

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DOS ALIMENTOS

PAULA CANONICO SILVA JORGE

**AVALIAÇÃO DE MAÇÃ ‘ROYAL GALA’ REVESTIDA
COM FILME DE QUITOSANA DURANTE O PERÍODO
DE PÓS-COLHEITA**

Araraquara - SP
2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP

FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DOS ALIMENTOS

AVALIAÇÃO DE MAÇÃ ‘ROYAL GALA’ REVESTIDA COM FILME DE QUITOSANA DURANTE O PERÍODO DE PÓS-COLHEITA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos

PAULA CANONICO SILVA JORGE

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Magali Monteiro da Silva

Araraquara - SP
2010

Ficha Catalográfica

Elaborada Pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
UNESP – Campus de Araraquara

J82a Jorge, Paula Canonico Silva
Avaliação de maçã “Royal Gala” revestida com filme de quitosana durante o período de pós-colheita / Paula Canonico Silva Jorge. – Araraquara, 2010
158 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição
Orientador: Magali Monteiro da Silva

1. Revestimento de quitosana. 2. Pós-colheita. 3. Maçã “Royal Gala”. 4. Aceitação sensorial. I. Silva, Magali Monteiro da, orient. II. Título.

CAPES: 50700006

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Magali Monteiro da Silva

Faculdade de Ciências Farmacêuticas- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
ORIENTADORA

Prof^a. Dr^a. Natália Soares Janzantti

Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
MEMBRO

Prof^a. Dr^a. Renata De Marchi

MEMBRO

Prof^a. Dr^a. Ana Lúcia Nasser

Faculdade de Ciências Farmacêuticas- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
MEMBRO

Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites

Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
MEMBRO

Dedico este trabalho,

*Ao meu marido Lúcio André de Castro Jorge,
meu amor, sem ele nenhum sonho valeria a pena.*

*Ao meu filho Eduardo Silva Jorge,
ao qual dedico minha vida.*

*À minha mãe Antonia Tereza Canonico Silva,
que hoje compartilha este importante momento comigo.*

AGRADECIMENTOS

À Deus e a Nossa Senhora acima de tudo, que revigorou as minhas forças no desânimo, e por ter permitido concluir este trabalho.

Ao meu marido, Lúcio André, que sempre apostou em mim, na certeza de que eu seria capaz de vencer este desafio, pela compreensão e ajuda nos momentos delicados e difíceis, pela pessoa maravilhosa que é. Serei eternamente grata. Obrigada pelas palavras de carinho e por todo incentivo. Amo você.

Ao meu filho, Eduardo pela torcida, paciência, compreensão, carinho e amor. Te amo meu querido!

Ao meu pai Jovino, obrigada e especialmente à minha mãe Tereza, por me amparar e me apoiar nas horas difíceis e desesperadoras com suas palavras de carinho e orações.

A minha madrinha Ana Dolores, que acompanhou de perto e sempre me incentivou nos momentos difíceis e também pelas orações.

À Profa. Dra. Magali Monteiro da Silva, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Natália Soares Janzantti, pelos conselhos e por toda ajuda dispensada ao meu trabalho.

À Lica por tornar o dia a dia no laboratório mais agradável, pelas brincadeiras e conversas, por toda ajuda e carinho.

Aos funcionários da secretária da pós-graduação, em especial à Laura e Claudia, pela atenção, dedicação e por todos os serviços que prestaram sempre de forma solícita.

À minha equipe de julgadores, pela disponibilidade em participar das sessões de análise sensorial durante tanto tempo, que sempre demonstraram interesse em fazer o melhor possível e essencial para completar este trabalho.

À Embrapa Instrumentação Agropecuária de São Carlos, SP pelo apoio técnico.

Ao Dr. Odílio Benedito Garrido de Assis pelo incentivo, apoio e que aceitou cooperar neste

trabalho com o fornecimento da quitosana.

À Dra. Lucimara Forato, pela amizade, pelos conselhos, que sempre me incentivaram a prosseguir.

À Jackeline Salmeirão de Rizzo pela amizade e colaboração no revestimento das maçãs e nas análises de cor.

Ao Valdomiro, pela ajuda nas análises estatística e orientação no programa SAS.

À empresa Fischer S/A pelo fornecimento das maçãs e disponibilização da câmara fria, para a realização dos experimentos.

Ao diretor da Fischer S/A, Sr. Arrival Pioli, pelo apoio financeiro e técnico.

Ao Engenheiro Agrônomo da Fischer S/A, Stenio Ricardo Zanin, pelo apoio e colaboração nas avaliações da ocorrência de podridões e firmeza da polpa das maçãs.

À Mariana Nucci, pela ajuda no início deste trabalho e pela amizade conquistada.

Em especial à amiga Talita Vieira, pelo carinho e amizade em qualquer momento, sempre presente e dedicada a ajudar.

Aos queridos amigos do Mestrado que acompanharam de perto toda a trajetória e viveram momentos semelhantes: Laura Bondespacho, Josiane Gaspar, Gabriela Gianini, Julio Vinneza, Delfina Manjate, Ozeni Amorim, Bruna Magnani, Juliana Bassan, Hitty-Ko, Mateus Petrarca, Ana Estela, Carolina Bizelli, Fernanda Silvestre; e pela amizade.

À CAPES pela bolsa concedida.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento desse trabalho, e que possibilitaram a concretização desta conquista.

Muito obrigada!!!

RESUMO GERAL

Os filmes e revestimentos biodegradáveis são usados para revestir os alimentos, agindo como barreira à umidade e a gases, reduzindo a respiração e as perdas de água por transpiração e desidratação, além do escurecimento enzimático, e mantendo as características do alimento, com aumento da vida de prateleira. Este trabalho teve como objetivos reunir informações sobre o uso da quitosana como revestimento de frutas e vegetais, visando dar suporte ao trabalho experimental; avaliar maçãs revestidas com quitosana comercial, durante o armazenamento à temperatura ambiente, simulando as condições de comercialização das frutas para o mercado interno; avaliar maçãs revestidas com quitosana comercial durante 6 meses de armazenamento sob atmosfera controlada e baixa temperatura, condições de estocagem das frutas para o mercado externo, seguido de armazenamento por 30 dias em atmosfera ambiente e baixa temperatura, visando simular o transporte das frutas para o mercado consumidor no exterior, e posteriormente estocadas à temperatura ambiente, simulando as condições de comercialização; e avaliar maçãs revestidas com quitosana modificada, quando submetidas à temperatura ambiente, visando prolongar a vida de prateleira durante a comercialização, após 6 meses de armazenamento sob atmosfera controlada e baixa temperatura, seguidos de armazenamento por 30 dias em atmosfera ambiente e baixa temperatura. Maçãs 'Royal Gala' foram produzidas na safra de 2009, e após a colheita foram separadas em 3 lotes, sendo as frutas do 1º lote revestidas com quitosana comercial; as do 2º lote imersas em solução de ácido acético, que foram usadas como branco e as maçãs do 3º lote não receberam tratamento e foram usadas como controle. Após 6 meses de armazenamento sob atmosfera controlada e baixa temperatura, seguido de mais 30 dias de armazenamento em atmosfera ambiente à baixa temperatura, maçãs sem qualquer tratamento foram separadas em 2 lotes, sendo as frutas do 1º lote revestidas com quitosana modificada, e as do 2º lote não receberam tratamento e foram usadas como controle. Foi realizada a avaliação físico-química, instrumental, da ocorrência de podridão e da aceitação sensorial em diferentes períodos de tempo, dependendo dos objetivos de cada etapa. Quando a maçã foi revestida com quitosana comercial e estocada

à temperatura ambiente, a avaliação foi realizada aos zero, 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 46 dias de estocagem. O *ratio*, pH e teor de açúcares redutores aumentaram ao longo do tempo para as maçãs de todos os tratamentos, enquanto que a acidez total titulável e os sólidos totais tiveram pequena redução no período. O teor de açúcares totais reduziu, exceto para as maçãs usadas como branco que tiveram tendência de aumento durante o período. Os valores da razão de cromaticidade e variação de cor aumentaram ao longo do tempo, enquanto que os de luminosidade apresentaram pouca variação para as maçãs revestidas com quitosana e branco, e nas maçãs controle tiveram queda acentuada. A ocorrência de podridões afetou no máximo em 20% as maçãs. O conteúdo de ácido ascórbico das maçãs foi drasticamente reduzido durante a estocagem e os sólidos solúveis apresentaram leve aumento, com exceção das maçãs controle. O emprego do revestimento de quitosana retardou a maturação das frutas, reduziu perdas de firmeza da polpa e conferiu brilho mais intenso ao longo da estocagem quando comparado às maçãs usadas como branco e controle. Houve redução na aceitação das frutas ao longo da estocagem à temperatura ambiente, mas aparentemente, o revestimento de quitosana não afetou a aceitação. A textura foi considerada o atributo mais importante para a aceitação da maçã. O período de vida útil das maçãs revestidas com quitosana foi 28 dias e das maçãs usadas como branco e controle 21 dias, indicando que o revestimento com quitosana estendeu a aceitação das frutas em no mínimo 7 dias. O comportamento da aceitação das frutas foi confirmado pela atitude de compra. Quando a maçã foi revestida com quitosana comercial e avaliada durante 6 meses de armazenamento sob atmosfera controlada e baixa temperatura, seguidos de mais 30 dias de armazenamento em atmosfera ambiente à baixa temperatura e posteriormente à temperatura ambiente, os períodos de análise foram zero, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 217 e 224 dias de estocagem. Os teores de açúcares redutores, acidez total titulável, pH e *ratio*, se mantiveram praticamente constantes durante toda a estocagem sob atmosfera controlada. Os sólidos solúveis aumentaram nas maçãs de todos os tratamentos. O conteúdo de ácido ascórbico das maçãs apresentou acentuada redução durante a estocagem, os açúcares totais se mantiveram praticamente constantes e os sólidos totais

apresentaram pouca variação. Os valores de luminosidade e da razão de cromaticidade da epiderme das maçãs aumentaram ao longo do tempo, com exceção dos valores de luminosidade na região vermelha. A polpa das maçãs de todos os tratamentos apresentou escurecimento durante a estocagem. A ocorrência de podridões afetou no máximo em 20% as maçãs, e não ocorreu degenerescência senescente nas maçãs revestidas com quitosana. O emprego do revestimento de quitosana reduziu perdas de firmeza da polpa e conferiu brilho mais intenso ao longo da estocagem quando comparado às maçãs usadas como branco e controle. As maçãs revestidas com quitosana apresentaram as maiores médias de aceitação durante a estocagem, indicando que o revestimento de quitosana não afetou a aceitação. A aparência foi considerada o atributo mais importante para a aceitação da maçã. O comportamento da aceitação das frutas foi confirmado pela atitude de compra. Quando a maçã foi revestida com quitosana modificada e estocada à temperatura ambiente, após 6 meses de armazenamento sob atmosfera controlada e baixa temperatura, seguida de armazenamento por 30 dias em atmosfera ambiente e baixa temperatura, a avaliação foi realizada aos zero, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de estocagem. O *ratio* e o teor de açúcares redutores aumentaram ao longo do tempo para as maçãs de ambos os tratamentos, enquanto que a acidez total titulável foi reduzida. O teor de sólidos solúveis e o pH aumentaram nas maçãs revestidas com quitosana modificada ao longo do tempo, enquanto que para as maçãs controle permaneceu constante. O teor de açúcares totais aumentou nas maçãs controle permanecendo constante nas maçãs revestidas com quitosana modificada. O conteúdo de ácido ascórbico das maçãs foi drasticamente reduzido durante a estocagem e os sólidos totais apresentaram leve redução, com exceção das maçãs revestidas com quitosana modificada que apresentaram tendência de aumento. Os valores de luminosidade da epiderme das maçãs aumentaram ao longo do tempo e a razão de cromaticidade permaneceu praticamente constante, apresentando um aumento expressivo a partir dos 28 dias de estocagem, indicando amadurecimento das frutas. A ocorrência de podridão foi menor nas maçãs revestidas com quitosana modificada. O emprego do revestimento de quitosana modificada foi efetivo na redução de perdas do teor de ácido ascórbico e de

açúcares redutores, e na manutenção dos açúcares totais. As médias de aceitação da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura das maçãs não apresentaram grande variação ao longo da estocagem, indicando que o revestimento de quitosana praticamente não provocou alteração na aceitação da maçã. A aparência das maçãs revestidas com quitosana modificada mostrou as maiores médias de aceitação durante a estocagem. A atitude de compra foi confirmada pelo comportamento da aceitação das frutas. Houve redução gradual da firmeza da polpa das maçãs de ambos os tratamentos durante a estocagem.

