e nas recobertas com solução à base de quitosana na concentração de 2 % e fécula de mandioca na concentração de 1%, não havendo diferença por análise visual entre elas (Figura 21 e 22).

TABELA 16. Valor médio de L\* obtido em aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR 400 em maçãs cv. Royal Gala armazenadas a 0 °C por diferentes períodos (5,10,15 e 20 dias) e revestidas com solução filmogênica à base de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre. 2013.

Tratamentos	Períodos			
	5 dias	10 dias	15 dias	20 dias
T1	42,90 Aa	42,20 Aa	46,27Aa	41,56Ab
T2	45,96 Aa	46,50 Aa	48,23Aa	48,43Aa
T3	44,93 Aa	46,40Aa	42,26Aa	43,56Aab
T4	43,00 Aa	45,10Aa	44,00Aa	46,03Aab
T5	46,20 Aa	44,46Aa	47,00 Aa	49,20Aa

T1: Testemunha; T2: solução de quitosana na concentração de 1 %; T3: solução de quitosana na concentração de 2 %; T4: solução de fécula de mandioca na concentração de 1 % e T5: solução de fécula de mandioca na concentração de 2 %.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).



FIGURA 21. Maçãs tratadas com diferentes concentrações de solução filmogênica à base de quitosana 1 % (A) e fécula de mandioca 1 % (B) aos 20 dias. Laboratório de Pós - colheita. UFRGS. Porto Alegre. 2013.

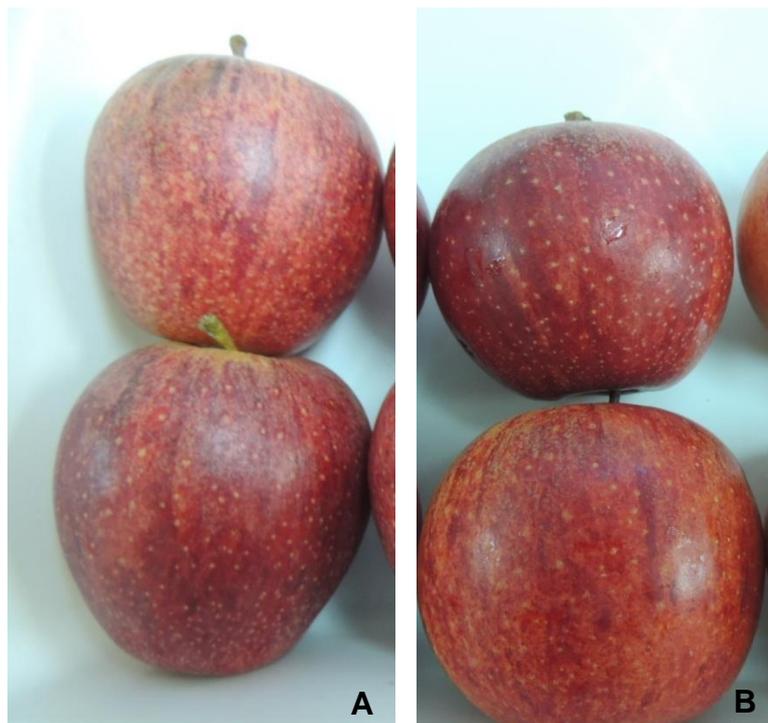


FIGURA 22. Mações tratadas com diferentes concentrações de solução filmogênica à base de quitosana 2 % e fécula de mandioca 2 % aos (20 dias). Laboratório de Pós-colheita. UFRGS. Porto Alegre. 2013.

Vargas *et al.* (2006) observaram que o revestimento à base de quitosana e quitosana + ácido oléico em morangos cv. Camarosa levou a uma diminuição da luminosidade das amostras, o que se tornou significativa com a adição do ácido oléico. Alterações nas propriedades de reflexão da cobertura no qual o fruto é recoberto pode provocar esta diminuição de luminosidade. Neste sentido Hoagland & Parris (1996) relataram que a quitosana se transformou em um filme opaco durante a formação da película na fase final de secagem e a adição de um composto lipídico, como ácido oléico aumentou sua luminosidade tal como descrito por Park & Zhao (2004), ao incorporar vitamina E em filmes de quitosana.

Bolzan (2008) em trabalho com objetivo de quantificar a vida de prateleira do tomate cv. Dominador e avaliar o efeito do uso de biofilmes comestíveis à base de éster de sacarose 1%, pectina 2% e fécula de mandioca 2%, com suas respectivas concentrações, em frutos colhidos em diferentes pontos de maturação, observou que nos frutos colhidos no ponto de maturação 2 (PM2) (revestidos com fécula de mandioca (2%)) o comportamento do parâmetro L apresentou diferença nos resultados do comportamento da coloração, com valores médios decrescentes ao longo do período de armazenamento.

Ao longo do armazenamento é possível constatar que aos 5 dias as maçãs recobertas com solução a base de fécula de mandioca na concentração de 2% e solução de quitosana na concentração de 1% apresentaram valores superiores aos outros tratamentos mas sem diferença estatística entre elas. Aos 20 dias observou-se que as maçãs tratadas com solução à base de quitosana na concentração de 1% e fécula de mandioca na concentração de 2% apresentaram valores superiores. Isto indica que os tratamentos à base de quitosana na concentração de 1% e fécula de mandioca na concentração de 2%, proporcionaram às amostras de frutas de maçãs cv. Gala superfície mais clara, após um maior período de armazenamento a 0 °C. O valor L\* destas amostras é maior do que aquelas amostras da testemunha e recobertas com solução a base de quitosana na concentração de 2% e fécula de mandioca a na concentração de 1%. Não foi observada diferença significativa entre os períodos (Tabela 16).

Santos *et al.* (2008) avaliando pêssegos cv. Douradão, recobertos com quitosana na concentração de 1%, embalados em embalagens de polietileno e

controle constataram que os valores de luminosidade ( $L^*$ ) foram maiores nos pêssegos embalados em polietileno, que transpiraram menos.

Os frutos da testemunha e os tratados com quitosana apresentaram significativamente menor luminosidade, representando que a casca estava mais escura do que as dos frutos embalados em polietileno.

#### 4.2.1.2 a\*

Observou-se que as maçãs da testemunha e as revestidas com solução à base de quitosana nas concentrações de 1 ou 2% e com fécula de mandioca na concentração de 1 % apresentaram os maiores valores de  $a^*$  (Tabela 17). Resultados semelhantes foram encontrados por Bolzan (2008) em um trabalho realizado com tomates cv. Dominador, colhidos em diferentes pontos de maturação e que foram, revestidos com biofilmes comestíveis à base de éster de sacarose 1%, ou pectina 2% ou fécula de mandioca 2%. O autor observou que houve um aumento no valor médio de  $a^*$  (verde/vermelho) com o armazenamento dos tomates.

TABELA 17. Valor de  $a^*$  obtido em aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR 400 em frutas de maçã cv. Royal Gala, revestidas com quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.

Tratamentos				
T1	T2	T3	T4	T5
35,53A	31,53A	31,89A	31,92A	30,27 <sup>a</sup>

T1: Testemunha; T2: solução de quitosana na concentração de 1 %; T3: solução de quitosana na concentração de 2 %; T4: solução de fécula de mandioca na concentração de 1 % e T5: solução de fécula de mandioca na concentração de 2 %.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Comportamentos similares foram encontrados por Hojo *et al.* (2007) em pimentões e Reis *et al.* (2006) em pepino japonês. Por sua vez Costa (2009)

em um estudo com morangos cv. Aromas observou que a coordenada  $a^*$  apresentou redução significativa, ainda que pequena, ao longo do armazenamento nas amostras sem cobertura e nas amostras cobertas com a solução de quitosana com cloreto de cálcio + ácido oléico.

Também relatado por Del Valle *et al.* (2005). Os autores não determinaram diferenças nos valores de  $a^*$  entre os frutos não recobertos dos recobertos, semelhante ao resultado encontrado no presente estudo. A redução de  $a^*$  durante o armazenamento pode ser atribuída ao aumento na taxa respiratória e processos enzimáticos que levam a perda de qualidade do fruto, envolvendo o escurecimento entre outros (Del Valle *et al.*, 2005).

Verificou-se que o valor de  $a^*$  foi maior aos 5 dias, sendo que as maçãs apresentaram um menor valor aos 20 dias (Tabela 18). Santos *et al.* (2008), observaram que pêssegos cv. Douradão recobertos com solução de quitosana na concentração de 1%, embalagem de polietileno e controle apresentaram valores de  $a^*$  menores nos pêssegos tratados com quitosana em concentração inferior.

TABELA 18. Valor de  $a^*$  obtido em aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR 400 em maçãs cv. Royal Gala, armazenadas a 0 °C por diferentes períodos e revestidas com quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.

<b>Períodos</b>			
<b>5 dias</b>	<b>10 dias</b>	<b>15 dias</b>	<b>20 dias</b>
32,5A	31,6A	31,8A	30,6B

P1: 5 dias; P2: 10 dias; P3: 15 dias e P4: 20 dias

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2.1.3 b\*

Verificou-se menores valores iniciais da coordenada cromática b\* nas maçãs da testemunha e nas revestidas com solução à base de quitosana na concentração de 2% e fécula de mandioca nas concentrações de 1 e 2%, sendo o maior valor apresentado pelas frutas revestidas com solução à base de quitosana na concentração de 1% (Figura 19). Santos *et al.* (2008) relataram que pêssegos embalados em polietileno apresentaram maiores valores de b\*, em relação aos frutos tratados com solução à base de quitosana na concentração de 1%, o que também foi observado durante este estudo com maçãs.

Os autores ao avaliar pêssegos cv. Douradão não recobertos e não embalados, recobertos com quitosana 1%, embalagem polietileno, observaram que os frutos embalados em polietileno apresentaram maiores valores de b\* (cor amarela) e, conseqüentemente, resultam em maiores valores de ângulo *hue*. Ferri *et al.* (2007), relataram aumento da cor amarela (b\*) em maçãs das cultivares Catarina e Fuji armazenadas à temperatura ambiente durante 30 dias. No presente trabalho não foram verificadas variações significativas ao longo do período de armazenamento.

TABELA 19. Valor de b\* obtido em aparelho medidor de cores Konica/Minolta modelo CR 400 em maçãs cv. Royal Gala, revestidas com quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.

Tratamentos				
T1	T2	T3	T4	T5
18,78B	21,61A	18,84B	18,86B	20,29B

T1: Testemunha; T2: solução de quitosana na concentração de 1 %; T3: solução de quitosana na concentração de 2 %; T4: solução de fécula de mandioca na concentração de 1 % e T5: solução de fécula de mandioca na concentração de 2 %.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2.1.4 Matiz: (Hue\*)

Com relação aos valores da tonalidade da cor ou matiz expresso como ângulo *hue*, observou-se que o valor *hue* final nos fatores de períodos de avaliações, tratamentos aplicados e sua interação não apresentaram diferenças significativas.