Palavras-chave: revestimento de quitosana, pós-colheita, filmes e revestimentos biodegradáveis, maçã 'Royal Gala', armazenamento sob atmosfera controlada, aceitação sensorial.

ABSTRACT

The films and biodegradable coatings are used to coat the food, acting as a barrier to moisture and gases, reducing the respiration and water loss by transpiration and dehydration in addition to the enzymatic browning, maintaining the characteristics of food, with increased shelf life. This study aimed to gather information about the use of chitosan as a coating for fruits and vegetables, aiming to support the experimental work; evaluate apples coated with commercial chitosan coating during storage at ambient temperature, simulating the real conditions of sale of the fruit for the domestic market; evaluate apples coated with commercial chitosan during 6 months of storage under controlled atmosphere and low temperature, storage conditions of fruit for the export market, followed by 30 days storage under at ambient and low temperature, in order to simulate the transport of fruit to the consumer market abroad, and subsequently stored at ambient temperature, simulating the conditions of marketing; and evaluate apples coated with modified chitosan, at ambient temperature, in order to prolong the shelf life during marketing after six months stored under controlled atmosphere and low temperature, followed by another 30 days storage under at ambient atmosphere and low temperature. 'Royal Gala' apples were produced in 2009 crop and after the harvest they were separated into 3 lots, the first batch of fruit coated with commercial chitosan, those from second lot were immersed in an acetic acid solution and used as blank and the third lot of apples used as controls received no treatment. After 6 storage months under controlled atmosphere and low temperature, followed by another 30 days storage under at ambient atmosphere and low temperature, apples without any treatment were separated in 2 lots, being the first batch of fruit coated with modified chitosan, and the second batch used as controls received no treatment. It was realized physicochemical and instrumental evaluations, determination of decay occurrences and sensorial acceptance in different time periods, depending on the goal of each step. When the apple was coated with commercial chitosan coating and stored at ambient temperature, the evaluation was done at zero, 7, 14, 21, 28, 35, 42 and 46 storage days. The ratio, pH and reducing sugars increased over time for apples for all treatments, while the titratable total

acidity and total solids had a small reduction in the period. The total sugar content decreased, except for apples used as blank that had increased during the period. The values of the chromaticity ratio and color variation increased over time, while the luminosity had little variation for apples coated with chitosan coating and blank, and for control apples it was fall sharply. Decay occurrence has affected up to 20% apples. The ascorbic acid content of apples was drastically reduced during storage and soluble solids showed a slight increase, except for control apples. The use of chitosan coating delayed the fruit ripening, reduced loss of pulp firmness and increased brightness during the storage, when compared to control and blank apples. There was reduced acceptance of fruit during the storage at ambient temperature, but apparently, the coating of chitosan did not affect the acceptance. The texture was considered the most important attribute for the apple acceptance. The shelf-life of apples coated with a coating of chitosan was 28 days and 21 for apples used as blank and control, respectively, indicating that the coating with chitosan coating extended the acceptance of the fruits in at least seven days. The behavior of the acceptance test of the fruits was confirmed by the purchase attitude. When the fruit was coated with commercial chitosan coating and evaluated during 6 months of storage under controlled atmosphere and low temperature, followed by 30 days storage under at ambient atmosphere and low temperature and subsequently stored at ambient temperature, the periods of analysis were zero, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 , 217 and 224 storage days. The reducing sugars, total acidity titratable, pH and ratio, remained almost constant throughout storage under controlled atmosphere. The soluble solid increased in all fruits. The ascorbic acid content of apples showed marked reduction during storage, the total sugars remained nearly constant and total solids showed little variation. The luminosity values and chromaticity ratio of apples epidermis increased over time, except the values of luminosity in the red region. The pulp of apples of all treatments showed browning during storage. Decay occurrence has affected up to 20% apples, and there was no internal breakdown in apples coated with chitosan coating. The use of chitosan coating reduced loss of pulp firmness and increased brightness during the storage when compared to apples used as blank and control. Apples coated with

chitosan coating had the highest average acceptance during storage, indicating that the coating of chitosan did not affect acceptance. Appearance was considered the most important attribute for the acceptance of the apple. The behavior of the acceptance test of the fruits was confirmed by the purchase attitude. When the apple was coated with modified chitosan coating and stored at ambient temperature, after six months storage under controlled atmosphere and low temperature, then stored for 30 days in ambient atmosphere and low temperature, the evaluation was done at zero, 7, 14, 21, 28 and 35 storage days. The ratio and reducing sugars increased over time for apples from both treatments, while total acidity titratable was reduced. The soluble solids and pH increased in apples coated with modified chitosan coating over time, whereas for control apples remained constant. The total sugar content increased in the control apples remained constant for apples coated with modified chitosan coating. The ascorbic acid content of apples was drastically reduced during storage and total solids were slight reduced, except for apples coated with modified chitosan coating that tended to increase. The luminosity values of apples epidermis increased over time and the chromaticity ratio remains almost constant with a significant increase after 28 days of storage, indicating ripening fruits. The decay occurrence was lower in apples coated with modified chitosan coating. The use of modified chitosan coating was more effective in reducing losses of ascorbic acid content and reducing sugars, and maintenance of total sugars. The acceptance means of color, overall impression, smell, flavor and texture of the apples did not show great variation throughout storage, indicating that the coating of chitosan caused virtually no change in acceptance of the apple. The appearance of apples coated with modified chitosan coating showed the highest average for acceptance during storage. The attitude of purchase was confirmed by the behavior of the acceptance of fruits. There was a gradual decrease of pulp firmness of apples from both treatments during storage.

Keywords: chitosan coating, postharvest, coatings and biodegradable, 'Royal Gala' apples, storage under controlled, sensory acceptance.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – USO DO REVESTIMENTO DE QUITOSANA EM FRUTAS E VEGETAIS DURANTE O PERÍODO DE PÓS-COLHEITA

Figura 1 – Estrutura química da (a) quitina e da (b) celulose.	37
Figura 2 – Ciclo da quitina.....	39
Figura 3 – Estrutura química da quitosana.....	39
Figura 4 – Fluxograma da obtenção da quitina e quitosana.	40

CAPÍTULO 2 - MAÇÃ 'ROYAL GALA' REVESTIDA COM QUITOSANA ESTOCADA À TEMPERATURA AMBIENTE

Figura 1 – Questionário de recrutamento dos julgadores para análise sensorial das maçãs 'Royal Gala'.	63
Figura 2 – Ficha de avaliação sensorial da aparência das maçãs 'Royal Gala'.....	64
Figura 3 – Ficha de avaliação sensorial da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura das fatias de maçãs 'Royal Gala'.	65
Figura 4 – Gráficos de tendência para (a) teor de sólidos solúveis, (b) teor de acidez total titulável, (c) <i>ratio</i> , (d) pH, (e) teor de açúcares redutores, (f) teor de açúcares totais, (g) teor de sólidos totais e (h) teor de ácido ascórbico das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana (A), usadas como branco (B) e controle (C) durante a estocagem à temperatura ambiente.....	68
Figura 5 – Gráficos de tendência para a cor da epiderme das maçãs 'Royal Gala' (A) revestidas com quitosana, (B) usadas como branco e (C) controle durante a estocagem à temperatura ambiente. (a) L*(luminosidade), (b) razão de b^*/a^* e (c) variação de cor (ΔE^*).73	
Figura 6 – Distribuição da ocorrência de podridão nas maçãs 'Royal Gala' (a) revestidas com quitosana, (b) usadas como branco e (c) controle, durante a estocagem à temperatura	

ambiente, expressa em porcentagem.	75
Figura 7 – Distribuição dos julgadores por (a) sexo e (b) idade.....	75
Figura 8 – Distribuição dos julgadores por (a) categoria e (b) nível de escolaridade.....	76
Figura 9 – Distribuição da frequência (a) do quanto cada julgador gostava de maçã <i>in natura</i> e (b) de consumo de maçã <i>in natura</i> pelos julgadores.....	76
Figura 10 - Histogramas de atitude de compra dos julgadores para a aparência das maçãs ‘Royal Gala’ revestidas com quitosana, usadas como branco e controle. (1=certamente não compraria o produto; 2=provavelmente não compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente compraria o produto; 5=certamente compraria o produto).	79
Figura 11 - Histogramas de atitude de compra dos julgadores para cor, impressão global, aroma, sabor e textura das maçãs ‘Royal Gala’ revestidas com quitosana, usadas como branco e controle. (1=certamente não compraria o produto; 2=provavelmente não compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente compraria o produto; 5=certamente compraria o produto).....	80

CAPÍTULO 3 - ESTABILIDADE DE MAÇÃ ‘ROYAL GALA’ REVESTIDA COM QUITOSANA, ESTOCADA EM ATMOSFERA CONTROLADA À BAIXA TEMPERATURA

Figura 1 – Questionário de recrutamento dos julgadores para análise sensorial das maçãs ‘Royal Gala’.	94
Figura 2 – Ficha de avaliação sensorial da aparência das maçãs ‘Royal Gala’.....	95
Figura 3 – Ficha de avaliação sensorial da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura das fatias de maçãs ‘Royal Gala’.	96
Figura 4 – Gráficos de tendência para (a) teor de sólidos solúveis, (b) teor de acidez total titulável, (c) <i>ratio</i> , (d) pH, (e) teor de açúcares redutores, (f) teor de açúcares totais, (g) teor de sólidos totais e (h) teor de ácido ascórbico das maçãs ‘Royal Gala’ (A) revestidas com quitosana, (B) usadas como branco e (C) controle.	101

Figura 5 – Gráficos de tendência para a cor da epiderme das maçãs ‘Royal Gala’ (A) revestidas com quitosana, (B) usadas como branco e (C) controle durante 224 dias de estocagem. (a) L*(luminosidade) da região vermelha, (b) L*(luminosidade) da região amarela, (c) razão de b*/a* da região vermelha e (d) razão de b*/a* da região amarela.....	106
Figura 6 – Distribuição da ocorrência de podridão e de degenerescência senescente das maçãs ‘Royal Gala’ (a) revestidas com quitosana, (b) usadas como branco e (c) controle, durante estocagem de 210 dias à temperatura de 0 °C, expressa em porcentagem.....	109
Figura 7 – Distribuição dos julgadores por (a) sexo e (b) idade.....	110
Figura 8 – Distribuição dos julgadores por (a) categoria e (b) nível de escolaridade.....	111
Figura 9 – Distribuição da frequência (a) do quanto cada julgador gostava de maçã <i>in natura</i> e (b) de consumo de maçã <i>in natura</i> pelos julgadores.....	111
Figura 10 – Gráficos de tendência para os atributos (a) aparência, (b) cor, (c) impressão global, (d) aroma, (e) sabor e (f) textura das maçãs ‘Royal Gala’ (A) revestidas com quitosana, (B) usadas como branco e (C) controle durante 224 dias de estocagem.....	116
Figura 11 - Histogramas de atitude de compra dos julgadores para a aparência das maçãs ‘Royal Gala’ revestidas com quitosana, usadas como branco e controle. (1=certamente não compraria o produto; 2=provavelmente não compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente compraria o produto; 5=certamente compraria o produto).	119
Figura 12 - Histogramas de atitude de compra dos julgadores para cor, impressão global, aroma, sabor e textura das maçãs ‘Royal Gala’ revestidas com quitosana, usadas como branco e controle. (1=certamente não compraria o produto; 2=provavelmente não compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente compraria o produto; 5=certamente compraria o produto).	120

CAPÍTULO 4 - INFLUENCIA DO REVESTIMENTO DE QUITOSANA NA QUALIDADE DE MAÇÃS 'ROYAL GALA' ESTOCADAS À TEMPERATURA AMBIENTE, APÓS ARMAZENAMENTO SOB ATMOSFERA CONTROLADA E BAIXA TEMPERATURA

Figura 1 – Questionário de recrutamento dos julgadores para análise sensorial das maçãs ‘Royal Gala’.	137
Figura 2 – Ficha de avaliação sensorial da aparência das maçãs ‘Royal Gala’.	138
Figura 3 – Ficha de avaliação sensorial da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura das fatias de maçãs ‘Royal Gala’.	139
Figura 4 – Gráficos de tendência para (a) teor de sólidos solúveis, (b) teor de acidez total titulável, (c) <i>ratio</i> , (d) pH, (e) teor de açúcares redutores, (f) teor de açúcares totais, (g) teor de sólidos totais e (h) teor de ácido ascórbico das maçãs ‘Royal Gala’ (A) revestidas com quitosana modificada e (B) controle durante estocagem à temperatura ambiente.	143
Figura 5 – Gráfico de tendência para firmeza da polpa das maçãs ‘Royal Gala’ (A) revestidas com quitosana modificada e (B) controle durante estocagem à temperatura ambiente.	145
Figura 6 – Gráficos de tendência para a cor da epiderme das maçãs ‘Royal Gala’ (A) revestidas com quitosana modificada e (B) controle durante estocagem à temperatura ambiente. (a) L*(luminosidade) da região vermelha, (b) L*(luminosidade) da região amarela, (c) razão de b^*/a^* da região vermelha e (d) razão de b^*/a^* da região amarela.	146
Figura 7 – Distribuição da ocorrência de podridão e de degenerescência senescente das maçãs ‘Royal Gala’ (a) revestidas com quitosana modificada e (b) usadas como controle durante estocagem à temperatura ambiente.	149
Figura 8 – Distribuição dos julgadores por (a) sexo e (b) idade.	150
Figura 9 – Distribuição dos julgadores por (a) categoria e (b) nível de escolaridade.	151
Figura 10 – Distribuição da frequência (a) do quanto cada julgador gostava de maçã <i>in natura</i> e (b) de consumo de maçã <i>in natura</i> pelos julgadores.	151
Figura 11 – Gráficos de tendência para os atributos (a) aparência, (b) cor, (c) impressão global, (d) aroma, (e) sabor e (f) textura das maçãs ‘Royal Gala’ (A) revestidas com quitosana modificada e (B) usadas como controle durante estocagem à temperatura ambiente.	153
Figura 12 - Histogramas de atitude de compra dos julgadores para aparência das maçãs	

'Royal Gala' revestidas com quitosana modificada e usadas como controle. (1=certamente não compraria o produto; 2=provavelmente não compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente compraria o produto; 5=certamente compraria o produto). 154

Figura 13 - Histogramas de atitude de compra dos julgadores para cor, impressão global, aroma, sabor e textura das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana modificada e usadas como controle. (1=certamente não compraria o produto; 2=provavelmente não compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente compraria o produto; 5=certamente compraria o produto). 155

Figura 14 – Maçãs 'Royal Gala' com degenerescência senescente. 158

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – USO DO REVESTIMENTO DE QUITOSANA EM FRUTAS E VEGETAIS DURANTE O PERÍODO DE PÓS-COLHEITA

Tabela 1 – Fontes naturais de quitina e quitosana. 38

CAPÍTULO 2 - MAÇÃ 'ROYAL GALA' REVESTIDA COM QUITOSANA ESTOCADA À TEMPERATURA AMBIENTE

Tabela 1 – Médias e desvios-padrão dos parâmetros físico-químicos das maçãs 'Royal Gala' durante a estocagem à temperatura ambiente..... 67

Tabela 2 - Médias e desvios-padrão da firmeza da polpa das maçãs 'Royal Gala' durante a estocagem à temperatura ambiente..... 72

Tabela 3 - Médias e desvios-padrão de aceitação dos atributos avaliados na análise sensorial das maçãs 'Royal Gala' durante estocagem à temperatura ambiente..... 77

CAPÍTULO 3 - ESTABILIDADE DE MAÇÃ 'ROYAL GALA' REVESTIDA COM QUITOSANA, ESTOCADA EM ATMOSFERA CONTROLADA À BAIXA TEMPERATURA

Tabela 1 – Médias e desvios-padrão dos parâmetros físico-químicos das maçãs 'Royal Gala' durante 224 dias de estocagem..... **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 2 - Médias e desvios-padrão da firmeza da polpa das maçãs 'Royal Gala' durante estocagem de 210 dias à temperatura de 0 °C. 104

Tabela 3 – Médias e desvios-padrão dos parâmetros L*, a* e b* da polpa das maçãs 'Royal Gala' durante 224 dias de estocagem..... 108

Tabela 4 – Médias e desvios-padrão de aceitação dos atributos avaliados na análise sensorial das maçãs 'Royal Gala' durante 224 dias de estocagem..... 112

CAPÍTULO 4 - INFLUENCIA DO REVESTIMENTO DE QUITOSANA NA QUALIDADE DE MAÇÃS 'ROYAL GALA' ESTOCADAS À TEMPERATURA AMBIENTE, APÓS ARMAZENAMENTO SOB ATMOSFERA CONTROLADA E BAIXA TEMPERATURA

Tabela 1 – Médias e desvios-padrão dos parâmetros físico-químicos das maçãs 'Royal Gala' durante estocagem à temperatura ambiente.	141
Tabela 2 - Médias e desvios-padrão da firmeza da polpa das maçãs 'Royal Gala' durante estocagem à temperatura ambiente.....	145
Tabela 3 – Médias e desvios-padrão dos parâmetros L*, a* e b* da polpa das maçãs 'Royal Gala' durante estocagem à temperatura ambiente.	147
Tabela 4 – Médias e desvios-padrão de aceitação dos atributos avaliados na análise sensorial das maçãs 'Royal Gala' durante estocagem à temperatura ambiente.....	152

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS.....	20
RESUMO GERAL	8
ABSTRACT	12
INTRODUÇÃO	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
OBJETIVOS	28
CAPÍTULO 1 - USO DO REVESTIMENTO DE QUITOSANA EM FRUTAS E VEGETAIS DURANTE O PERÍODO DE PÓS-COLHEITA.....	29
RESUMO.....	30
1. INTRODUÇÃO.....	31
1.1 Filmes e revestimentos biodegradáveis	31
1.2 Tipos de filmes e revestimentos biodegradáveis.....	32
1.3 Elaboração e processamento dos filmes e revestimentos biodegradáveis.....	33
1.4 Características e propriedades de filmes e revestimentos biodegradáveis.....	34
1.4.1 Características sensoriais	35
1.4.2 Propriedades mecânicas e de permeabilidade.....	35
2. QUITINA E QUITOSANA.....	37
2.1 Quitina	37
2.2 Quitosana	39
2.2.1 Processo de obtenção da quitosana	40
2.2.2 Propriedades da quitosana	42
2.2.3 Uso do revestimento de quitosana durante o período de pós-colheita de frutas e vegetais <i>in natura</i> e minimamente processados	43
2.2.4 Outros usos da quitosana	45

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

**CAPÍTULO 2 - MAÇÃ 'ROYAL GALA' REVESTIDA COM QUITOSANA ESTOCADA À
TEMPERATURA AMBIENTE..... 55**

RESUMO.....	56
-------------	----

1. INTRODUÇÃO.....	57
--------------------	----

2. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
----------------------------	----

2.1 Material.....	58
-------------------	----

2.1.1 Preparo do revestimento de quitosana.....	59
---	----

2.1.2 Preparo das amostras.....	59
---------------------------------	----

2.2 Métodos.....	60
------------------	----

2.2.1 Avaliação das características físico-químicas	60
---	----

2.2.2 Avaliação da firmeza de polpa e coloração da epiderme Erro! Indicador não definido.	
--	--

2.2.3 Avaliação da ocorrência de podridões	61
--	----

2.2.4 Avaliação sensorial	61
---------------------------------	----

2.2.5 Análise estatística	66
---------------------------------	----

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
---------------------------------	----

3.2 Avaliação da firmeza de polpa e coloração da epiderme	72
---	----

3.3 Avaliação da ocorrência de podridão	74
---	----

3.4 Avaliação Sensorial	75
-------------------------------	----

4. CONCLUSÕES.....	80
--------------------	----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
---------------------------------	----

**CAPÍTULO 3 - ESTABILIDADE DE MAÇÃ 'ROYAL GALA' REVESTIDA COM
QUITOSANA, ESTOCADA EM ATMOSFERA CONTROLADA À BAIXA TEMPERATURA
..... 85**

RESUMO.....	86
-------------	----

1. INTRODUÇÃO.....	88
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	89
2.1 Material.....	89
2.1.1 Preparo do revestimento de quitosana.....	89
2.1.2 Preparo das amostras.....	89
2.2 Métodos.....	90
2.2.1 Avaliação das características físico-químicas	91
2.2.2 Avaliação da firmeza de polpa e coloração da epiderme e polpa.....	91
2.2.3 Avaliação da ocorrência de podridões e degenerescência senescente.....	92
2.2.4 Avaliação sensorial	92
2.2.5 Análise estatística	97
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
3.1 Avaliação físico-química	97
3.2 Avaliação da firmeza de polpa e coloração da epiderme e da polpa.....	104
3.3 Avaliação da ocorrência de podridão e degenerescência senescente	109
3.4 Avaliação sensorial.....	110
4. CONCLUSÕES.....	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124

CAPÍTULO 4 - INFLUÊNCIA DO REVESTIMENTO DE QUITOSANA NA QUALIDADE DE MAÇÃS 'ROYAL GALA' ESTOCADAS À TEMPERATURA AMBIENTE, APÓS ARMAZENAMENTO SOB ATMOSFERA CONTROLADA E BAIXA TEMPERATURA 127

RESUMO.....	128
1. INTRODUÇÃO.....	130
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	131
2.1 Material.....	131
2.1.1 Preparo do revestimento de quitosana.....	132
2.1.2 Preparo das amostras.....	132

2.2 MÉTODOS.....	133
2.2.1 Avaliação das características físico-químicas	133
2.2.2 Avaliação da firmeza de polpa e coloração da epiderme e polpa.....	134
2.2.3 Avaliação da ocorrência de podridões e degenerescência senescente.....	134
2.2.4 Avaliação sensorial	135
2.2.5 Análise estatística	140
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	140
3.1 Avaliação físico-química	140
3.3 Avaliação da ocorrência de podridões e degenerescência senescente.....	148
3.4 Avaliação sensorial	150
4. CONCLUSÕES.....	158
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	159
CONCLUSÕES GERAIS.....	162

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores mundiais de frutas. Os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina participam como grandes produtores de frutas de clima temperado, tendo a maçã como principal representante (VASQUES et al., 2006).

A cultura da maçã para fins comerciais foi iniciada no Brasil nos anos 70, quando praticamente toda a fruta consumida era importada. Desde então, a produção de maçã vem apresentando crescimento expressivo. O aumento da produção de maçã permitiu a substituição gradativa das importações durante as décadas de 80 e 90, mudando o hábito do consumidor brasileiro, que se adaptou ao sabor da maçã brasileira, e fazendo com que o país passasse de importador a produtor auto-suficiente, com potencial de exportação (COELHO et al., 2003).

A safra brasileira de maçã 2008/2009 foi de 1.184.000,3 toneladas, ocupando uma área de 36,3 mil hectares (IBGE, 2009). O Brasil se destaca atualmente como exportador de maçã, tendo exportado mais de 100 mil toneladas em 2008, que representaram 81 milhões de dólares (IBRAF, 2008).

A maçã 'Royal Gala' é uma das cultivares mais produzidas no país, devido principalmente ao sabor e facilidade de conservação por períodos prolongados (LIMA et al, 2002). Os frutos são geralmente de tamanho pequeno a médio, com coloração da casca vermelho rajada intensa e cor de fundo amarelo esverdeada (CURTI, 2003; FISCHER, 2008; FELIPINI, 2008). O período de colheita vai de fevereiro até início de março. Para que haja disponibilidade de maçã 'Royal Gala' durante todo o ano é necessário armazená-la sob atmosfera controlada, baixa temperatura e umidade relativa elevada. As frutas destinadas ao mercado interno, geralmente, são armazenadas por até 4 meses sob atmosfera de 1,8% O₂ e 2,5% CO₂, temperatura de 0 °C, com umidade relativa entre 88-96%. As frutas destinadas ao mercado externo são armazenadas por até 8 meses sob atmosfera de 1,8% O₂ e 2,5% CO₂, temperatura de 0 °C, com umidade relativa entre 88-96%. Posteriormente, durante o transporte para os mercados consumidores, normalmente por 30 dias, as frutas

são mantidas à baixa temperatura (0 °C) (ZANIN, 2009).