Resultado contrário foi encontrado por Costa (2009) ao avaliar morangos cv. Aromas, recobertos com solução à base de quitosana, combinada ou não com cálcio e ácido ascórbico, durante armazenamento refrigerado a 0 °C ou mantido sob temperatura ambiente a 25 °C. O autor constatou que os morangos armazenados sob refrigeração apresentaram uma redução significativa do ângulo *hue* após o 10º dia de armazenamento, enquanto os morangos do tratamento controle não sofreram alteração neste parâmetro da cor.

O autor constatou também que em morangos recobertos e mantidos a 25 °C o ângulo *hue* apresentou também uma redução significativa, enquanto os morangos não recobertos mantiveram o ângulo *hue* inalterado até o 5º dia de armazenamento 0 °C.

Vargas *et al.* (2006) em avaliações de morangos cv. Camarosa, revestidos com solução à base de quitosana de alto peso molecular combinado com ácido oléico, observaram que o matiz em amostras revestidas não se alterou significativamente durante o armazenamento. Todavia morangos não revestidos apresentaram a tonalidade e croma ligeiramente inferiores, fato que também pode ser atribuída à superfície seca.

Han *et al.* (2004) e Vargas *et al.* (2004) relataram mudanças de cores semelhantes em morangos revestidos com quitosana durante o

armazenamento refrigerado. Costa (2009), também não encontrou alterações significativas na coordenada croma nos morangos cv. Aromas, recobertos com solução à base de quitosana contendo cálcio, ácido oléico ou ácido esteárico.

#### 4.2.2 Firmeza de polpa

Com relação aos tratamentos, observou-se que o valor mais elevado de firmeza de polpa correspondeu às frutas recobertas com solução à base de fécula de mandioca na concentração de 2% aos 5 dias de armazenamento a 0 °C, o menor valor correspondeu às maçãs do tratamento testemunha e nas frutas recobertas com solução à base de quitosana na concentração de 2% aos 15 dias de armazenamento (Tabela 20).

TABELA 20. Firmeza de polpa (N) em maçãs cv. Royal Gala armazenadas a 0 °C por diferentes períodos (5,10,15 e 20 dias), revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre. 2013.

Tratamentos	Períodos			
	5 dias	10 dias	15 dias	20 dias
<b>T1</b>	62,23Ab	63,27Ab	53,72Bb	58,43ABb
<b>T2</b>	59,19Bb	66,69Ab	58,11Ba	61,26ABab
<b>T3</b>	62,74ABb	74,83Aa	50,33Bb	64,60ABab
<b>T4</b>	59,57Bb	72,00Aa	63,11Aba	62,13ABab
<b>T5</b>	71,87Aa	72,06Aa	58,42Ba	66,56ABa

T1: Testemunha; T2: solução de quitosana na concentração de 1 %; T3: solução de quitosana na concentração de 2 %; T4: solução de fécula de mandioca na concentração de 1 % e T5: solução de fécula de mandioca na concentração de 2 %.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A tendência neste ensaio foi à textura permanecer estável com pequenas alterações nos períodos de armazenamento e em resposta aos tratamentos. Ao contrário do trabalho realizado por Henrique & Cereda (2007) que verificaram que os frutos do tratamento testemunha não diferiram significativamente dos frutos que foram recobertos com película de 1% de

fécula de mandioca. Os autores observaram também que, o revestimento com 3 % de película de fécula de mandioca diferiu significativamente da testemunha em frutos de limão siciliano. Segundo eles as películas tiveram influência negativa na mudança de textura em frutos de limão siciliano, não permitindo que os mesmos se tornassem tenros. Resultados observados por Oliveira (1996), que avaliou a utilização de película de fécula de mandioca em formulação de 3 e 5 % e observou que há influência sobre a textura com o impedimento do amolecimento normal da maturação em frutos que receberam película.

Segundo Silva (2004), o amadurecimento é marcado por modificações na textura associadas ao metabolismo de carboidratos da parede celular, que culminam com a redução da firmeza dos frutos. As substâncias pécticas constituem a classe de polissacarídeos da estrutura da parede celular, que sofre a mais marcante modificação durante o amadurecimento dos frutos. A solubilização e a despolimerização das substâncias pécticas, normalmente acompanham a perda de firmeza dos frutos durante o seu amadurecimento.

Pereira *et al.* (2006) estudaram o uso de revestimento de fécula de mandioca para conservação de mamão Formosa cv. Tainung, em temperatura ambiente e avaliaram os efeitos de sua aplicação no amadurecimento. Os autores utilizaram o método de imersão dos mamões inteiros e os resultados evidenciaram que os frutos tratados com a solução de fécula de mandioca tiveram seu amadurecimento retardado prolongando conseqüentemente a vida pós-colheita por quatro dias. Os mamões mantiveram por mais tempo a firmeza da polpa, o que garante uma melhor resistência a danos mecânicos durante o manuseio e transporte.

Também foi observado no presente estudo, que as maçãs, recobertas com solução de fécula de mandioca na concentração de 2% foi o tratamento que manteve uma maior firmeza de polpa. Jorge *et al.*, (2011) constataram uma redução gradual da firmeza da polpa das maçãs, sendo mais elevada nas maçãs controle do que nas maçãs imersas em ácido acético e maçãs recobertas com quitosana até os 14 dias de estocagem. Posteriormente, houve redução acentuada até os 35 dias de estocagem, quando a firmeza dos frutos controle foi de 55,5 N. Segundo Corrent *et al.*, (2004), a firmeza mínima de maçãs Royal Gala considerada adequada para consumo e comercialização é de 60,0 N. Portanto, as maçãs que foram objeto de estudo de Jorge *et al.*, (2011) apresentaram firmeza abaixo do recomendado. Nas maçãs do presente estudo observou-se uma variação na textura entre os diferentes períodos de armazenamento, com valores oscilando entre 69,77 N aos 10 dias e 56,74 N aos 15 dias.

Cerqueira *et al.* (2011) observaram ao estudar recobrimento de goiabas com solução de quitosana, onde o tratamento na concentração de 6 % interferiu na perda normal de firmeza, provavelmente, devido à excessiva restrição às trocas entre os tecidos das goiabas e a atmosfera. Isto resultou numa alteração no metabolismo destas goiabas, provocando uma redução dos processos de degradação das paredes celulares e despolimerização de pectinas mantendo, desta forma, maior firmeza dos tecidos.

#### **4.2.3 Sólidos solúveis (SS)**

É possível observar uma diminuição gradual do teor de sólidos solúveis com o passar do período de armazenamento. E em todos os tratamentos o

maior valor nominal registrado aos 5 dias e o menor aos 15 e 20 dias. Existem variações entre os tratamentos dependendo do período de armazenamento avaliado (Tabela 21). Conforme Souza (2007) essa diminuição do teor de sólidos solúveis pode ser explicado pelo fato de os açúcares e os ácidos serem utilizados como substratos respiratórios, conduzindo à diminuição das reservas. Lopes *et al.* (2010) em trabalho com o objetivo de verificar os efeitos de recobrimento (testemunha, filme plástico de PEBD e fécula de mandioca) e períodos de armazenamento na conservação de laranjas cv. Pêra constataram que aos sete dias de armazenamento, o teor de sólidos solúveis apresentado foi menor em relação aos outros períodos.

Entre os tratamentos os maiores valores foram observados nas maçãs da testemunha e recobertas com solução à base de quitosana na concentração de 2% aos 5 e 15 dias de armazenamento e o menor valor nas frutas recobertas com solução à base de quitosana na concentração de 1 % aos 15 dias de armazenamento. Batista *et al.*, (2007) estudando melão amarelo revestido com filme de PVC e fécula de mandioca constataram que os teores de sólidos solúveis não foram afetados pelos tratamentos. Além disso, não houve interação significativa entre os tratamentos de conservação e período de armazenamento.

No entanto, Dang *et al.* (2010), ao avaliarem o efeito do revestimento de quitosana em cerejas, verificaram incremento nos teores de sólidos solúveis dos frutos revestidos, comparados com o tratamento controle. Oliveira (2010), ao estudar diferentes revestimentos em mamões, determinou que o teor de sólidos solúveis foi maior nos frutos revestidos com soro de leite, óleo de andiroba e fécula de mandioca. Segundo o mesmo autor, este resultado pode

ser proveniente de alterações ocorridas no metabolismo do fruto durante a maturação, especialmente pela regulação do processo respiratório, pois cada tipo de revestimento aplicado interfere nas trocas gasosas e, conseqüentemente, na respiração do fruto.

TABELA 21 Sólidos solúveis totais (°Brix) em maçãs cv. Royal Gala, armazenadas a 0 °C por diferentes períodos (5,10,15 e 20 dias) revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.

Tratamentos	Períodos			
	5 dias	10 dias	15 dias	20 dias
<b>T1</b>	15,57Bb	15,63Aa	15,67Aa	15,60ABb
<b>T2</b>	15,68Aa	15,63Aa	15,67Aa	15,67Aa
<b>T3</b>	15,63Aba	15,66Aa	15,69Aa	15,54Bc
<b>T4</b>	15,64Aab	15,55Bb	15,60Bb	15,67Aa
<b>T5</b>	15,62Bab	15,61Ba	15,70Aa	15,58Bbc

T1: Testemunha; T2: solução de quitosana na concentração de 1 %; T3: solução de quitosana na concentração de 2 %; T4: solução de fécula de mandioca na concentração de 1 % e T5: solução de fécula de mandioca na concentração de 2 %.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Em goiabas que é uma espécie que apresenta intensa atividade metabólica, Vila *et al.* (2007) avaliaram o uso de revestimento de fécula de mandioca na manutenção da qualidade pós-colheita. As goiabas inteiras foram imersas nas concentrações de 2, 3 e 4 %. Os biofilmes, nas concentrações de 3 e 4% mostraram-se efetivos em retardar o amadurecimento de goiabas, proporcionando maiores teores de açúcares não-redutores e menores teores de açúcares totais, açúcares redutores, pectinas solúveis, o que sugere que houve maior conversão dos carboidratos complexos a monossacarídeos, sem contudo haver um consumo acentuado de glicose na cadeia respiratória, neste caso por efeito da refrigeração, assim este comportamento pode indicar que a

refrigeração retardou o processo de senescência, principalmente quando associada à atmosfera modificada, não levando à diminuição dos teores de sacarose, ao final do armazenamento. Segundo Chitarra & Chitarra (1990) relatam que, aumento nos teores de sólidos solúveis, pode ocorrer por causa da hidrólise de amido, desidratação dos frutos e degradação de polissacarídeos da parede celular. Wills *et al.* (1983) citam que o aumento nos teores de açúcares redutores pode ser devido à maturação de frutos, à perda de água e à hidrólise de polissacarídeos, hemicelulose e substâncias pécticas da parede celular, comuns no processo de amadurecimento.