Durante o armazenamento, transporte e comercialização da maçã, ocorrem perdas devido ao amadurecimento e senescência. As perdas pós-colheita podem ser minimizadas pelo uso de revestimentos de proteção. Filmes e revestimentos à base de quitosana, polissacarídeo obtido da desacetilização da quitina, têm sido usados como revestimento de frutas com o objetivo de aumentar a vida de prateleira, sem comprometer sua qualidade. A quitosana é capaz de formar filmes semipermeáveis, modificando a atmosfera ao redor das frutas, retardando o amadurecimento, e por ser barreira à umidade, diminui perdas por transpiração, desidratação e o escurecimento enzimático. A quitosana forma um invólucro protetor, controla a respiração das frutas, aliado ao fato de serem comestíveis e de terem propriedades antifúngicas (BERTAN, 2003).

REFERÊNCIAS

BERTAN, I. C. **Desenvolvimento e caracterização de filmes simples e compostos a base de gelatina, ácidos graxos e breu branco**. 2003. 157 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

COELHO, A. R.; HOFFMANN, F. L.; HIROOKA, E. Y. Biocontrole de doenças pós-colheita de frutas por leveduras: perspectivas de aplicação e segurança alimentar. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 337-358, 2003.

CURTI, F. **Efeito da maçã gala (*Malus domestica* Bork) na lipídemia de ratos hipercolesterolêmicos**. 2003. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

FELIPINI, R. B. **Avaliação de quitosana para o controle da podridão amarga da macieira**. 2008. 36 f. Monografia (Especialização) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FISCHER. **Mercado interno**. [2009]. Disponível em: <http://www.citrosuco.com.br/fischer/fischer/sites/fischer/fraiburgo/produtos/mercInterno/categorias_e_embalagens.html>. Acesso em: 14 ago. 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE. 2009**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em: 28 jul. 2009.

IBRAF. **Comparativo das exportações brasileiras de frutas frescas 2008**. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Exportação/ComparativoExportacoesBrasileiras2008-2007.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2010.

LIMA, L. C.; BRACKMANN, A.; CHITARRA, M. I. F.; BOAS, E. V. B. V.; Características de qualidade da maçã 'Royal Gala' armazenada sob refrigeração e atmosfera controlada. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 354-361, 2002.

VASQUES, A. R.; BERTOLI, S. L.; VALLE, R. C. S. C.; VALLE, J. A. B. Avaliação sensorial e determinação de vida-de-prateleira de maçãs desidratadas. **Ciênc. Technol. Aliment.**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 01-07, 2006.

ZANIN, S. R. Engenheiro Agrônomo da empresa Fischer S/A (comunicação pessoal, 15 de abril de 2009).

OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo realizar a avaliação sensorial, instrumental, físico-química e da ocorrência de podridões de maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana.

Os objetivos específicos foram:

Reunir informações sobre o uso da quitosana como revestimento de frutas e vegetais e sua influência na qualidade das frutas durante o período de pós-colheita.

Avaliar maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana, durante o armazenamento à temperatura ambiente.

Avaliar maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana, durante 6 meses de armazenamento sob atmosfera controlada e baixa temperatura, seguidos de 30 dias de armazenamento em atmosfera ambiente e baixa temperatura, e posteriormente estocadas à temperatura ambiente.

Avaliar o emprego do revestimento de quitosana modificada (N,N,N-trimetil-quitosana) em maçãs 'Royal Gala' estocadas à temperatura ambiente, após 6 meses de armazenamento em atmosfera controlada e baixa temperatura, seguidos de 30 dias de armazenamento em atmosfera ambiente e baixa temperatura.

CAPÍTULO 1

USO DO REVESTIMENTO DE QUITOSANA EM FRUTAS E VEGETAIS DURANTE O PERÍODO DE PÓS-COLHEITA

USO DO REVESTIMENTO DE QUITOSANA EM FRUTAS E VEGETAIS DURANTE O PERÍODO DE PÓS-COLHEITA

Paula Canonico Silva Jorge¹, Magali Monteiro¹.

¹Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP.

Rodovia Araraquara-Jaú, Km 01, CP. 502, Araraquara, SP, 14801-902.

paulajorge@gmail.com; monteiro@fctar.unesp.br.

RESUMO

Os filmes e revestimentos biodegradáveis são usados para revestir os alimentos e agem como barreira à umidade, ao oxigênio, ao dióxido de carbono, reduzindo a respiração, perdas de água por transpiração e desidratação, além do escurecimento enzimático, mantendo as qualidades do alimento como cor, sabor, acidez, textura, e conseqüentemente, o aumento da sua vida de prateleira.

A quitosana, polissacarídeo obtido pela desacetilação parcial da quitina, vem sendo amplamente estudada e atualmente é empregada na área de alimentos, na indústria química e na área da saúde, devido às suas propriedades funcionais, atividade antimicrobiana e a capacidade de formar filmes semipermeáveis.

Filmes e revestimentos à base de quitosana são empregados em frutas e vegetais *in natura*, pois modificam a atmosfera ao redor das frutas, evitando alterações físicas, químicas e microbiológicas, além de possuírem propriedades antifúngicas.

Palavras-chaves: revestimento de quitosana, frutas e vegetais, pós-colheita, filmes e revestimentos biodegradáveis.

1. INTRODUÇÃO

As perdas de qualidade de frutas e vegetais *in natura* e minimamente processados estão relacionadas principalmente ao amadurecimento, ao escurecimento e à perda de água. As perdas de frutos atingem cerca de 25-80%, resultando num grande desperdício econômico em países desenvolvidos que, em países tropicais assume proporções ainda maiores (RIBEIRO, 2005).

O uso de filmes e revestimentos à base de quitosana em frutas e vegetais *in natura* permite aumentar sua vida de prateleira, mantendo a qualidade. A quitosana é capaz de formar filmes semipermeáveis, modificando a atmosfera ao redor das frutas e retardando o seu amadurecimento, além de possuir característica antifúngica e antibacteriana. Pode também diminuir perdas por transpiração, desidratação e o escurecimento enzimático das frutas e vegetais. A quitosana forma um invólucro protetor, retardando a senescência dos produtos no período pós-colheita, com a vantagem de ser um revestimento comestível.

O objetivo deste trabalho foi reunir informações sobre o uso da quitosana como revestimento de frutas e vegetais e sua influência na qualidade das frutas durante o período de pós-colheita.

1.1 Filmes e revestimentos biodegradáveis

O uso de filmes ou revestimentos biodegradáveis em alimentos não é recente. Nos séculos XII e XIII, os chineses já aplicavam revestimentos à base de ceras em laranjas e limões, com o propósito de retardar a desidratação. No século XVI, a prática de proteger carnes da perda de umidade por meio de recobrimento com gordura, também já era utilizada na Europa. No início de 1930, a aplicação comercial de ceras de carnaúba, de abelha e parafina, assim como de óleos vegetais e minerais, e emulsões destes em água, era usada em frutas para melhorar cor e brilho, além de controlar seu amadurecimento e perda de peso (DAVANÇO, 2006).

Filmes e revestimentos biodegradáveis podem ser definidos como uma fina camada

contínua, formada ou depositada no alimento, preparada a partir de materiais biodegradáveis e/ou comestíveis que agem como barreira a elementos externos e, conseqüentemente, protegem o alimento, aumentando a sua vida de prateleira. Geralmente os filmes são materiais aplicados no alimento após sua formação, enquanto que os revestimentos são aplicados e formados diretamente nas superfícies dos alimentos utilizando técnicas de imersão, aspersão ou com auxílio de pincéis/rolos (BATISTA, 2004; FERREIRA, 2006). Quando o filme ou revestimento faz parte integrante do alimento e é consumido conjuntamente, é então classificado como embalagem comestível, com dupla função: de embalagem e de constituinte do alimento (RIGO, 2006). Além de oferecerem a vantagem de serem consumidos diretamente com o alimento, os filmes e revestimentos comestíveis proporcionam uma embalagem individual, não são poluentes e são produzidos por matéria-prima de baixo custo e de processamento simples e barato. Devem apresentar alguns requisitos específicos para uso como serem inócuos, não serem percebidos sensorialmente e apresentarem propriedades de barreiras mecânicas eficientes (BERTAN, 2003; RIGO, 2006). Estes filmes ou revestimentos são considerados embalagens ativas porque podem interagir diretamente com o alimento, controlando mudanças fisiológicas, físico-químicas e microbiológicas, pois promovem barreiras semipermeáveis ao alimento (MAMANI, 2004; DAVANÇO, 2006). Portanto, a finalidade dos filmes e revestimentos comestíveis é de aumentar a estabilidade dos alimentos, inibindo ou minimizando a permeação de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, aditivos e a migração de lipídios (SANTOS, 2004a).

1.2 Tipos de filmes e revestimentos biodegradáveis

Os filmes e revestimentos biodegradáveis são formados por pelo menos um componente básico, responsável por formar adequadamente uma matriz coesa e contínua a partir de um biopolímero de alto peso molecular que pode ser polissacarídeo, proteína ou lipídeo. Nas formulações de filmes e revestimentos biodegradáveis, os principais

biopolímeros de polissacarídeos e seus derivados são amido, celulose, quitosana, pectina, dextrinas, alginatos e gomas, enquanto que os de proteínas são caseína, zeína, glúten, albumina do ovo, colágeno, gelatina e ainda as proteínas do soro de leite e da soja, e para os lipídeos, são usados os monoglicérides, os ácidos graxos ou as ceras naturais. Participam ainda da formulação outros componentes como solvente, agente para ajustar o pH da solução e se necessário, o plastificante, cada qual com sua finalidade (BERTAN, 2003).

A utilização de plastificantes se torna necessária quando alguns filmes e revestimentos biodegradáveis apresentam aspecto quebradiço, o que torna inviável sua utilização. Assim, os plastificantes conferem mudanças nas propriedades de adesão, diminuem a fragilidade, aumentam a flexibilidade e a extensibilidade, evitando a ruptura dos mesmos durante o manuseio e estocagem. Os plastificantes comumente utilizados nas formulações são compostos hidrofílicos como os polióis (glicerol, sorbitol, derivados de glicerina, entre outros) de alto ponto de fusão e de baixa volatilidade e massa molecular. Por serem constituídos frequentemente por moléculas pequenas, são compostos que facilmente se acoplam entre as cadeias dos biopolímeros, capazes de reduzir as forças intermoleculares e aumentar a mobilidade de cadeias poliméricas, ou seja, ampliando o volume livre entre as mesmas (BATISTA, 2004; BLÁCIDO; FERREIRA, 2006).

1.3 Elaboração e processamento dos filmes e revestimentos biodegradáveis

O processo de produção dos filmes e revestimentos biodegradáveis compreende a etapa de solubilização do biopolímero em um solvente ao qual são incorporados o plastificante e outros aditivos, sendo então a solução submetida à secagem, que pode ser feita pelo método *casting process*, que consiste no espalhamento da solução em suportes, ou sua aplicação diretamente sobre o alimento. Os filmes também podem ser produzidos pelo método de secagem por moldagem, quando a solução é depositada sobre um molde ou superfície e seca geralmente em estufas ou secadores de bandejas, ou ainda por extrusão

seguida de moldagem, que tem a vantagem de ser mais rápida, e de gastar menos energia na remoção do solvente, embora o equipamento seja de custo elevado e possa comprometer a transparência (BLÁCIDO, 2006).

1.4 Características e propriedades de filmes e revestimentos biodegradáveis

Os filmes e revestimentos biodegradáveis apresentam propriedades específicas, dependendo do tipo do biopolímero empregado. Os filmes e revestimentos biodegradáveis elaborados à base de polissacarídeos e seus derivados, ou aqueles produzidos à base de proteínas, apresentam em geral, excelente barreira a óleos, a gorduras e aos gases (O_2 e CO_2), mas possuem alta permeabilidade ao vapor d'água, provavelmente relacionada à alta polaridade inerente à sua estrutura química (BATISTA, 2004; DAVANÇO; FERREIRA, 2006). Por outro lado, os filmes e revestimentos biodegradáveis preparados à base de lipídeos são eficazes como barreiras ao vapor d'água, em função de sua hidrofobicidade, porém apresentam propriedades mecânicas desfavoráveis, sendo bastante quebradiços e inflexíveis, possuindo baixa adesão e alta opacidade. Além disso, são susceptíveis à oxidação, o que limita sua aplicação, podendo comprometer as características sensoriais do alimento (BATISTA, 2004; DIAS, 2008). Os filmes e revestimentos biodegradáveis de polissacarídeos são flexíveis e altamente transparentes, ao contrário dos filmes à base de lipídeos (PALMU, 2003).

Para que se possa aproveitar as melhores características dos biopolímeros de polissacarídeos e de proteínas, e aumentar a barreira ao vapor d'água, podem ser utilizados filmes compostos, ou seja, que combinam biopolímeros de polissacarídeos ou de proteínas com os de lipídeos (BATISTA, 2004; DAVANÇO, 2006; DIAS, 2008). Dependendo da formulação e do processo de fabricação, os filmes e revestimentos biodegradáveis apresentam diferentes características e propriedades, que determinam sua aplicação como material de embalagem de alimentos (FERREIRA, 2006).

1.4.1 Características sensoriais

Os filmes e revestimentos biodegradáveis devem apresentar características de sabor e aroma “neutras”, principalmente se forem comestíveis, para evitar alterações das características originais do alimento e para que não sejam percebidos quando consumidos. Como os filmes e revestimentos estão em contato direto com o alimento, caso apresentem sabor é necessário que haja compatibilidade com o sabor do alimento. Em certos casos pode haver interesse tecnológico em adicionar componentes que promovam sabor e/ou aroma nos filmes e revestimentos biodegradáveis para melhorar e/ou intensificar as características sensoriais do alimento (BATISTA, 2004; DAVANÇO; FERREIRA; RIGO, 2006).

A transparência também é considerada um importante parâmetro de caracterização dos filmes e revestimentos biodegradáveis, pois está associada com a morfologia ou estrutura química relacionada à massa molecular dos biopolímeros. A cor não deve sofrer alteração durante o período de armazenamento para não prejudicar a aceitação do produto acondicionado.

A textura está relacionada, de um modo geral, com a aparência do filme e pode ser examinada visualmente e/ou pelo tato. Após o processo de secagem, os filmes e revestimentos biodegradáveis devem apresentar uma superfície homogênea e contínua, ou seja, ausência de partículas insolúveis, rupturas, poros abertos e zonas de opacidade ou diferenças de coloração (DAVANÇO; FERREIRA; RIGO, 2006).

1.4.2 Propriedades mecânicas e de permeabilidade

As propriedades mecânicas dos filmes e revestimentos biodegradáveis estão diretamente relacionadas com a natureza do biopolímero utilizado e com a técnica de formação do filme, bem como com a coesão estrutural da matriz polimérica (FERREIRA, 2006; DIAS, 2008).

A importância de se conhecer as propriedades mecânicas dos filmes e revestimentos biodegradáveis decorre da necessidade de se avaliar sua resistência à ruptura quando submetidos à tração, rasgamento, impacto e abrasão (DIAS, 2008). Os filmes e revestimentos biodegradáveis devem manter a integridade do alimento durante o processo de manipulação, armazenamento e transporte (DAVANÇO, 2006).

A permeabilidade é conhecida como a capacidade da embalagem em limitar a passagem de compostos do alimento para o meio externo e vice-versa (DIAS, 2008). A permeabilidade ao vapor d'água, gases, solutos, aromas e gorduras pode ser responsável por alterações sensoriais, por modificações físico-químicas e pela deterioração microbiológica dos alimentos (BATISTA, 2004; FERREIRA, 2006).

Para filmes e revestimentos biodegradáveis, a permeabilidade depende principalmente do tipo de alimento que será revestido ou embalado e do tipo de filme empregado. A permeabilidade ao vapor d'água e aos gases (O_2 e CO_2) pode ser crucial dependendo do alimento. A eficiência de barreira ao vapor d'água é desejável para evitar ganho ou perda de umidade nos alimentos, já que a água é um dos principais fatores de alteração da estabilidade durante a estocagem. O aumento de umidade dos alimentos com baixa atividade de água favorece o crescimento microbiano, mudança de textura, ação enzimática e escurecimento não enzimático. Por outro lado, em alimentos com alta atividade de água, a perda de umidade para o ambiente representa perda de peso e pode acarretar alterações físicas, químicas e sensoriais. Para esses alimentos é essencial o uso de embalagem com barreira ao vapor d'água (RIGO, 2006).

A deterioração dos alimentos promovida pela oxidação e respiração está diretamente relacionada à permeabilidade aos gases. Oxigênio e gás carbônico estão diretamente relacionados com a conservação de frutas frescas e vegetais, bem como com os alimentos contendo lipídeos. A transferência de oxigênio do meio ambiente para o alimento rico em gordura pode causar deterioração, envolvendo a oxidação de lipídeos e vitaminas, modificando suas características sensoriais e nutricionais. Filmes e revestimentos biodegradáveis com propriedade de barreira aos gases moderada são destinados a frutas e

vegetais para evitar condições anaeróbicas. A barreira aos gases aumenta os níveis de dióxido de carbono e diminui os de oxigênio, provocando alteração da atmosfera ao redor das frutas e vegetais, permitindo aos filmes e revestimentos biodegradáveis atuarem como embalagem com atmosfera modificada. Quando a concentração de oxigênio é controlada ocorre o retardo dos processos ligados ao amadurecimento, promovendo a estabilidade da respiração e aumento do período de estocagem. Por outro lado, a restrição de oxigênio pode provocar desordens fisiológicas, com aparecimento de sabor e aroma desagradável devido à fermentação (BERTAN, 2003).

2. QUITINA E QUITOSANA

2.1 Quitina

A quitina, polissacarídeo de cadeia linear formado por unidades de 2-acetamida-2-deoxi-D-glicopiranosose (N-acetilglicosamina) unidas por ligações β -1,4, é o precursor da quitosana.

A quitina foi descrita pela primeira vez em 1811, como fungina presente em cogumelos. Em 1823, quando foi isolada de insetos, recebeu o nome de quitina, que do grego significa carapaça de proteção de invertebrados (CRAVEIRO et al., 2004; SANTOS, 2004b).

A quitina é o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza após a celulose, cuja estrutura química é muito semelhante a da celulose (Figura 1) (CRAVEIRO et al., 2004). A diferença estrutural entre os dois polissacarídeos se deve ao substituinte do C₂. A celulose contém grupo hidroxila no C₂ e a quitina contém um grupo acetamino.



Figura 1 – Estrutura química da (a) quitina e da (b) celulose.

A quitina se une, de forma espontânea, em microfibrilas de diâmetros e comprimento variados, por pontes de hidrogênio entre os grupos amino e carbonila. Apresenta polimorfismo e assume três formas cristalinas α , β e γ , que diferem entre si, principalmente, pelo grau de hidratação, pelo tamanho das unidades e do número de cadeias por célula. Na forma α , todas as cadeias exibem uma orientação antiparalela, na forma β as cadeias obedecem a um paralelismo e na forma γ as cadeias se dispõem em duplas paralelas, alternadas por uma antiparalela. O arranjo antiparalelo das cadeias permite o empacotamento denso das microfibrilas. Ainda não está comprovado se a forma γ representa uma estrutura verdadeira ou se é apenas uma variação das formas α e β (SILVA, 2007).

A quitina pode ser obtida de fontes naturais como crustáceos, insetos, aracnídeos, fungos e algas (Tabela 1), mas a principal fonte de obtenção para fins industriais e comerciais são os exoesqueletos de crustáceos (SILVA, 2005). A quitina apresenta uso diversificado, porém sua maior aplicação é na produção de quitosana (CRAVEIRO et al., 2004). Segundo Craveiro et al. (2004), a quitina constitui 1,4% do peso dos insetos, e 12-20% do peso das carapaças de crustáceos.

Tabela 1 – Fontes naturais de quitina e quitosana.

Animais Marinhos	Insetos	Aracnídeos	Microrganismos
Anelídeos	Besouro	Aranha	Algas Verdes
Camarão	Borboleta	Escorpião	Algas Marrons
Caranguejo	Formiga		Esporos
Celenterados	Percevejo		Fungos
Lagosta			Leveduras
Krill			
Moluscos			
Siri			

Fonte: CRAVEIRO et al., 2004.

A quitina e a quitosana são polímeros biodegradáveis sujeitos à ação de enzimas hidrolíticas como a lisoenzima, quitanase, quitina desacetilase e quitosanase, largamente distribuídas nos tecidos e fluidos corporais de animais, plantas e também no solo (SILVA,

2005). Segundo Craveiro et al. (2004), o “ciclo da quitina” impede naturalmente o acúmulo destes polímeros na natureza, assegurando a conservação do ecossistema e do meio ambiente, conforme apresentado na Figura 2.

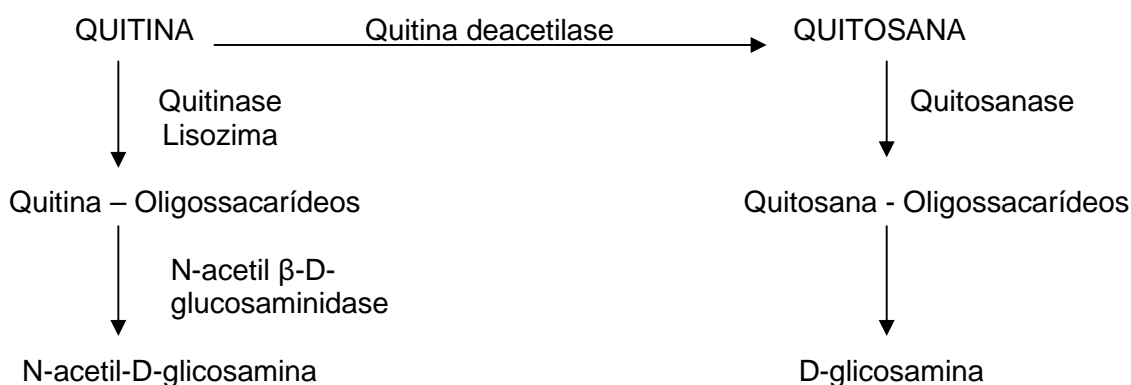


Figura 2 – Ciclo da quitina.
Fonte: CRAVEIRO et al., 2004.

2.2 Quitosana

A quitosana foi descoberta em 1859 durante uma tentativa de isolamento da quitina com solução de hidróxido de potássio concentrada à quente. O nome quitosana foi proposto em 1894, pelo fato de possuir a mesma quantidade de nitrogênio da quitina. A quitosana foi produzida industrialmente pela primeira vez no Japão, em 1971 (STAMFORD, 2006).

A quitosana é formada pela desacetilação da quitina. É um polissacarídeo de cadeia linear formado por unidades de 2-amino-2-desoxi-D-glicose unidas por ligação β-1,4 conforme apresentado na Figura 3 (SANTOS, 2004b; SILVA, 2005), que também apresenta polimorfismo.

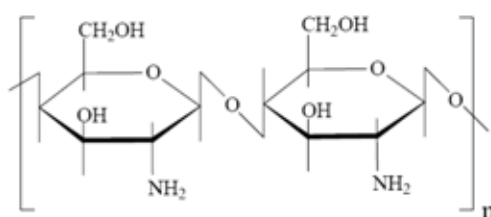


Figura 3 – Estrutura química da quitosana.

2.2.1 Processo de obtenção da quitosana

A quitosana é predominantemente obtida a partir de cascas e/ou esqueletos de animais marinhos, cujo resíduo de descarte é fornecido pela indústria pesqueira.

O processo industrial de obtenção da quitina emprega as etapas de pré-tratamento, secagem, moagem, desmineralização, desproteínização, desodorização/despigmentação e secagem e, para obtenção da quitosana, a quitina deverá ser ainda submetida à etapa de desacetilação (Figura 4).