Silva *et al.* (2012) em estudo objetivando observar características físico-químicas do armazenamento de amoras-pretas *in natura* utilizando revestimento de quitosana comercial, observaram que os valores médios obtidos para o lote revestido com quitosana diferiram entre si durante os dias de armazenamento, os autores constatando um aumento nos teores de sólidos solúveis. Enquanto que para lote testemunha as médias apresentaram decréscimo.

#### **4.2.4 Acidez total titulável (AT)**

A acidez titulável diminuiu a partir do início do armazenamento em todos os tratamentos. A testemunha, no primeiro período apresentou o maior teor de acidez titulável, diminuindo aos 10 e 15 dias, e aumentando no final do armazenamento. A acidez diminuiu por o ser o primeiro substrato mobilizado nos processos respiratórios (Tabela 22).

Henrique & Cereda (2007), verificaram a influência da aplicação de diferentes concentrações de ethephon e de película de fécula de mandioca nas concentrações de 1 e 3% sobre limões sicilianos. Os autores observaram que

houve uma tendência de queda do teor da acidez total durante o armazenamento, a qual não foi mais percebida até os 24 dias, independente da concentração de ethephon, mas eles não observaram interação significativa entre os tratamentos com ethephon e as concentrações do revestimento de película de fécula de mandioca para o teor de acidez total.

Esta diminuição do teor de acidez também foi verificada no presente trabalho. Costa (2009) avaliando o efeito da aplicação de coberturas comestíveis à base de quitosana contendo cálcio, ácido oléico ou ácido esteárico na qualidade pós-colheita de morangos durante o armazenamento refrigerado, constatou que ao terceiro dia de armazenamento sob condições 0+2 °C e 75+5% UR, a acidez titulável dos frutos que receberam as coberturas foi estatisticamente menor que a dos frutos não cobertos, não havendo diferença entre as coberturas empregadas.

As maçãs da testemunha apresentaram aos 5 dias maior teor de acidez, para posteriormente diminuir aos 10 e 15 dias e aumentar aos 20 dias (Tabela 22). Trabalhos de Garcia *et al.*(1998) e Han *et al.* (2004), relataram uma redução significativa da acidez titulável ao longo do armazenamento de morangos com e sem coberturas de quitosana, como resultado da senescência do fruto. Em morangos cobertos com coberturas à base de amido ou glúten foi relatado o mesmo comportamento (Garcia *et al.*, 1998; Tanada-Palmu *et al.*, 2005).

TABELA 22. Acidez total titulável (% de ácido málico) em maçãs cv. Royal Gala, armazenadas a 0° C por diferentes períodos (5,10,15 e 20 dias) e revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2012.

Tratamentos	Períodos			
	5 dias	10 dias	15 dias	20 dias
<b>T1</b>	1,06Aa	0,96Bb	0,83Cd	0,98Ba
<b>T2</b>	1,02Ab	0,93Bc	0,79Ce	0,83Cc
<b>T3</b>	0,96Bc	0,94Bc	1,02Aa	0,90Cb
<b>T4</b>	1,02Ab	0,90Bd	0,90Bb	0,84Cc
<b>T5</b>	0,96Bc	1,02Aa	0,86Dc	0,90Cb

T1: Testemunha; T2: solução de quitosana na concentração de 1 %; T3: solução de quitosana na concentração de 2 %; T4: solução de fécula de mandioca na concentração de 1 % e T5: solução de fécula de mandioca na concentração de 2 %.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Oliveira & Cereda (2003) em trabalho visando prolongar a conservação pós-colheita de pêssegos cv. Biuti selecionaram uma micro emulsão para recobrimento à base de fécula de mandioca, cera de abelha e cera comercial onde constataram que os pêssegos do tratamento testemunha não apresentaram diminuição nos valores de acidez durante o armazenamento, pois ocorreu um pico de acidez no décimo segundo dia de armazenamento. Os autores também observaram uma diminuição nos valores de acidez total titulável durante o período de armazenamento. Estes dados também são concordantes com observações de Chitarra & Carvalho (1985) e Meredith, Robertson & Horuat (1989), que trabalharam com pêssegos, ameixas e figos, recobertos.

As maçãs recobertas com solução à base de quitosana na concentração de 1% e fécula de mandioca na concentração de 1% apresentaram menor teor de acidez aos 20 dias, em relação aos demais tratamentos (Tabela 22). Costa *et al.* (2009) avaliando o efeito de coberturas comestíveis à base de quitosana, combinada ou não com cálcio e ácido ascórbico, na manutenção da qualidade

pós-colheita de morangos durante o armazenamento refrigerado (0 °C) e sob temperatura ambiente (25 °C) constataram que nos morangos controle e nos morangos cobertos com quitosana e quitosana + cálcio ocorreu uma redução significativa da acidez titulável durante o período de armazenamento esta redução foi mais acentuada nos frutos controle, como também foi observado por Han *et al.* (2004).

#### **4.2.5 Relação SS/AT**

O componente doce e ácido são fatores importantes na qualidade dos frutos sendo a relação de açúcar/ácido habitualmente determinada. Essa relação é uma das formas mais utilizadas para avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez. Esta relação apresenta uma indicação, do equilíbrio entre esses dois componentes e indica doçura dos alimentos, assim quanto maior for esta relação, maior será a sensação de doçura no paladar (Chitarra & Chitarra, 2005).

No presente experimento observou-se uma pequena variação na relação SS/AT entre os diferentes períodos de armazenamento, com o menor valor correspondendo aos 20 dias para o tratamento com solução à base de quitosana na concentração de 2% (Tabela 23). Stul. *et al.* (2012) avaliando a influência do recobrimento à base de fécula de mandioca associada ao armazenamento refrigerado na conservação de mirtilos observaram que os frutos apresentaram uma razão adequada para uma qualidade gustativa aceitável, demonstrando que o revestimento à base de fécula de mandioca não interfere nas características de qualidade dos frutos, sendo uma alternativa viável a sua conservação. Jorge *et al.* (2011) determinaram, por sua vez, na

avaliação de maçãs cv. Royal Gala revestidas com quitosana e armazenada à temperatura ambiente apresentaram acentuado aumento na razão SS/AT durante o armazenamento, devido à elevação dos sólidos solúveis e redução da acidez total titulável.

TABELA 23. Relação sólidos solúveis e acidez titulável em maçã cv. Royal Gala, armazenadas a 0 °C por diferentes períodos (5,10,15 e 20 dias), revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.

Tratamentos	Períodos			
	5 dias	10 dias	15 dias	20 dias
<b>T1</b>	15,57Bb	15,63Aa	15,67Aa	15,60ABb
<b>T2</b>	15,68Aa	15,63Aa	15,67Aa	15,67Aa
<b>T3</b>	15,63Aba	15,66Aa	15,69Aa	15,54Bc
<b>T4</b>	15,64Aab	15,55Bb	15,60Bb	15,67Aa
<b>T5</b>	15,62Bab	15,61Ba	15,70Aa	15,58Bbc

T1: Testemunha; T2: solução de quitosana na concentração de 1 %; T3: solução de quitosana na concentração de 2 %; T4: solução de fécula de mandioca na concentração de 1 % e T5: solução de fécula de mandioca na concentração de 2 %.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Com relação aos tratamentos, observou-se que o valor mais elevado correspondeu aos frutos recobertos com solução à base de quitosana na concentração de 1% aos 5 e 20 dias de armazenamento e a solução à base de fécula de mandioca na concentração de 1% aos 20 dias de armazenamento. A tendência foi da relação SS/ATT permanecer estável com pequenas alterações nos períodos e tratamentos (Tabela 23). Silva *et al.* (2009) estudando revestimentos alternativos como a cera de carnaúba, o látex de seringueira, o cloreto de cálcio e a fécula de mandioca na conservação pós - colheita de maracujás amarelos observaram que a relação SS/AT aumentou de forma linear, em todos os tratamentos, com o decorrer do armazenamento. Os autores concluíram que houve um aumento de 56,40 % entre o início e o fim

deste período de 15 dias, sem diferença entre tratamentos, fato este que não foi observado no presente experimento.

#### 4.2.6 pH

Observou-se apenas efeito do tempo de armazenamento, apresentando uma diminuição do valor do pH dos 5 aos 20 dias, sendo os maiores valores registrados aos 5 e 10 dias e os menores valores aos 15 e 20 dias, sem diferença estatística entre eles (Tabela 24). Stulp *et al.* (2012) avaliando a influência do tratamento a base de fécula de mandioca associada ao armazenamento refrigerado na conservação de mirtilo, observaram que houve um incremento na variável pH, na primeira semana de armazenamento.

TABELA 24. pH em maçã cv. Royal Gala, armazenadas a 0° C por diferentes períodos (5,10, 15 e 20 dias), revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.

<b>Períodos</b>			
<b>5 dias</b>	<b>10 dias</b>	<b>15 dias</b>	<b>20 dias</b>
3,81A	3,74A	0,88B	0,88B

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Resultado semelhante foi observado por Garcia *et al.* (1998) em morangos, que atribuíram este aumento de pH a degradação de ácidos orgânicos, como o ácido ascórbico, que ocorre no processo natural de senescência do produto. Este comportamento foi seguido de uma queda nos valores de pH, comportamento que pode ser atribuído ao consumo destes ácidos no processo de transpiração e respiração dos frutos, sendo esta redução do pH similar à verificada neste trabalho. Costa (2009) observou que morangos recobertos com solução de quitosana + cloreto de cálcio no primeiro

dia de armazenamento refrigerado apresentaram um pH menor que os frutos da testemunha e que os frutos cobertos com solução quitosana + ácido ascórbico. Este autor também observou que no 6<sup>o</sup> e 15<sup>o</sup> dia de armazenamento, os frutos da testemunha apresentaram pH superior aos frutos cobertos com as soluções quitosana + cloreto de cálcio, quitosana + ácido ascórbico e quitosana + cloreto de cálcio e ácido ascórbico. Ao contrario destes resultados Hernandez - Muñoz *et al.* (2006) relataram um aumento no pH de morangos cobertos ou não com quitosana e armazenados a 20 °C e 70% de UR.

Com relação aos tratamentos, não houve diferença estatística entre eles. Costa (2009) verificou que o pH de frutos de morangos armazenados a 25 °C, que receberam a cobertura de quitosana + cloreto de cálcio e ácido ascórbico foi menor que o dos frutos não cobertos, esta diferença não foi observada neste experimento com maçãs.

Barbosa (2012) avaliou solução de quitosana associada ao glicerol no recobrimento do mamão papaia visando manter a qualidade, observou-se maior pH nos frutos revestidos com quitosana. Ao contrario deste trabalho, Trigo (2010), ao avaliar a qualidade de mamão Formosa minimamente processado utilizando revestimento comestível, observou que o pH dos frutos revestidos foram significativamente menores que o controle.