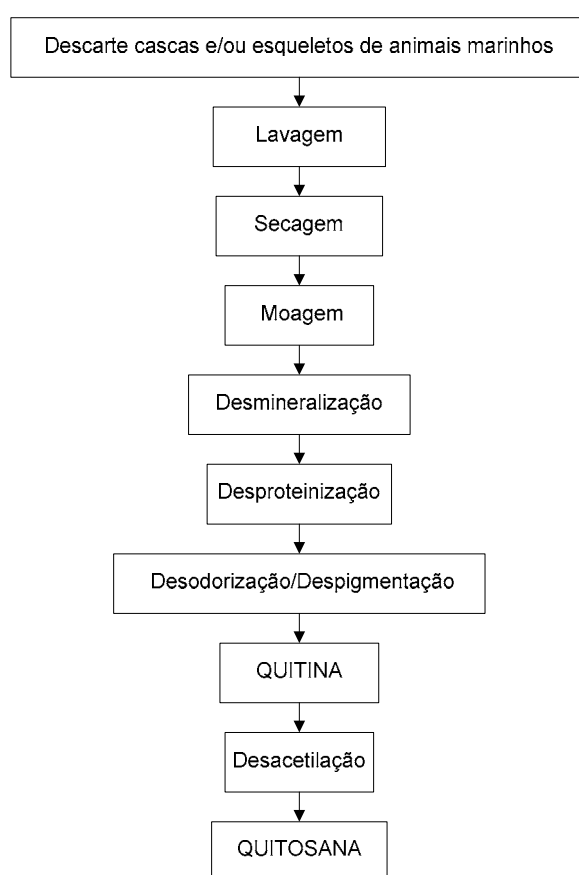


Figura 4 – Fluxograma da obtenção da quitina e quitosana.

A etapa de pré-tratamento consiste na lavagem do resíduo de cascas e/ou esqueletos de animais marinhos com água corrente, com o objetivo de separar a matéria vegetal, porções de tecido e outros tipos de materiais que eventualmente componham o

resíduo de descarte da indústria pesqueira. Após o pré-tratamento, é realizada a secagem em um secador de bandeja durante 4 horas, a 80 °C, com umidade final em torno de 5-6% (SOARES et al., 2003; WESKA et al., 2007). A moagem é realizada em moinho de facas e a desmineralização, com solução de HCl, para eliminar o conteúdo mineral. Matéria-prima contendo elevado teor de cinzas utiliza concentração mais alta de ácido. A desproteíntização, efetuada para reduzir o teor de nitrogênio protéico, usa solução de NaOH 5% (m/v), sob agitação a 65 °C (MOURA et al., 2006)

Na etapa de desodorização/despigmentação, etanol, acetona, ou ainda o processo de branqueamento, com uso de agentes oxidantes, podem ser empregados com a finalidade de remover odores e pigmentos. Após a secagem é obtida a quitina comercial, com 95–98% de pureza. A quitina é então colocada em um reator com aquecimento e agitação, e tratada com solução de NaOH 50% (m/v) a 130 °C por 1,5-2 h, sob atmosfera de nitrogênio, para que ocorra a desacetilação. Em seguida, a quitina desacetilada (quitosana) é submetida à lavagem, para eliminar o excesso de NaOH, e à secagem a 110 °C por 24 h. Após a secagem, a quitosana passa por um processo de purificação, para a remoção de sais remanescentes da desacetilação, de impurezas e materiais insolúveis, principalmente quitina com grau de desacetilação baixo. Com a purificação, mais grupos polares são disponibilizados aumentando a capacidade de interação (GOY et al., 2004). Na purificação, a quitosana é solubilizada em solução de ácido acético 1% (v/v) seguida de centrifugação para a retirada do material não dissolvido. Posteriormente, solução de NaOH é adicionada até atingir pH básico (aproximadamente 12,5) para precipitação da quitosana. A solução precipitada é neutralizada com ácido acético até pH 7 e centrifugada para a retirada do sobrenadante. Finalmente, é realizada a secagem, nas mesmas condições daquela empregada para a quitina, até obtenção de quitosana comercial, com teor de umidade de 6-8% (SOARES et al., 2003; SANTOS, 2004b; SIVA, 2005; WESKA et al., 2007).

Durante a desacetilação alcalina da quitina, parte das ligações N-acetil do polímero (NHCOCH₃) são rompidas com formação de unidades de D-glicosamina, que contém um grupo amínico livre. Entretanto, a quitosana não apresenta uma estrutura química única,

sendo melhor caracterizada como um grupo de polímeros parcialmente desacetilados (CRAVEIRO et al., 2004). A desacetilação pode chegar a 70-90%. Quando o grau de desacetilação da quitina for superior a 60%, o polímero é considerado quitosana (OLIVEIRA, 2004; GOY et al., 2004; AZEVEDO et al., 2007).

As aplicações e características da quitosana dependem fundamentalmente do grau de desacetilação e do tamanho da cadeia polimérica (CRAVEIRO et al., 2004; SILVA, 2005).

2.2.2 Propriedades da quitosana

A quitosana é insolúvel em água, ácidos concentrados, álcalis, álcool e acetona, e completamente solúvel em soluções de ácidos orgânicos, além de ácidos inorgânicos diluídos em pH menor que 6,0. Quando solubilizada em meio ácido, forma soluções viscosas. Sua solubilidade está relacionada com a quantidade de grupos protonados (NH_3^+) presentes, responsáveis pela repulsão eletrostática entre as cadeias e pela solvatação em água. O pKa dos grupos (NH_3^+) é de aproximadamente 6,5. Aumentando o pH da solução acima deste valor, a quitosana se precipita na forma de flocos gelatinosos (SILVA, 2005).

Em pH ácido a quitosana se comporta como um polieletrólito. Os grupos amino da quitosana captam íons hidrogênio do meio resultando em uma carga global positiva ao polímero. Deve-se considerar que, materiais como proteínas, polissacarídeos aniônicos, ácidos nucleicos, ácidos graxos, membrana celular, entre outros, que apresentam cargas negativas, podem interagir com a quitosana (OLIVEIRA, 2004).

A quitosana também é um agente quelante capaz de formar complexos com vários íons metálicos, o que possibilita sua utilização quando o objetivo é removê-los.

Devido à grande quantidade de grupos amino reativos em sua cadeia, pode ser usada em modificações químicas, na preparação de derivados e formação de sais com ácidos. Algumas das várias possibilidades de substituição são: quitosana inter cruzada, base de Schiff, N-alkilquitosana, N-carboximetilquitosana, N,O-carboximetilquitosana, N,N,N-trimetil-quitosana, sulfoetilquitosana e sais de quitosana (OLIVEIRA, 2004).

As propriedades da quitosana permitem um número expressivo de aplicações fazendo dela um polissacarídeo de grande interesse. A quitosana pode ser obtida sob diferentes formas: soluções, *blendas* (BATTISTI, 2006; BRANT, 2008), filmes (ASSIS & SILVA, 2003), membranas (DALLAN, 2005; FRAGA et al., 2006), esferas (GOY et al., 2004), microesferas (SILVA et al., 2006; AZEVEDO et al., 2007), entre outros, além de ser biodegradável e biocompatível (FORTES & MACÊDO, 2006).

A quitosana também é reconhecida como segura quando usada como revestimento de acordo com o NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM (2008). Além disso, a quitosana é considerada uma substância *GRAS* (*Substances Generally Recognized as Safe* – Substâncias Geralmente Reconhecida como Segura) pelo FDA (Food and Drug Administration) (2009) e de baixa toxicidade para a saúde humana (ARAI et al., 1968).

2.2.3 Uso do revestimento de quitosana durante o período de pós-colheita de frutas e vegetais *in natura* e minimamente processados

As perdas de qualidade de frutas e vegetais *in natura* e minimamente processados são altas devido ao seu rápido apodrecimento, escurecimento e perda de água, entre outros fatores. Segundo Ribeiro (2005), as perdas de frutos *in natura* são da ordem de 25-80%, resultando num grande desperdício econômico em países desenvolvidos que, em países tropicais assume proporções devastadoras.

O uso de filmes e revestimentos à base de quitosana em frutas e vegetais *in natura* permitem aumentar sua vida de prateleira. A quitosana é capaz de formar filmes semipermeáveis, modificando a atmosfera ao redor das frutas e retardando o seu amadurecimento. Pode também diminuir perdas por transpiração, desidratação e o escurecimento enzimático dos frutos e vegetais. A quitosana forma um invólucro protetor, retardando a senescência dos produtos no período pós-colheita, com a vantagem de ser um revestimento comestível.

A eficiência do retardamento da maturação pós-colheita de morangos (*Fragaria*

ananassa) usando amido, carragena e quitosana como revestimentos foi avaliada por Ribeiro (2005). Os melhores resultados quanto à avaliação da cor, variação de massa, teor de sólidos solúveis, firmeza e carga microbológica total foram atribuídos ao revestimento de quitosana. Pêras 'Yali' (*Pyrus bertschneideri* Rehd) revestidas com quitosana combinada com ácido ascórbico tiveram a incidência do escurecimento (*core browning*) reduzida durante o armazenamento em temperatura ambiente. O revestimento de quitosana inibiu a peroxidação lipídica, induzida pela atividade de enzimas antioxidantes, e ainda a retenção destes antioxidantes por um período mais prolongado, devido ao efeito sinérgico do ácido ascórbico com a quitosana (LIN et al., 2008). A eficiência do revestimento de quitosana para retardar o escurecimento, a deterioração e a perda de água de polpa de Lichia (*Litchi chinensis* Sonn), sem alterar a qualidade sensorial, prolongou sua vida de prateleira (DONG et al., 2004). O revestimento de quitosana reduziu perdas pós-colheita de uva 'Itália' contra a ação do fungo *Botrytis cinerea*, causador do mofo cinzento (CAMILI et al., 2007). A quitosana também foi eficiente contra a antracnose causada pelo *Colletotrichum gloeosporioides*, responsável pela podridão na cultura do mamão (*Carica papaya*), exercendo efeito fungistático sobre o fungo *in vivo*, restringindo o aumento do diâmetro das lesões nos frutos (CIA, 2005). Logo após a colheita, maçãs 'Royal Gala' foram revestidas com quitosana e apresentaram aceitação sensorial e atitude de compra similar às maçãs sem revestimento (SOUZA et al., 2009), além das características físico-químicas das frutas não terem sido alteradas (NUCCI et al., 2009). Após armazenamento à temperatura ambiente, o emprego do revestimento com quitosana estendeu a aceitação das frutas em no mínimo 7 dias em relação às maçãs sem recobrimento (JORGE et al., 2009).

Quanto ao uso de filmes e revestimentos de quitosana em produtos minimamente processados destaca-se a avaliação das características físico-químicas e microbológicas do mamão papaia, variedade 'Maradol', em cubos recobertos com película de quitosana com baixa ($2,2 \times 10^3$ KDa), média ($3,5 \times 10^3$ KDa) e alta ($5,6 \times 10^3$ KDa) massa molecular (GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2005). O revestimento com quitosana de massa molecular média conferiu menor escurecimento, menos desidratação da superfície do produto e

deterioração quanto à cor, firmeza e crescimento microbiano. Em cenoura (*Daucus carota* L.), armazenada a 10 °C por 15 dias, minimamente processada, revestida com diferentes filmes comestíveis, de amido de inhame e glicerol e, amido de inhame, glicerol e quitosana, em concentrações de 0,5 e 1,5% de quitosana, o revestimento contendo a maior concentração de quitosana apresentou o melhor desempenho no controle microbiológico das bactérias mesófilas aeróbias, bolores e leveduras e psicotróficos (DURANGO et al., 2006). Já o alho (*Allium sativum*) minimamente processado, revestido com amido de mandioca adicionado de quitosana, teve redução significativa da microbiota presente durante 20 dias de estocagem (BOTREL et al., 2007). Maçãs minimamente processadas revestidas com quitosana, armazenadas durante 7 dias em temperatura ambiente, apresentaram menor desidratação e ação inibidora do crescimento de fungo mais eficiente quando comparadas com as frutas controle (ASSIS & PESSOA, 2004).

Análises detalhadas de filmes de quitosana usando microscopia eletrônica de varredura e de força atômica indicaram estrutura descontínua, que caracteriza porosidade residual no filme formado. De maneira geral, os filmes apresentam espessura extremamente fina igual ou inferior a 1,5 mm. Essas características são desejáveis para coberturas de frutos, pois embora o objetivo seja baixar a taxa respiratória para retardar o amadurecimento, é necessário que os revestimentos mantenham uma respiração mínima, evitando a ocorrência de processo fermentativo (ASSIS & LEONI, 2003).