#### **4.2.7 Perda de massa fresca**

Observou-se diferença significativa para o tempo de armazenamento, observando um aumento na perda de massa fresca a partir dos 10 dias de armazenamento a 0 °C. Os maiores valores foram registrados aos 15 e 20 dias

de armazenagem (Tabela 25). Com relação aos tratamentos (Tabela 26), observou-se que as maçãs recobertas com solução à base de quitosana na concentração de 2 % e solução à base de fécula de mandioca nas concentrações de 1 e 2 % apresentaram menor perda de massa, sendo a maior perda observada no tratamento com solução de quitosana na concentração de 1% e na testemunha.

TABELA 25. Perda de massa (%) em maçã cv. Royal Gala, armazenadas a 0 °C por diferentes períodos (5,10,15 e 20 dias), revestidos com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.

<b>Períodos</b>			
<b>5 dias</b>	<b>10 dias</b>	<b>15 dias</b>	<b>20 dias</b>
0,26 <sup>a</sup>	0,22A	0,32B	0,36B

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Barbosa (2012) observou que a perda de massa fresca em mamão cv. Sunrise Solo aumentou linearmente com o decorrer do tempo de armazenamento. Esta linealidade reduzida com aplicações de quitosana em concentrações superiores a 0,75 %. Porém, comparando a aplicação ou não de quitosana, independente de suas concentrações, verificou-se a maior perda de massa nos tratamentos com sua presença. Lin *et al.* (2008) ao avaliarem o efeito do revestimento de quitosana na qualidade de peras cv. Yali verificaram redução significativa da perda de massa nas peras revestidas com com uma concentração de 1,5 % de quitosana em comparação com a fruta não revestida durante o armazenamento a 25 °C e 80 – 90 % de UR.

Castrini *et al.* (2010) também avaliaram a influência de revestimento de fécula de mandioca no amadurecimento de mamões inteiros durante 14 dias de armazenamento. Os autores empregaram formulações de féculas de mandioca

nas concentrações de 1, 3 e 5 %. Os revestimentos de 3 e 5 % reduziram a perda de massa fresca mantendo a coloração verde durante o armazenamento.

No presente trabalho as soluções nas concentrações de 1 e 2% de fécula de mandioca e quitosana, a 2% também apresentaram uma menor perda de massa em comparação com a testemunha e quitosana a 2% (Tabela 26). Com as mesmas concentrações de fécula de mandioca a 1, 3 e 5%, porém em ambiente refrigerado (8 °C – 12 °C), Souza (2005) avaliou que o revestimento de fécula de mandioca favoreceu uma maior integridade das paredes celulares, evidenciada pela boa estruturação e organização das mesmas.

TABELA 26. Perda de massa (%) em maçãs cv. Royal Gala, revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.

Tratamentos				
T1	T2	T3	T4	T5
0,31 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,27 <sup>B</sup>	0,28 <sup>B</sup>	0,22 <sup>B</sup>

T1: Testemunha; T2: solução de quitosana na concentração de 1 %; T3: solução de quitosana na concentração de 2 %; T4: solução de fécula de mandioca na concentração de 1 % e T5: solução de fécula de mandioca na concentração de 2 %.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Gonzalez - Aguilar *et al.* (2009) determinaram uma menor perda de massa em mamões minimamente processados e revestidos com quitosana em, concentração 0,02 g.mL<sup>-1</sup>. Segundo estes mesmos autores, os frutos revestidos com quitosana formaram uma barreira sobre a superfície do fruto que, em conjunto com a embalagem, diminuiu a perda de massa dos mamões.

Uma das possíveis justificativas para os resultados determinados no presente trabalho deriva a possibilidade das maçãs revestidas na concentração de 1% de quitosana não tenha formado uma barreira uniforme sobre a superfície dos frutos. Nesta condição a perda de massa fresca não foi

bloqueada o suficiente em comparação com os demais tratamentos de revestimento.

Qiuping & Wenshui, (2007) pesquisando novas técnicas de preservação e manutenção da qualidade de cerejas da Índia (*Ziziphus mauritina*, cv. *Cuimi*), à temperatura ambiente, constataram que o uso de biofilme combinando quitosana e 1-metilciclopropeno foi eficaz para incrementar a vida útil dos frutos em oito dias. Os autores observaram diminuição da taxa respiratória e de produção de etileno. Determinaram, uma menor atividade da enzima poligalacturonase nas cerejas, observando também redução da perda de peso, maior conservação da coloração verde.

O uso de cobertura de fécula de mandioca nas concentrações de 1, 2, 3, 4 e 5 % em morangos foi eficiente na minimização da perda de massa e aumento de cinco vezes a vida útil da fruta destes morangos (Henrique & Cereda, 1999). Chen *et al.* (2007) em mangas minimamente processadas e tratadas com quitosana na concentração de 2% apresentaram uma perda de massa de 10,27 % enquanto que mangas do tratamento controle apresentaram uma perda de massa de 19,86%. Segundo estes autores o revestimento de quitosana formou uma proteção contra o extravasamento celular das mangas processadas.

#### **4.2.8 Avaliação da incidência de podridões**

Observou-se com o passar do período de armazenamento que os frutos recobertos com solução a base de quitosana 1%, fécula de mandioca 1% e fécula de mandioca 2% apresentaram um maior controle sobre as podridões num contexto geral (Tabela 27).

TABELA 27. Percentuais de Incidência de podridões em maçãs cv. Royal Gala, revestidas com solução filmogênica de quitosana e fécula de mandioca. Porto Alegre, 2013.

Tratamentos				
T1	T2	T3	T4	T5
2,7A	0B	1,4 <sup>a</sup>	0B	0B

T1: Testemunha; T2: solução de quitosana na concentração de 1 %; T3: solução de quitosana na concentração de 2 %; T4: solução de fécula de mandioca na concentração de 1 % e T5: solução de fécula de mandioca na concentração de 2 %.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Vieira *et al.* (2009) em estudo de utilização de filmes de quitosana de diferentes massas moleculares: alta massa molecular (300 kDa) e média massa molecular (150 kDa) para o recobrimento de mamões papaia, determinaram a ação antifúngica e antibacteriana. Os autores concluíram que a quitosana de média massa molecular pode ser aplicada com sucesso no recobrimento destes frutos reduzindo em até cinco vezes a contaminação de bolores e leveduras e em 60% a contaminação de mesófilos. A quitosana de alta massa molecular não se mostrou adequada para o recobrimento.

Quanto às propriedades fungistáticas e fungicidas contra patógenos de vários frutos e hortaliças, a quitosana possui diferentes mecanismos de ação. Estes mecanismos incluem o acúmulo de quitinase, a síntese de inibidores de proteinase, a lignificação, a indução da síntese de calose (El Ghaout *et al.*, 1992, El Ghaout *et al.*, 1994), e eliciação da produção de fitoalexinas e peróxido de hidrogênio (Agrawal *et al.*, 2002).

Resultados contrários foram encontrados por Cerqueira *et al.* (2011). Estes autores avaliaram o recobrimento de goiabas com filmes protéicos e de quitosana e concluíram que os tratamentos pouco contribuíram para retardar o amadurecimento e para controlar as podridões. Em maçãs, Capdeville *et al.*, (2002) constataram o efeito positivo das concentrações de 1 % e 2 % de

quitosana no controle do mofo azul (*Penicillium expansum*), quando os frutos foram tratados 48 ou 96 h antes da inoculação.

#### **4.2.9 Microscopia elétrica de varredura (MEV)**

O interesse sobre a cera que reveste os frutos tem aumentado por constituir-se em um mecanismo importante no processo de frigoconservação (Castro *et al.*, 2002). A estrutura mais superficial, dos frutos é constituída por fina camada de cera responsável por mecanismo de proteção, mas principalmente por ser uma estrutura relacionada ao controle de evapotranspiração. Em relação ao ataque de patógenos a cobertura cerosa é a primeira barreira física de defesa dos tecidos aos organismos causadores de podridões.

As maçãs revestidas com solução à base de quitosana e fécula de mandioca armazenadas em câmara fria a 0 °C tanto na concentração de 1 % como a 2 % apresentaram uma deposição da solução de forma mais homogênea e uniforme (Figuras 24 e 25). Estes resultados foram comprovados por Castañeda (2007), em trabalho com laranjas cv. Navelina tratadas com cera a base de carnaúba e resinas vegetais adicionadas de fungicida, observando que estas apresentaram boa qualidade organoléptica até os 80 dias de armazenamento refrigerado em temperatura a 2 °C, o uso destes tratamentos a base de cera reduziu a perda de massa.

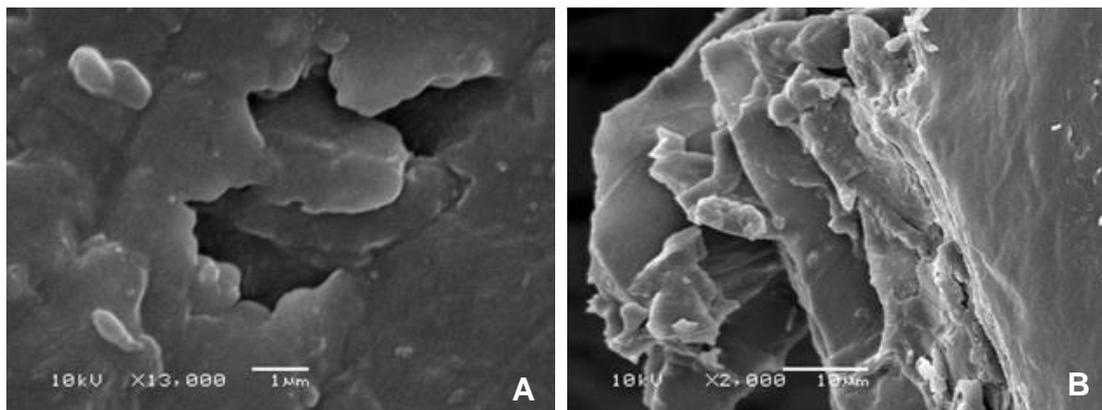


FIGURA 23. Eletromicrografias de varredura (13000x (A) e 2000x(B)) da cutícula das maçãs cv. Royal Gala armazenada em câmara fria a 0 °C revestida com solução filmogênica a base de quitosana a 1 %. Centro de microscopia eletrônica – UFRGS. Porto Alegre, 2013

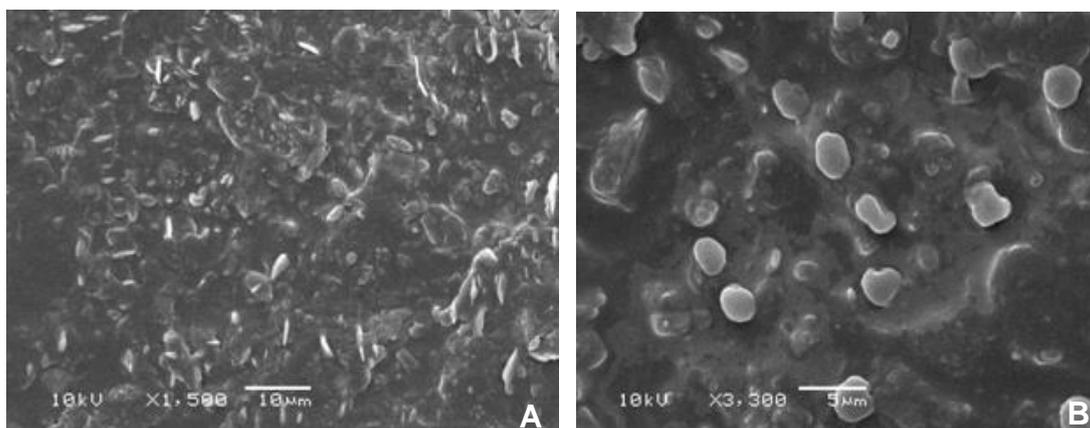


FIGURA 24. Eletromicrografias de varredura (1500x e 3300x) da cutícula das maçãs cv. Royal Gala armazenadas em câmara fria a 0 °C e revestidas com solução filmogênica a base de fécula de mandioca a 1 % (A) ou 2 % (B). Centro de microscopia eletrônica. UFRGS. Porto Alegre, 2013.

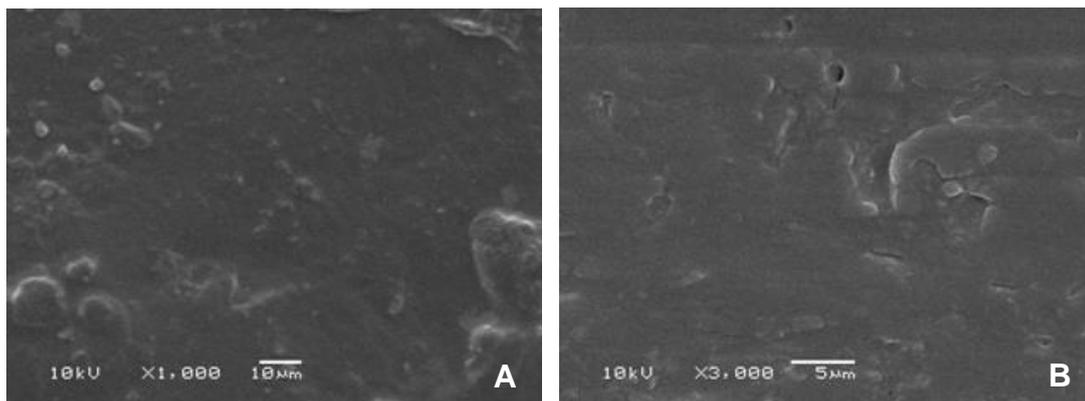


FIGURA 25. Eletromicrografias de varredura (1000x e 3000x) da cutícula das maçãs cv. Royal Gala armazenada em câmara fria a 0 °C revestida com solução filmogênica a base de fécula de mandioca a 1 % (A) ou e 2 % (B). Centro de microscopia eletrônica. UFRGS. Porto Alegre, 2013

## 5 CONCLUSÃO

No primeiro experimento a aplicação pós - colheita de quitosana na forma de coberturas em maçãs cv. Fuji preservou a qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado. O emprego do revestimento de quitosana nas concentrações de 1 ou 2% foi efetivo na redução da perda de massa e da incidência de podridões. Quando utilizada na concentração de 2%, melhorou a aparência provendo mais brilho no fruto e mantendo o teor de ácido ascórbico, a acidez titulável, a cor vermelha e o teor de sólidos solúveis. A aplicação de quitosana formou uma camada protetora homogênea nas maçãs o que foi constatada por eletromicrografias de varredura, onde se observou a formação das fibras de quitosana.

A temperatura de 0°C utilizada durante o período de armazenamento refrigerado da maçã cv. Fuji preservou a firmeza da polpa, manteve o teor de acidez titulável e diminuiu a perda de massa, mantendo a qualidade da fruta.

No segundo experimento, com maçãs cv. Gala observou-se com relação à coloração da epiderme das frutas que os tratamentos de recobrimento à base de quitosana na concentração de 1% e fécula de mandioca na concentração de 2%, resultaram em superfície com um aumento de reflexão da luz o que pode ser comparado ao brilho das maçãs após um maior período de armazenamento a 0 °C. O valor de  $a^*$  foi maior nos frutos da testemunhas e revestidas com

solução à base de quitosana nas concentrações de 1 e 2% e com fécula de mandioca na concentração de 1 %, a coordenada  $b^*$  foi maior nas frutas revestidas com solução à base de quitosana na concentração de 1%.

Os sólidos solúveis, a acidez total titulável e o pH sofreram uma diminuição gradual com o passar do período de armazenamento. Na relação sólidos solúveis e acidez titulável observou-se pequena variação, permanecendo estável com pequenas alterações nos períodos e tratamentos, onde as frutas recobertas com solução à base de quitosana e fécula de mandioca na concentração de 1 % apresentaram uma maior relação.

Com relação à perda de massa fresca foi possível observar que os tratamentos de recobrimento a base de quitosana na concentração de 2 %, e fécula de mandioca nas concentrações de 1 % e 2 % apresentaram menor perda de massa. Também foi observado pequena incidência de podridões.

A firmeza manteve a estabilidade com pequenas alterações nos períodos de armazenamento, mas sem significância.

A aplicação de quitosana e fécula de mandioca formaram uma camada protetora homogênea no fruto o que foi constatada através de eletromicrografias de varredura.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, L. et al. Edible carbohydrates food coating II: Evaluation on fresh meat products. **Food Technology**, Chicago, v. 17, p. 1442-1446, 1966.

ALMEIDA, C.O.; PASSOS, O.S. **Citricultura brasileira em busca de novos rumos. Desafios e oportunidades na região Nordeste**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. 160 p.

ALMEIDA, G.V.B. **Características qualitativas de pêssegos produzidos em Paranapanema-SP, safra 2005, e sua valoração no mercado atacadista de São Paulo**. 2005. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

ALVES, E.R. et al. **Colheita e pós-colheita**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2002. p.383-405.

AMARIZ, A. et al. Recobrimentos à base de carboximetilcelulose e dextrina em mangas 'Tommy Atkins' armazenada sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.10, p. 2199 – 2205, out, 2010.

ANDRIGUETO, J.R.; KOSOSKI, A.R. **Desenvolvimento e conquista da Produção Integrada de Frutas no Brasil até 2004**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2005. 10 p. (Relatório)

AOAC INTERNACIONAL. **Official methods of analysis of AOAC Internacional**, Washington, 2002.

ARGENTA, L. C. Fisiologia pós-colheita: maturação, colheita e armazenagem dos frutos. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2002. p. 691-732.

ASSIS, O.B.G.; ALVES, H.C. **Metodologia Mínima para Produção de Filmes Comestíveis de Quitosana e Avaliação preliminar de seu uso como revestimento protetor em maçãs cortadas**. São Carlos – SP : Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2002. 5p. (Comunicado Técnico)

ASSIS, O.B.G.; LEONI, A.M. Biofilmes comestíveis de quitosana: ação biofungicida sobre frutas fatiadas. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, São Paulo, n. 30, p.33-38, 2003.

ASSIS, O. B. G.; PESSOA, J. D. C. Preparation of thin films of chitosan for use as edible coatings to inhibit fungal growth on sliced fruits. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v.7, n.1, p.17-22, 2004.

ASSIS, O.B.G.; BRITTO, D.; FORATO, L.A. **O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas in natura e minimamente processadas**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. 23 p. (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**)

ASSIS, O. B. G. Alteração do caráter hidrofílico de filmes de quitosana por tratamento de plasma HMDS. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 603-606, 2010.

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

AYHAN, Z.; YEOM, H.W.; ZHANG, Q.H. Flavour, color and vitamin C retention of pulsed electric Field processed Orange juice in different packaging materials. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, p. 669-674, 2001.

AYRANCI, E.; TUNC, 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**, London, v.80, p.423-431, 2003.

ATARASSI, M. E.; MOSCA, M.; FERREIRA, M. D. Efeito da aplicação de cera na qualidade da tangerina 'Ponkan'. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 6., 2006, Paraíba, PI. **Anais...** Paraíba: Universidade do Vale do Paraíba, 2006. p. 2884-2886.

BALDWIN, E.A. et al. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, p. 151-163, 1996.

BALDWIN, E.A. et al. Effect of two edible with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.17, n. 3, 1999.

BAKER, E. A. The influence of environment on leaf wax development in *Brassica oleracea gemmifera*. **New Phytologist**, Cambridge, v. 73, n. 5, p. 955-966, 1974.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO (BNDES). **Fruticultura: a produção de maçã no Brasil**. Rio de Janeiro, 2010. (Informativo Técnico Seagri, n. 2. Nov. 2010). Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/informativo\\_SEAGRI/InformativoSEAGRI\\_02\\_2010.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/informativo_SEAGRI/InformativoSEAGRI_02_2010.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2013.

BANKER, G.S. Films coating theory and practice. **Journal of pharmaceutical Sciences**, Washington, v. 55, n. 1, p. 81-89, 1966.

BARBOSA, J.de Q. **Conservação pós-colheita de mamão “Sunrise solo” com uso de quitosana**. 2012. Dissertação (Mestrado Área de Concentração em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2012.

BASSETTO, E. **Quantificação de danos ao longo da cadeia produtiva de pêssegos e avaliação de métodos alternativos de controle de doenças póscolheita**. 2006. 126 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BATISTA, J.; TANADA-PALMU, P.S.; GROSSO, C.R.F. Efeito da adição de ácidos graxos em filmes à base de pectina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 781-788, out-dez, 2005.

BATISTA, F.P. et al. Utilização de filmes plásticos e comestíveis na conservação pós-colheita de melão amarelo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 572-576, 2007.

BATTISTI, M.V.; CAMPANA FILHO, S. P. Obtenção e caracterização de  $\alpha$ -quitina e quitosana de cascas de *Macrobrachium rosenbergui*. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 8, 2008.

BAUTISTA-BAÑOS, S. et al. Seasonal evaluation of the postharvest fungicidal activity of powders and extracts of huamuchil (*Pithecellobium dulce*) action against *Botrytis cinerea*, *Penicillium digitatum* and *Rhizopus stolonifer* of strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 29, p. 81-93, 2003.

BAUTISTA-BAÑOS et al. Evaluation of the antifungal activity of natural compounds to reduce postharvest blue mould (*Penicillium expansum* Link.) of apples (*Malus domestica* Borkh.) during storage. **Revista Mexicana de Fitopatologia**, Ciudad Obregón, v. 22, n. 03, p. 361-369, 2004.