2.2.4 Outros usos da quitosana

A quitosana vem sendo amplamente estudada e atualmente é empregada em diferentes áreas, devido às suas propriedades peculiares. As principais aplicações da quitosana estão na área de alimentos, na indústria química e na área da saúde.

Na área de alimentos, a quitosana vem sendo extensivamente utilizada com diversas finalidades. Seu emprego na agricultura se deve principalmente à inibição de microrganismos. No caso de *Botrytis cinerea*, causador do mofo cinzento, o

desenvolvimento foi inibido em 82-87% quando folhas da cultura do pepino foram tratadas com solução de quitosana (BEN-SHALOM et al., 2003), além de ter ativado respostas de defesa do tecido vegetal, e de retardar o desenvolvimento da Síndrome de Morte Súbita causada por *Fusarium solani* em folhas de feijão de soja, devido à propriedade antifúngica (PRAPAGDEE et al., 2007). Em cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), a quitosana, controlou a antracnose provocada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum*, bem como propiciou redução em torno de 70% na severidade da doença. As folhas foram previamente tratadas com quitosana, que alterou o metabolismo relacionado à resistência do feijoeiro, provocando o aumento na atividade da glucanase que atua diretamente nas glucanas presentes na parede celular do fungo, inibindo o seu desenvolvimento (DI PIERO & GARDA, 2008).

A quitosana também tem sido empregada como ingrediente em formulações e alimentos para controle de peso e para encapsulação de aromas. Silva et al. (2006) avaliaram a capacidade da quitosana em promover a redução dos níveis de colesterol e triglicérides plasmáticos por se ligar aos lipídeos da dieta, interferindo na absorção intestinal dessas gorduras. Seu emprego em formulações de bebida funcional de reduzido teor calórico visava à perda de peso e redução do colesterol (FREITAS, 2000). Alguns trabalhos atestam que a quitosana é capaz de reduzir peso em pessoas obesas, sem necessidade de alteração na dieta alimentar. Entretanto, outras correntes sugerem que a redução de fato ocorre de forma mais acentuada quando a administração de quitosana é acompanhada de alteração da dieta (AZEVEDO et al., 2007).

Na indústria química, a quitosana vem sendo usada para aumentar a resistência mecânica e a impermeabilidade do papel, devido a sua propriedade de formar filme (CRAVEIRO et al., 2004); no tratamento de efluentes como adsorvente tanto para purificação de contaminantes orgânicos ou inorgânicos, como por exemplo, remoção de cor em efluente têxtil visando sua reutilização em tingimentos de tecidos (BATTISTI, 2006), como adsorvente de fenol em efluente de refinaria de petróleo (MILHOME, 2006), para remoção de íons de metálicos (Cu^{2+} , Cr^{3+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} e Hg^2) de águas residuais por co-

precipitação (JANEGITZ et al., 2007), assim como para extração dos íons fosfatos, maiores causadores do problema ambiental conhecido como eutrofização (FAGUNDES, 2007). Além disso, bases de Schiff biopoliméricas, sintetizadas a partir de quitosana e aldeídos aromáticos, apresentam papel importante na química de coordenação pela formação de complexos estáveis com vários metais de transição e são bastante utilizadas como reagentes analíticos, e ainda destinadas à confecção de eletrodos modificados, para remoção mais eficiente de metais pesados, entre outras aplicações (SANTOS, 2004b).

Na área da saúde, a quitosana tem sido utilizada em diferentes segmentos como medicina, odontologia, farmácia, entre outras. Na medicina, a quitosana vem sendo extensivamente estudada devido à sua eficiência na confecção de biomateriais e de membranas, assim como para o controle de peso (CRAVEIRO et al., 2004) e redução de colesterol (CRAVEIRO et al., 2004; SILVA et al., 2006), na prevenção de formação de “biofilmes” de microrganismos em procedimentos ou dispositivos de implantes (AZEVEDO et al., 2007) e na reconstituição óssea, etc. Como exemplo, membranas de quitosana recobertas com biocerâmica hidroxiapatita vêm sendo usadas para enxertia (FRAGA et al., 2006) e para substituir ou reparar tecido ósseo produzindo material moldável, agregando a função de liberação de antibiótico por solubilização e difusão, devido às propriedades da quitosana (CARNEIRO FILHO et al., 2007). Quando usada no tratamento e regeneração de ferimentos como curativo bioativo, a quitosana estimula a proliferação de células mostrando maior eficiência do que a gaze (NICOLOSI & MORAES, 2005), e quando contém analgésico e antibiótico, apresenta efeitos benéficos no controle da infecção e redução no tempo de cicatrização de feridas, além de estimular o crescimento celular e atuar como barreira contra agentes infecciosos minimizando a deformação cutânea. Em aplicações como membrana de regeneração da pele, a quitosana proporcionou permeabilidade ao vapor d’água e resistência mecânica adequadas para uso em curativos temporários (DALLAN, 2005). Ainda segundo Silva et al., (2006) a quitosana apresenta potente ação analgésica tópica, com capacidade de aceleração da cicratização de lesões, efeito coagulante e coadjuvante no tratamento de osteoartrite.

Na odontologia, a quitosana atua como agente anticárie dentária e anti-séptico bucal, devido a sua propriedade policatiônica, que permite a interação com o esmalte dentário e com a superfície da célula bacteriana, conferindo ação antimicrobiana e adesiva, e ação bacteriostática e bactericida aos microrganismos *S. mutans*, *S. mitis*, *S. oralis* e *S. sanguis in vitro* (STAMFORD, 2006). Quando associada à clorexidina, a quitosana pode prolongar seu período de atuação na cavidade bucal e reduzir sua concentração em bochechos, minimizando efeitos colaterais (OLIVEIRA, 2004). Ainda, a quitosana reduz os índices de placa visível e o sangramento gengival quando incorporada em solução para bochechos (VIEIRA, 2005).

Na área farmacêutica, a quitosana vem sendo empregada como revestimento de comprimidos, devido a sua capacidade de formar filmes (LAMIN, 2006), revestimento composto com lecitina de soja de nanovesículas lipossômicas, protegendo os fármacos da degradação e potencializando o seu efeito (SEBBEN et al., 2004) e ainda, servindo de matriz para sistemas de liberação controlada de fármacos (JOSUÉ et al., 2000; RODRIGUES et al., 2006). A quitosana, também está sendo utilizada na encapsulação de micropartículas de fármacos que apresentam baixa solubilidade e permeabilidade, quando se utiliza a técnica de *spray-drying*. As micropartículas se apresentaram termicamente estáveis, não ocorrendo interações químicas entre o fármaco e a quitosana, além de propiciar uma liberação prolongada do mesmo, contribuindo para aumentar a sua solubilidade e biodisponibilidade, uma vez que as micropartículas desenvolvidas apresentaram caráter amorfo (STULZER et al., 2007).

Na cosmetologia, a quitosana está sendo usada em produtos para a pele, para manter sua umidade; matriz para ingredientes ativos, como pigmentos e fragrâncias para o segmento em diversos tipos de cosméticos (CRAVEIRO et al., 2004) e em condicionadores e xampus, proporcionando menor carga estática aos fios capilares, melhorando a escovação, além da vantagem de aumentar o brilho e a maciez dos fios, devido à função de formar um filme protetor (COLENCI, 2007).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quitosana é um polissacarídeo de grande interesse e vem sendo amplamente estudada, pois tem penetração e uso potencial em diversos segmentos, podendo ser obtida sob diferentes formas, além de permitir modificações químicas para preparação de derivados e seus sais.

A quitosana pode ser empregada em frutas e vegetais *in natura*, antes da colheita, e durante o período de pós-colheita, e ainda em produtos minimamente processados, visando aumentar sua vida de prateleira. Antes da colheita exerce efeito fungistático e indutor de mecanismos de defesa da planta. No período de pós-colheita e nos produtos minimamente processados, devido à capacidade de formar filmes semipermeáveis, modifica a atmosfera ao redor das frutas e vegetais, retardando a senescência e diminuindo perdas por transpiração, desidratação e o escurecimento enzimático, pois inibe ou minimiza a permeação de umidade, oxigênio e dióxido de carbono.

O revestimento de quitosana pode ser considerado uma embalagem que forma um invólucro protetor transparente, com a vantagem de ser comestível e de não alterar o sabor dos alimentos, sendo muito utilizada para prolongar a estocagem dos alimentos, aliado ao fato de ser um revestimento biodegradável, de processamento simples e barato, também é considerada uma embalagem ativa, pois interage diretamente com o produto controlando mudanças físico-químicas e microbiológicas.

REFERÊNCIAS

ARAI, K.; KINUMAKI, T.; FUJITA, T. Toxicity of quitosana. **Bull. Tokai. Region. Fish. Res. Lab.**, n. 56, p. 89-94, 1968.

ASSIS, O. B. G.; LEONI, A. M. Filmes comestíveis de quitosana. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, v. 1, 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. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 17-22, 2004.

ASSIS, O. B. G.; SILVA, V. L. Caracterização estrutural e da capacidade de absorção de água em filmes finos de quitosana processados em diversas concentrações. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 13, n. 4, p. 223-228, 2003.

AZEVEDO, V. V. C.; CHAVES, S. A.; BEZERRA, D. C.; FOOK, M. V. L.; COSTA, A. C. F. M. Quitina e quitosana: aplicações como biomateriais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 27-34, 2007.

BATISTA, J. A. **Desenvolvimento, caracterização e aplicações de biofilmes a base de pectina, gelatina e ácidos graxos em bananas e sementes de brócolos**. 2004. 141 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

BATTISTI, A. M. **Estudo da adsorção de corantes ácidos em blendas de náilon-6.6/quitosana e reutilização das soluções em tingimentos de poliamida**. 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2006.

BEN-SHALOM, N.; ARDI, R., PINTO, R.; AKI, C.; FALLIK, E. Controlling gray mould caused by *Botrytis cinerea* in cucumber plants by means of chitosan. **Crop Protection**, Oxford, v. 22, p. 285-290, 2003.

BERTAN, I. C. **Desenvolvimento e caracterização de filmes simples e compostos a base de gelatina, ácidos graxos e breu branco**. 2003. 157 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BLÁCIDO, D. R. T. **Filmes a base de derivados do amarantho para uso em alimentos**. 2006. 351 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M.; PEREIRA, R. M.; FONTES, E. A. F. Qualidade de alho (*Allium sativum*) minimamente processado envolvido com revestimento comestível antimicrobiano. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 32-38, 2007.

BRANT, A. J. C. **Preparação e caracterização de hidrogéis a partir de misturas de soluções de quitosana e poli (N-vinil-2-pirrolidona)**. 2008. 169 f. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CAMILI, E. C.; BENATO, E. A.; PASCHOLATI, S. F.; CIA, P. 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.

CARNEIRO FILHO, R. B.; MARTINS, V. C. A.; PLEPIS, A. M. G. Liberação de antibiótico em compósito de quitosana: hidroxiapatita. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – SIICUSP, 15., 2007, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: Universidade de São Paulo, 2007. 1 CD-ROM.

CIA, P. **Avaliação de agentes bióticos e abióticos na indução de resistência e no controle pós-colheita da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em mamão (*Carica papaya*)**. 2005. 197 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

COLENCI, A. V. P. **Efeito de uma formulação contendo o biopolímero quitosana sobre a fibra capilar caucasiana**. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia)- Graduação Interunidades em Bioengenharia – Escola de Engenharia de São Carlos – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CRAVEIRO, A. A.; CRAVEIRO, A. A.; QUEIROZ, D. C. **Quitosana: a fibra do futuro**. 2. ed. Fortaleza: PADETEC, 2004. 118 p.

DAVANÇO, T. **Desenvolvimento e caracterização de biofilmes à base de gelatina, triacetina, ácido esteárico ou ácido capróico e surfactantes**. 2006. 130 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

DALLAN, P. R. M. **Síntese e caracterização de membranas de quitosana para aplicação na regeneração de pele**. 2005. 194 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

DIAS, A. B. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos de amido e de farinha de arroz**. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

DI PIERO, R. M.; GARDA, M. V. Quitosana reduz a severidade da antracnose e aumenta a atividade de glucanase em feijoeiro-comum. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 43, n. 9, p. 1121-1128, 2008.