BAUTISTA-BANÕS, S. Chitosan as potential natural compound to control pre and postharvest disease of horticultural commodities. **Crop Protection**, Guildford, v. 25, n. 2, p.108-118, Feb. 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, de 28 de outubro de 1997. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d1b6da0047457b4d880fdc3fbc4c6735/PORTARIA\\_540\\_1997.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d1b6da0047457b4d880fdc3fbc4c6735/PORTARIA_540_1997.pdf?MOD=AJPERES)> . Acesso em: 20 abr. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Decreto nº 55871, de 26 de março de 1965. Modifica o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprêgo de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, de 09 de abril de 1965. Disponível em:

<<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/414d248047458a7d93f3d73fbc4c6735/DECRETO+N%C2%BA+55.871%2C+DE+26+DE+MAR%C3%87O+DE+1965.pdf?MOD=AJPERES>> . Acesso em: 20 abr. 2012.

BELEDELI, M. Produção nacional e maçãs terá queda em 2013. **Jornal do Comercio**, Porto Alegre, **edição impressa de 07/03/2013**. Disponível em: <<http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=118267>>. Acesso em: 19 abr. 2013.

BERGER, G. **Quitosana: a fibra do futuro**. 2008. Disponível em: <[http://www.polymar.com.br/produtos/lv\\_quitosana/cap3.pdf](http://www.polymar.com.br/produtos/lv_quitosana/cap3.pdf)> . Acesso em: 19 abr. 2008.

BLANKE, M.M. Respiration of apple and avocado fruits. **Postharvest News and Information**, Wallingford, v. 2, n. 6, p. 429 – 436, 1991.

BOLZAN, R. P. **Biofilmes comestíveis para conservação pós-colheita de tomate “Dominador”**. 2008. 167 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2008.

BOTREL, D.A. et al. Qualidade de alho (*Allium sativum*) minimamente processado envolvido com revestimento comestível antimicrobiano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, jan./mar. 2007.

BRACKMANN, A.; NEUWALD, D. A.; STEFFENS, C. A. Armazenamento de maçã ‘Fuji’ com incidência de pingo-de-mel. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 526-531, 2001a.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçãs ‘Royal Gala’ sob diferentes temperaturas e pressões parciais de oxigênio e gás carbônico. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 532-536, 2001b.

BRACKMAN, A. et al. Manutenção da qualidade pós-colheita de maçãs ‘Royal Gala’ e ‘Galaxy’ sob armazenamento em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 2478-2484, 2008.

BRACKMANN, A. et al. Manejo do etileno e sua relação com a maturação de maçãs ‘Gala’ armazenadas em atmosfera controlada. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 519-525, 2009.

BRECHT, J. K. et al. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 27, n. 1, p. 87-101, 2003.

BRUNINI, M.A. et al. Influência de embalagens e temperatura no armazenamento de jaboticabas (*Myrciaria jaboticaba* (Vell) Berg) cv “Sabará”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n.3, p. 378 – 383, 2004.

CAMARA ARGENTINA DE FRUTICULTORES INTEGRADOS (CAFI). **Competitividade impuestos: frutas de pepita en Argentina**. 2010. Disponível em: <<http://www.fruticulturasur.com/upload/articulos/archivos/Competitividad%20e%20impuestos%20Diagnostico%206%209%2010.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

CAMILI, E. C. et al.. Avaliação de quitosana, aplicada em pós-colheita, na proteção de uva ‘Itália’ contra *Botrytis cinerea*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 215-221, 2007.

CANELLA, K. M. N. de; GARCIA, R.B. Caracterização de quitosana por cromatografia de permeação em gel - influência do método de preparação e do solvente. **Química Nova**, São Paulo, v.24, n.1, p. 13 – 17, 2001.

CAPDEVILLE, G. et al. Alternative disease control agents induce resistance to blue mould in harvest 'Red Delicious' apple fruit. **Phytopathology**, Saint Paul, v.92, p.900-908, 2002.

CASTAÑEDA, L.M.F. **Qualidade físico-química e sensorial em pós-colheita de morangos sob armazenamento refrigerado e de laranjas em atmosfera modificada**. 2007. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência Fruticultura de Clima temperado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

CASTRICINI, A.; CONEGLIAN, R.C.C.; VASCONCELLOS, M.A.S. Qualidade e amadurecimento de mamões ‘golden’ revestidos por película de fécula de mandioca. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 4, n.1, p.32-41, 2010.

CASTRO, L. A. S. de et al. Metodologia para observação da camada de cera em maçãs, utilizando microscopia eletrônica de varredura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3. p. 774-775, 2002.

CÉ, N. **Utilização de filmes de quitosana contendo nisina e natamicina para cobertura de kiwis e morangos minimamente processados**. 2009. 95p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

CENCI, S. A. Boas práticas de pós-colheita de frutas e hortaliças na agricultura familiar. In: NASCIMENTO NETO, F. (Org.). **Recomendações básicas para a aplicação das boas práticas agropecuárias e de fabricação na agricultura familiar**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 3.

CEREDA, M. P. BERTOLINI, A.C.; EVANGELISTA, R.M. Uso de amido em substituição às ceras na elaboração de “película” na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças: estabelecimento de curvas de secagem. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 7., 1992, Recife. **Anais do...** [Recife, 1992].

CEREDA, M. P. et al. Películas de Almidón para la preservación de frutas. In: CONGRESSO DE POLÍMEROS BIODEGRADÁBLES, 1995, Buenos Aires. **Anais do...** [Buenos Aires, 1995.]

CERQUEIRA, T.S. et al., Recobrimento com filmes protéicos e de quitosana. **Bragantia**, Campinas. v. 70, n. 1, p. 216 – 221. 2011.

CHATTERJEE, S.; CHATTERJEE, B. P.; GUHA, A. K. Clarification of fruit juice with chitosan. **Process Biochemistry**, London, v. 39, p. 2229 – 2232, 2004.

CHEN, M.J.; WENG, Y.M.; CHEN, W. Edible coatings as preservative carriers to inhibit yeast on Taiwanese-style fruit preserves. **Journal of Food Safety**, New Brunswick, v. 19, n. 2, p. 89-96, 1999.

CHIEN, P. J. SHEU, F.; LIN, H. R. Coating citrus (Murcott tangor) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. **Food Chemistry**, London, v. 100, n. 3, p. 1160-1164, 2007.

CHITARRA, M.I.; CARVALHO, V.D. Frutos temperados: pêssegos, ameixas e figos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 25, p. 56 – 66, 1985

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

CIA, P.; BENATO, E. A. Potencial da resistência induzida no controle de doenças pós-colheita em frutos. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, supl., p. 140-142, 2008.

CIA. P. et al. Quitosana no controle pós-colheita da prodridão mole em caqui 'Rama Forte'. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 745-752, 2010.

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 x ananassa*) quality. **Latin American Applied Research**, Bahía Blanca, v.36, p.249-254, 2006.

CONWAY, G.R. The properties of agroecosystems. **Agricultural Systems**, Essex, n. 24, p. 55 – 117, 1987.

CORRENT, A. R. et al. Efeito do 1-metilciclopropeno na conservação de maçãs 'Royal Gala' Em ar refrigerado e atmosfera controlada. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 217-221, 2004.

CORRENT, A. R. et al. Efeito do 1-metilciclopropeno em maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera refrigerada e atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 1, p. 91-94, 2005.

CORTEZ, L. A.; HONORIO, S. L.; MORETTI, C.L. **Resfriamento de frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2002. 428 p.

COSTA, C.S. **Coberturas à base de quitosana na qualidade pós-colheita de morangos cv. Aromas**. 2009. 105f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

CRUZ, R.G. da; ALMEIDA, E.C. de; AMORIM, E.; BORGES, S.V. Conservação refrigerada de carambola em embalagens plásticas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 5, n.2, p. 279-282, 2001.

DAMIAN, C. et al. Quitosana: um animo polissarídeo com características funcionais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 2, p. 195-205, 2005.

DANG, Q.F. et al. Chitosan acetate as an active coating material and its affects on the storing of *Prunus avium* L. **Journal of Food Science**, Chicago, v.75, p.5125 – 5137, 2010.

D'AQUINO, S. et al. Film wrapping delays ageing of “Minneola” tangelos under shelf-life conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, p.107-116, 1998.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J.A.; VOILLEY, A. Edible films and coating: tomorrow packaging: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 38, n.4, p. 299-313, 1998.

DEBEAUFORT, F. et al. Lipid hydrophobicity and physical state effects on the properties of bilary edible films. **Journal of Membrane Science**, Amsterdam, v.180, p. 47-55, 2000.

DEL-VALLE, V. et al. Development of a cactusmucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. **Food Chemistry**, London, v.91, n.4, p. 751-756, 2005.

DOTTO, G. L. et al. Uso de quitosana como filme microbiológico para o aumento da vida útil de mamões papaia. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 17., 2008, Rio Grande. **Anais...** Rio Grande, RS: Universidade Federal do Rio Grande, 2008. p. 1- 5.

DU, J.; HIROSHI, G.; IWAHORI, S. Effect of chitosan coating on the storage of peach, Japanese pear, and kiwifruit. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tokio, v.66, p.15-22.1997.

DU, J.; GEMMA, H.; IWAHORI, S. Effects of chitosan coating on the storability and on the ultrastructural changes of ‘Jonagold’ apple fruit in storage. **Food Preservation Science**, Tokio, v. 24, n.1, p. 23–29, 1998.

ELESBÃO, R. Fortaleza, 2009. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2009/abril/4-semana/pos-colheita-de-frutas-a-ciencia-da-conservacao/>. Acesso em 07 de maio de 2012.

EL GHAOUTH, A.; ARUL, J.; PONNAMPALAM, R. Use of chitosan coating to reduce water loss and maintain quality of cucumber and bell pepper fruits. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v.15, p.359-368, 1991b.

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

EL GHAOUTH, A. et al. Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. **HortScience**, Alexandria, v. 27, p. 1016–1018, 1992.

EL GHAOUTH, A. et al. Ultrastructural and cytochemical aspects of the effect of chitosan on decay of bell pepper fruit. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 44, n. 6, p. 417 – 432, 1994.

EL GHAOUTH, A. et al. Enhancement of the performance of *Candida saitoana* by the addition of glycolchitosan for the control of postharvest decay of apple and citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.19, p.103–110, 2000.

EL HADRAMI, A. et al. Chitosan in plant protection. **Marine Drugs**, Basel, v. 8, n. 4, p. 968-987, 2010.

EPAGRI. **A Cultura da macieira**. Florianópolis, 2002. 743p.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C. Situação da fruticultura no Brasil. **Fruticultura: fundamentos e práticas**. Brasília, 2007. Disponível em: <[http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/fruticultura\\_fundamentos\\_pratica/1.1.htm](http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/fruticultura_fundamentos_pratica/1.1.htm)>. Acesso em: 02 de maio de 2012.

FAI, A. E. C.; STAMFORD, T. C. M.; STAMFORD, T. L. M. Potencial biotecnológico de quitosana em sistemas de conservação de alimentos. **Revista Ibero americana de Polímeros**, Vasco, v. 9, n. 5, p. 435-451, 2008.

FAKHOURI, F. M. et al. Filme e cobertura comestível composta à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n.2, p. 203-211, 2007.

FENIMAN, C.M. **Caracterização de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) da cultivar IAC 576-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita**. 2004. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

FERRI, V.C. et al. Uso do composto fenólico natural de resveratrol para a manutenção da qualidade em pós-colheita de maçã “Catarina” e “Fuji” mantidas em temperaturas ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 1., 2007, Porto Alegre, RS. **Anais...** [Porto Alegre, 2007.]. v.2, p. 698 – 702.

FONTES, L.C.B. **Uso de solução conservadora e de películas comestíveis em maçãs da cultura Royal Gala minimamente processadas: efeito na fisiologia e na conservação.** 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GARCIA, M.A; MARTINO, M.N.; ZARITZKY,N.E. Edible starch films and coatings characterization:scanning electron microscopy, water vapor, and gas permeabilities. **Scanning**, Mahwah, v. 21, n.5, p. 348-353, 1999.

GARCÍA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Edible starch films and coatings characterization: Scanning electron microscopy, water vapor transmission and gas permeabilities. **Scanning**, Mahwah, v. 21, n. 5, p. 348-353, 1999.

GARCIA, M.A; MARTINO, M.N.; ZARITZKY,N.E. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n.6 p. 941-947, 2000.

GENNADIOS, A.; HANNA, M.A.; KURTH, L.B. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review. **Lebensmittel wissenschaft und-Technologie**, London, v. 30, n.4, p.337-350, 1997.

GIRARDI, C.L. et al. **Manejo pós-colheita de pêssegos cultivar Chiripá.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2000. 36p. (Circular Técnica, 28)

GOMÉZ, A. C. S. **Influência das condições de conservação sobre a qualidade póscolheita de diferentes cultivares de maçã.** 2005. 79 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade de Alimentos) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

GONÇALVES, E. D.; ANTUNES, P. L.; BRACKMANN, A. Armazenamento de pêra ‘Nijisseiki’ em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 226-231, 2000.

GONTARD, N; GUILBERT, S; CUQ, B. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. **Journal of Food Science**, Chicago, v.57, p.190-195, 1992.

GONZALEZ - AGUILAR, G. et al. Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya ‘Maradol’. **Journal of Food Science Agriculture**, Sonora, v. 89, p. 15-23, 2009

GUEDES, P. de A. **Utilização de biofilme comestível na conservação pós-colheita de manga, cv. Rosa**. 2007. 70 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Vitória da Conquista, 2007.

GUILBERT, S.; GONTARD, N.; GORRIS, G.M. Prolongation of the self-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. **Lebensmittel wissenschoft und- Technologie**, London, v.29, n.1-2, p.10-17, 1996.

GÜRAKAN, E.D.G.C.; BAYINDIRLI, A. Effect of controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and gaseous ozone treatment on the survival of Salmonella enteritidis on cherry tomatoes. **Food Microbiology**, Maryland Heights, Missouri, v. 23, n. 5, p. 430-438. 2005.

HAN, C. et al. Edible coating to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.33, p. 67 – 78, 2004.

HARDENBERG, R. E. Wax and Related Coatings for Horticultural Products: a bibliography. **Agriculture Research Service Bulletin**, Washington, DC, p. 51-15, 1967.

HARKER, F.R. SHELLEY, K. Ripening and development of chilling injury in persimmon fruit: an electrical impedance study. **New Zealand Journal of crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 25, p.149 – 157, 1997.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, C. M. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria Ananassa Duch*) cv IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 231-233, 1999.

HENRIQUE, C.M.; CEREDA, M.P. Uso de ethephon e fécula de mandioca na conservação pós-colheita de limão siciliano. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n. 1, 1 semestre, p. 99 – 106, 2007

HERNANDEZ-MUNÓZ, P. et al. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberry (*Fragaria x ananassa*). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, p.247-253, 2006.

HERNANDEZ-MUNÓZ, P. et al. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria xananassa*) quality during refrigerated storage. **Food Chemistry**, London, v. 110, p.428-435, 2008.

HERSHKO, V.; NUSSINOVITCH, A. Physical properties of alginate-coated onion (*Allium cepa*) skin. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 12, n. 2, p. 195-202, 1998.

HOA, T.T.; DUCAMP, M.N. Effects of different coatings on biochemical changes of 'cat Hoa loc' mangoes in storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.48, n.1, p.150-152, 2008.

HOAGLAND, P.; PARRIS, N. Chitosan/pectin laminated films. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.44, p.1915 – 1919, 1996.

HOFFMANN, A.; BERNARDI, J. Aspectos botânicos. In: NACHTIGALL, G. R. (Ed.) **Maçã: produção**. Bento Gonçalves : Embrapa Uva e Vinho; Brasília : Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 171 p. ; il. – p. 17 – 24 (Frutas do Brasil ; 37).

HOJO, E.T.D. et al. Uso de películas de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de pimentão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p.184-190, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de orçamento familiares 2009**: Aquisição alimentar domiciliar. Rio de Janeiro, 2010. 95 p.

JACOMINO, A. P.; BRON, I. U.; KLUGE, R. A. Avanços em tecnologia pós-colheita de mamão. In: MARTINS, D. S. **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003. p. 283-293

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

JOLY, A.B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 13.ed. São Paulo: CIA Editora Nacional, 2002.

JORGE, P.C.S. **Avaliação de maçãs “Royal Gala” revestida com filme de quitosana durante o período de pós-colheita**. 158 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2010.

JORGE, P.C.S. et al. Maçã “Royal Gala” revestida com quitosana estocada à temperatura ambiente. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 29, n. 2, p. 253 – 264, jul./dez. 2011.

KESTER, J.J.; FENNEMA, O.R. Edible films and coatings: a review. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 12, p. 47-59, 1986.

KREUZ, C.L. et al. Análise da rentabilidade da cultura da macieira em duas cultivares e duas densidades de plantio. In: XLIII CONGRESSO DA SOBER, 43., 2005, Ribeirão Preto. **[Anais]**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2005.

KREUZ, C. L. et al. Estratégias competitivas para agronegócios: análise e resultados para o caso da maçã brasileira. **Revista eletrônica administradores sem fronteiras**, [on-line], n. 2, 2005. Disponível em: < admsf.adm.br/revista > Acesso em: 15 de junho de 2012.

KITTUR, F.S.; KUMAR, K.R.; THARANATHAN, R.N. Functional packaging of chitosan films. **Zeitschrift für Lebensmittel- untersuchung und forschung**, Berlin, v. 206, p. 44–47. 2001.

KLUGE, R.A. et al. Embalagens plásticas para pêssegos “flordaprince” refrigerados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.4, 1999.

KLUGE, R.A. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Emopi, 2002. 214 p.

KONICA MINOLTA. Precise Color Communication. **Handbook Manual of Spectrophotometer**. 1998.

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

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**, Beijing, v.81, p. 269-274. 2000.

LIN, D.; ZHAO, Y. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetable. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v.6, p. 60-75, 2007.

LIN, L. et al. Effects of a chitosan-based coating with ascorbic acid on post-harvest quality and core browning of ‘Yali’ pears (*Pyrus bertschneideri* Rehd.), **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Beijing, v. 88, p. 877-884, 2008.

LIU, J. et al. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 44, p. 300-306. 2007.

LOPES, A.P.; FASSINA, S.H.; COELHO, S.R.M. Armazenamento refrigerado de laranjas “Pera” recobertas com filme de polietileno e fécula de mandioca. **Revista Varia Scientia Agrária**, Cascavel, v. 1, n. 2, p. 121 – 129, 2010.

LUCHI, V.L. Botânica e fisiologia. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2002.

LUVIELMO, M. M.; LAMAS, S.V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, Pelotas, v. 8, n.1, p. 8-15, janeiro-junho, 2012.

MACDOUGALL, D.B. Colour measurement of food: principles and practice. In: MACDOUGALL, D.B. (Ed.). **Colour in food improving quality**. Cambridge: Woodhead publishing, 2002. p. 33 - 57.

MATTEUS, F.A.G. **Application of chitin and chitosan**. Switzerland: Technomic Publishing AG, 1997.

MAZARO, S. M. Comportamento pós-colheita de frutos de morangueiro após a aplicação pré-colheita de quitosana e acibenzolar-s-metil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 30, n. 1, p. 185-190, 2008.

MIGUEL, A.C.A. et al. Pós-colheita de uva 'Itália' revestida com filmes à base de alginato de sódio e armazenada sob refrigeração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n.2 p. 277-282, abr.-jun. 2009.

McHUGH, T.H.; KROCHTA, J.M. Sorbitol – vs Glycerol-Plasticized whey protein edible films: integrad oxygen permeability and tensile property evaluation. **Journal of Agricultural and Food chemistry**, Easton, v. 42, n.4, p. 841-845, 1994

McHUGH, T.H.; AUJARD, J.F.; KROCHTA, J.M. Plasticized whey protein edible films. Water vapor permability properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 59, p.416-420, 1994.

McHUGH, T. H., HUXSOLL, C. C., KROCHTA, J. M. Permeability Propertiesof Fruit Puree Edible Films. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n.1, p.88-91, 1996

MEREDITH, F.I.; ROBERTSON, J.A.; HORVAT, R.J. Changes in physical and chemical parameters associated with quality and postharvest ripening of harvester peaches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.37, p.1210-14, 1989.

MONTERO, C.S. Alterações na cutícula de maçãs 'Fuji' e 'Gala' em função do tratamento térmico e da armazenagem refrigerada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.32, n. 3, July/Sept. 2010.

MOTA, W.F da. et al. Waxes and plastic film in relation to the shelf life of yellow passion fruit. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.1, p. 51-57, 2003.

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

OLIVEIRA, M.A. de. **Utilização de películas de féculas de mandioca como alternativa à cera comercial na conservação pós-colheita de frutos de goiaba (Psidium guayava) variedade Kumagai**. 1996. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, 1996.

OLIVEIRA, M.A.; CEREDA, M.P. Pós-colheita de pêssegos (*Prunus persica* L.) revestidos com filmes a base de amido como alternativa à cera comercial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 28 – 33, 2003.

OLIVEIRA, C.S.; GRDEN, L.; RIBEIRO, M.C.O. **Utilização de filmes comestíveis em alimentos**. Ponta Grossa: UTFPR, 2007. p.52-57. (Série em Ciência e Tecnologia de Alimentos: Desenvolvimentos em Tecnologia de Alimentos, v.1)

OLIVEIRA, E. B. de L. **Conservação pós-colheita de mamão 'Sunrise solo' com uso de revestimentos naturais**. 2010. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2010.

PARK, S. et al. Biopolymer composite films based on k-carrageenan and chitosan. **Materials Research Bulletin**, Oxford, v.36, p.511-519, 2001.

PARK, H. J. Edible Coatings. In: ZEUTHEN, P.; BOGH-SORENSEN, L. (Ed.). **Food Preservation Techniques**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2003. 91 p..

PARK, S.I.; ZHAO, Y. Incorporation of a high concentration of mineral or vitamin into Chitosan-based films. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.52, p.1933–1939, 2004.

PEREIRA, L.M. et al. Vida-de-prateleira de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n.3, 2003.

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. et al. Color changes of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.39, n.1, p.84-92, 2006.

PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J.R. Cultivar and maturity affect postharvest quality fruit from erect blackberry. **HortScience**, Alexandria, v. 31, n.2, p. 258 – 261, 1995.

PETERSEN, K et al. Potencial of biobased materials for food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v.10, p.52-68, 1999.

PFAFFENBACH, L. B. et al. Efeito da atmosfera modificada e da refrigeração na conservação pós-colheita de manga espada vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.410-413, 2003.

PIMENTEL J. D. R. et al. Estudo da conservação de mamão Havaí utilizando películas comestíveis a diferentes temperaturas. **Scientia Plena**, [São Cristovão], v.7, n.10, 101501, 2011.

PITTS, M. Evaluating apple firmness sensors. **Tree fruits postharvest Journal**, Wenatchee, v. 8, n.4, p. 13 – 22, 1997.

PIZARRO, C.A.C. **Avaliação de morangos submetidos a resfriamento rápido e armazenamento em diferentes embalagens e temperaturas.** 2009. 58p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

QI, L.; WU, T.; WATADA, A.E.. Quality changes of fresh-cut honeydew melons during controlled atmosphere storage. **Journal of Food quality**, Wastport, n.22, p. 513-521, 1999.

QIUPING Z, WENSHUI X. "Effect of 1-methylcyclopropene and quality maintenance of India jujube fruit", **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v.40, n.3, p. 404-411, 2007.

QUATTARA, B. et al. Diffusion of acetic and propionic acids from Chitosan-based antimicrobial packaging films. **Journal of Food Science**, Chicago, v.65, n.5, p.768-773, 2000.

QUEZADA GALLO, J.A. et al. Lipid hidrofobicid, physical state and distribution effect on the properties of emuksion-based edible films. **Journal of Membrane Science**, Amsterdam, v.180, p.37-46, 2000.

REIS, K.C. et al. Pepino japones (*Cucumis sativus* L.) submetido ao tratamento com fécula de mandioca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 487-493, mai./jun. 2006.

RIBEIRO, C. **Estudo de estratégias para a valorização industrial do morango.** 2005. 65f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2005.

RIBEIRO, C. et al. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.44, p.63-70, 2007.

RINALDI, M.L. **AGROTEMAS. Artigos Especiais.** 28/02/2011.

Disponível em :  
<<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?secao=Artigos%20Especiais&id=24314>>. Acesso em: 15 maio 2012.

ROBERTSON, G.L. **Food packaging.** New York: Marcel Dekker, 1993. 676p.

ROMANAZZI G. Effects of pre- and postharvest chitosan treatments to control storage Grey Mold of table grapes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n.5, p.1862-1867, 2002.

ROMANAZZI, G.; NIGRO, F.; IPPOLITO, A. Short hypobaric treatments potentiate the effect of chitosan reducing storage decay of sweet cherries. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 29, n. 1, p. 73-80, 2003.

ROY, S. et al. Heat treatment affects epicuticular wax structure and postharvest calcium uptake in 'Golden Delicious' apples. **Hortscience**, Alexandria, v. 29, n. 9, p. 1056-1058, 1994.

SANHUEZA, R. M. V. Colheita e armazenamento. In: NACHTIGALL, G.R. (Ed.). **Maçã** : produção. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. Cap. 11, p. 116-134. (Frutas do Brasil, 37)

SANTOS, J.E. dos et al. Caracterização de quitosanas comerciais de diferentes origens. **Polímeros**, São Carlos, v.13, n.4, p.242-249, 2003.

SANTOS, C. A. A. et al. Uso de quitosana e embalagem plástica na conservação pós-colheita de pêssegos 'douradão'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 88-93, 2008.

SCANAVACA JÚNIOR, L. et al. Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga 'Surpresa'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.67-71, 2007.

SENESI, E.; BIGNARDI, B. Film eduli a base di purea di mela per migliorare la qualita e ampliare le funzioni d'uso di spicchi di mela parzialmente essiccati. **Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura**, Bologna, v. 62, n. 11, p. 61-66, 2000.

SILVA, H. R. F. Relação entre a atividade da enzima poligalacturonase e o amadurecimento de frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: REUNIÃO DE PESQUISA DO FRUTIMAMÃO, 2., Campos dos Goytacazes. **[Anais]**. Campos dos Goytacazes: UNEF, 2004. p.331-338

SILVA, L.J.B. et al. Revestimentos alternativos na conservação pós-colheita de maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.4, p.995-1003, 2009.

SILVA NETO, S. P; GUIMARÃES, T. G. **Evolução da cultura da banana no Brasil e no mundo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/287/>>. Acesso em: 20 out. 2012.

SILVA, A.O. et al. Armazenamento de frutos de amora –preta (*Rubus* spp) revestidos com quitosana. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA/UEPB, 2012, [Bodocongó]. Disponível em : <[http://editorarealize.com.br/revistas/enect/trabalhos/Poster\\_761\\_2.pdf](http://editorarealize.com.br/revistas/enect/trabalhos/Poster_761_2.pdf)> Acesso em: 10 ago. 2013.

SOARES, A.G. Perdas Pós-Coheita de frutas e Hortaliças. In: FÓRUM AGRONEGÓCIOS DA UNICAMP, maio 2009, Campinas. **Qualidade e Segurança de Alimentos**. Campinas: UNICAMP, 2009. (Mesa Redonda: Qual o tamanho do Desperdício. Sanhueza, R.M.V. Manejo das doenças de pós-colheita.)

SOUZA, M.S. **Influencia da época de colheita e do período de prateleira sobre alguns atributos de qualidade de híbridos de mamão (Carica papaya L.) do Programa de Melhoramento Genético da UENF.** 2005. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.

SOUZA, M.B. **Amora – Qualidade Pós - Colheita.** [Folhas de Divulgação] Novembro de 2007. (AGRO 556 – “Diversificação da produção frutícola com novas espécies e tecnologias que assegurem a qualidade agro alimentar)

SOUZA, M. L. de et al. Pós-colheita de mangas ‘Tommy Atkins’ recobertas com quitosana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. especial, p. 337-343, out. 2011.

SPINELLI, V.A.; SENS, M.L.; FÁVERE, V.T. I-097 – Quitosana, polieletrólito natural para tratamento de água potável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21. , 2001, João Pessoa. **[ABES – trabalhos Técnicos]**. Rio de Janeiro: João Pessoa, 2001.

STEFFENS, C.A.; BRACKMANN, A.; STRECK, N.A. Permeabilidade de filmes de polietileno e sua utilização no armazenamento de frutos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.32, n.2, p.93-99, 2007.

STULP, M et al. Conservação e qualidade de mirtilo orgânico utilizando revestimento comestível a base de fécula de mandioca. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Ponta Grossa, v. 6, n.1, p. 713 – 721, 2012.

TANADA-PALMU, P. S. et al. Recobrimento de sementes de brócolos e salsa com coberturas e filmes biodegradáveis. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 291-297, 2005.

TAPIA, M.S. et al. Use of alginate and gellan based coatings for improving barriers, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. **Food Hydrocolloids**, v.22, nº8, p.1493-1503, 2008.

THARANATHAN, R.N.; KITTUR, F.S. Chitin - the undisputed biomolecule of great potential. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.43, n.1, p.61-87. 2003.

TRIGO, J. M. **Qualidade de mamão ‘formosa’ minimamente processado utilizando revestimentos comestíveis.** 2010. 105f. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, 2010.

VARGAS, M. et al. Efecto de la aplicacion de un film a base de quitosano en la calidad de fresas durante el almacenamiento. CONGRESO ESPANOL DE INGENIERIA DE ALIMENTOS, 3., 2004, Pamplona. **Actas del...** Pamplona, 2004. p. 746–753.

VARGAS, M. et al. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.41, p.164-171, 2006.

VARGAS, M. et al. Effect of chitosan-based edible coatings applied by vacuum impregnation on quality preservation of fresh-cut carrot. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.51, p.263-271, 2009.

VICENTINI, N.M. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita**. 2003. 62 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, SP, 2003.

VIEIRA, M. L. G.; DOTTO, G. L.; PINTO, L. A. de A. Uso de quitosana com diferentes massas moleculares como filmes microbiológicos no recobrimento de mamões-papaia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 2009, Uberlândia, **Resumos...** Uberlândia: MG, 2009.

VILA, M.T.R. et al. Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n.5, p.1435- 442, 2007.

VILAS BOAS B. M. et al. Qualidade pós-colheita de melão 'Orange Flesh' minimamente processado armazenado sob refrigeração e atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.424-427, 2004.

VILLADIEGO, A.M.D. et al. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**, Viçosa, v.52, n.300, p. 221-244, 2005.

VINCI, G.; ROT, F.; MELE, G.; Ascorbic acid in fruit: a liquid chromatographic investigation. **Food Chemistry**, London, v.53, p. 211 – 214, 1995.

WILLS, R. B. H.; MULHOLLAND, E. E.; BROWN, B. I. Storage of two new cultivars of guava fruit of processing. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 60, n. 3, p. 175-178, July 1983.

WORREN, D.B.; CARRINGTON, C.M.S.; HUBER, D.J. The use of low temperature and coating to maintain storage quality of breadfruit. *Artocarpus Altilis* (Parks.) Fosb. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, p. 33 – 40, (2002).

XU, W. T. et al. Postharvest grapefruit seed extract and chitosan treatments of table grapes to control *Botrytis cinerea*, **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 46, p. 86 – 94. 2007.

YAO, K. et al. Swelling kinetics and release characteristic of crosslinked chitosan: polyether polymer network (semi-IPN) hydrogels. **Journal of Polymer science: Part A: Polymer Chemistry**, Tianjin, China, v. 32, p. 1213 – 1233, 1994.

ZHU, X. Effects of chitosan coating on postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. Tainong) fruits. **Journal of Food Processing and preservation**, Westport, v. 32, n.5, p. 770 – 784. 2008.