DONG, H.; CHENG, L.; TAN, J.; ZHENG, K.; JIANG, Y. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. **Journal of Food Engineering**, Califórnia, v. 64, n. 3, p. 355–358, 2004.

DURANGO, A. M.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J. Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. **Food Control**, v. 17, n. 5, p. 336–341, 2006.

FAGUNDES, T. **Estudo da interação do polímero quitosana-ferro(III)-r com íons inorgânicos em meio aquoso**. 2007. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2007.

FDA - FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Disponível: em: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/gras_notices/grn000073pdf>. Acesso em: 29 jan. 2009.

FERREIRA, A. H. **Efeito da adição de surfactantes e do ajuste de pH sobre filmes a base de gelatina, triacetina, ácidos graxos e ceras de carnaúba e de cana-de-açúcar**. 2006. 184 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

FORTES, S. S.; MACÊDO, M. A. Utilização da magnetita (Fe_3O_4) para a produção de um ferrofluido biocompatível para ser usado como carregador magnético. In: CONGRESSO DE FÍSICA MÉDICA, 11., 2006, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Ribeirão Preto: Faculdade de Física da PUCRS, 2006. 1 CD-ROM.

FRAGA, A. F.; MARTINS, F. B.; RIGO, E.C.S.; BOSCHI, A. O. Ensaio mecânico de membranas de quitosana recobertas com hidroxiapatita: efeito da adição de hidróxido de sódio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17., 2006, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, 2006. p.2715-2725.

FREITAS, R. C. P. **Utilização de quitosana na obtenção de bebida tipo “milk shake” com propriedades funcionais**. 2000. 58 f. Dissertação (Mestrado Em Tecnologia de

Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; MONROY-GARCÍA, I. N.; VALENCIA, G.; GOYCOOLEA-VALENCIA, F.; DÍAZ-CINCO, M. E.; AYALA-ZAVALA, J. F. Cubiertas comestibles de quitosano. Una alternativa para prevenir el deterioro microbiano y conservar la calidad de papaya fresca cortada. In: SIMPOSIUM "NUEVAS TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN Y ENVASADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS, 2005, Habana, Cuba. **Vegetales frescos cortados**: anais. Habana: [s. n.], 2005, p. 121-133.

GOY, R. C.; ASSIS, O. B. G.; CAMPANA-FILHO, S. P. Produção de esferas de quitosana. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, n. 33, p. 30-34, 2004.

JANEGITZ, B. C.; LOURENÇÃO, B. C.; LUPETTI, K. O.; FATIBELLO-FILHO, O. Desenvolvimento de um método empregando quitosana para remoção de íons metálicos de águas residuárias. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 879-884, 2007.

JORGE, P. C. S.; SOUZA, G. C.; JANZANTTI, N. S.; ASSIS, O. B. G.; MONTEIRO, M. Avaliação sensorial de maçã revestida com filme de quitosana armazenada à temperatura ambiente. In: SLACA – SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 8., 2009, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2009. 1 CD-ROM.

JOSUÉ, A.; LARANJEIRA, M. C. M.; FÁVERE, V. T.; KIMURA, I. Y. Liberação controlada da eosina impregnada em microesferas de copolímero de quitosana e poli (ácido acrílico). **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 10, n. 3, p. 116-121, 2000.

LAMIM, R. **Quitosana e N-carboximetilquitosana**: desenvolvimento de biofilmes para aplicações farmacêuticas. 2006. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2006.

LIN, L.; WANG, B.; WANG, M.; CAO, J.; ZHANG, J.; WU, Y.; JIANG, W. Effects a chitosan-based coating with ascorbic acid on post-harvest quality and core browning 'Yali' pears (*Pyrus bertschneideri* Rehd). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Liverpool, v. 88, n. 5, p. 877-884, 2008.

MAMANI, H. N. C. **Desenvolvimento de filmes a partir de caseína e gelatina modificadas enzimaticamente com tripsina e transglutaminase**. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

MILHOME, M. A. L. **Emprego de quitina e quitosana para adsorção de fenol de efluente de refinaria de petróleo**. 2006. 90 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) - Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

MOURA, C.; MUSZINSKI, P.; SCHMIDT, C.; ALMEIDA, J.; PINTO, L. Quitina e quitosana produzidas a partir de resíduos de camarão e siri: avaliação do processo em escala piloto. **Vetor**, Rio Grande, v. 16, n. 1/2, p. 37-45, 2006.

NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM – **Testing status of agents at National Toxicology Program**: Department of Health and Human Services. Disponível em: < <http://ntp.niehs.nih.gov/?objectid=BD3BB7C6-123F-7908-7BB099AF2C319611> >. Acesso em: 20 ago 2008.

NICOLOSI, J. G.; MORAES, A. M. Biomateriais destinados à terapia de queimaduras: estudo entre o custo e o potencial de efetividade de curativos avançados. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2005, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2005. v. 1. p. 1-6.

NUCCI, M.; JORGE, P.; MONTEIRO, M. Avaliação físico-química de maçã gala tratada com filme de quitosana In: JORNADA FARMACÊUTICA UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” – UNESP, 56., 2009, Araraquara, SP. **Anais...** Araraquara: Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, 2009. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, R. A. **Avaliação do efeito antimicrobiano *in vitro* de quitosana e da associação quitosana/clorexidina sobre saliva e *Streptococcus mutans***. 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

PALMU, P. S. T. **Preparação, propriedades e aplicação de biofilmes comestíveis à base de glúten de trigo**. 2003. 244 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

PRAPAGDEE, B.; KOTCHADAT, K.; KUMSOPA, A.; VISARATHANONTH, N. The role of chitosan in protection of soybean from sudden death syndrome caused by *Fusarium solani* f. sp. *glycines*. **Bioresource Technology**, Fayetteville, v. 98, n. 7, p. 1353-1358, 2007.

RIBEIRO, C. M. C. P. **Estudo de estratégias para a valorização industrial do morango**. 2005. 91 f. Tese (Mestrado em Biotecnologia) - Departamento de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Braga, 2005.

RIGO, L. N. **Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis**. 2006. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2006.

RODRIGUES, I. R.; FORTE, M. M. C.; CASTAGNO, K.; AZAMBUJA, D. S. Síntese e caracterização de redes poliméricas híbridas (HPNs) baseadas em quitosana/PVA para liberação de amoxicilina. In: CBECIMat - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17., 2006, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** [Foz do Iguaçu: s. n.], 2006. não paginado.

SANTOS, J. E. **Preparação, caracterização e estudos termoanalíticos de bases de shiff biopoliméricas e seus complexos de cobre**. 2004. 112 f. Tese (Doutorado em Química) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004b.

SANTOS, P. V. **Elaboração, aditivação e caracterização de biofilmes à base de fécula de mandioca**. 2004. 252 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004a.

SEBBEN, M.; MERTINS, O.; POHLMANN, A. R.; SILVEIRA, N. P. Desenvolvimento e caracterização de nanovesículas lipossômicas compósitas de lecitina de soja e quitosana. **Espaço Química**, Bento Gonçalves, v. 1, n. 1, p. 1-26, 2004.

SILVA, A. C. **Produção de quitina e quitosana em cultura submersa de *Rhizopus arrhizus* nos meios milhocina e sintético para mucorales**. 2007. 93 f. Dissertação (Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2007.

SILVA, G. L. **Estudo da ação inibitória da quitosana sobre os enteropatógenos:**

Salmonella enterica, *Shigella sonnei* e *Escherichia coli* EPEC. 2005. 98 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

SILVA, H. S. R. C.; SANTOS, K. S. C. R.; FERREIRA, E. I. Quitosana: derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 776-785, 2006.

SOARES, N. M.; MOURA, C.; VASCONCELOS, S.; RIZZI, J.; PINTO, L. A. A. Obtenção e purificação de quitosana a partir de resíduos de camarão em escala piloto. **Revista UniVap**, São José dos Campos, v. 10, n. 18, p. 88-98, 2003.

SOUZA, G. C.; JORGE, P.; JANZANTTI, N. S.; MONTEIRO, M. Avaliação sensorial de maçã revestida com filme de quitosana. In: JORNADA FARMACÊUTICA UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" – UNESP, 56., 2009, Araraquara, SP. **Anais...** Araraquara: Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho", 2009. 1 CD-ROM.

STAMFORD, T. C. M. **Produção, caracterização e atuação anticariogênica da quitosana extraída de *Cunninghamella elegans* UCP 542**. 2006. 143 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas, Microbiologia) - Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

STULZER, H. K.; TAGLIARI, M. P.; SILVA, M. A. S.; LARANJEIRA, M. C. M. Desenvolvimento, avaliação e caracterização físico química de micropartículas constituídas de aciclovir/quitosana desenvolvidas pela técnica de *spray-drying*. **Latin American Journal of Pharmacy**, Buenos Aires, v. 26, n. 6, p. 866-871, 2007.

VIEIRA, L. B. **Eficácia do bochecho de quitosana a 0,4% sobre o biofilme e bactérias orais**. 2005. 106 f. Tese (Dissertação em Odontologia Preventiva e Social) - Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande Norte, Natal, 2005.

WESKA, R. F.; MOURA, J. M.; RIZZI, J.; PINTO, L. A. A. Obtenção de quitosana a partir de carapaças de siri. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Paraná, v. 01, n. 1, p. 48-52, 2007.

CAPÍTULO 2

MAÇÃ 'ROYAL GALA' REVESTIDA COM FILME DE QUITOSANA, ESTOCADA À TEMPERATURA AMBIENTE

Trabalho submetido à revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2010.

MAÇÃ 'ROYAL GALA' REVESTIDA COM QUITOSANA ESTOCADA À TEMPERATURA AMBIENTE

Paula Canonico Silva Jorge¹, Mariana Nucci¹, Natália Soares Janzantti¹, Jackeline Salmeirão de Rizzo², Odílio Benedito Garrido de Assis², Magali Monteiro¹

¹Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP.

Rodovia Araraquara-Jaú, Km 01, CP. 502, Araraquara, SP, 14801-902.

paulajorge@gmail.com; monteiro@fcar.unesp.br.

²Embrapa Instrumentação Agropecuária. Rua XV de Novembro, 1452, São Carlos, SP, 13560-970.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar maçãs revestidas com quitosana, durante o armazenamento à temperatura ambiente, visando simular as condições de comercialização das frutas para o mercado interno. Maçãs 'Royal Gala' foram produzidas na safra de 2009, e após a colheita foram separadas em 3 lotes. As frutas do 1º lote foram revestidas com quitosana 0,2% (m/v), as do 2º lote foram imersas em solução de ácido acético 1% (v/v) e usadas como branco e, as do 3º lote não receberam tratamento, e foram usadas como controle. Foi realizada a avaliação físico-química, instrumental, da ocorrência de podridão e da aceitação sensorial aos zero, 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 46 dias de estocagem. O *ratio*, pH e teor de açúcares redutores aumentaram ao longo do tempo para as maçãs de todos os tratamentos, enquanto que a acidez total titulável e os sólidos totais tiveram pequena redução no período. O teor de açúcares totais reduziu, exceto para as maçãs usadas como branco que tiveram tendência de aumento durante o período. O conteúdo de ácido ascórbico das maçãs foi drasticamente reduzido durante a estocagem e os sólidos solúveis apresentaram leve aumento, com exceção das maçãs controle. As médias de aceitação da

impressão global, do sabor e do aroma das maçãs de todos os tratamentos foram reduzidas ao longo do tempo, o que não ocorreu com a cor. A aceitação da aparência também foi reduzida, com médias inferiores a 5,0, aos 28 dias de estocagem para as maçãs usadas como branco, e aos 35 dias de estocagem para as maçãs revestidas com quitosana e controle. A aceitação da textura também foi reduzida durante a estocagem, com maçãs usadas como branco e controle apresentando aceitação inferior a 5,0, aos 28 dias de estocagem, e maçãs revestidas com quitosana aos 35 dias. O comportamento da aceitação das frutas foi confirmado pela atitude de compra. Houve redução gradual da firmeza da polpa das maçãs de todos os tratamentos durante a estocagem. Os valores da razão de cromaticidade e variação de cor aumentaram ao longo do tempo, enquanto que os de luminosidade apresentaram pouca variação para as maçãs revestidas com quitosana e branco, e nas maçãs controle tiveram queda acentuada. A ocorrência de podridões afetou no máximo em 20% as maçãs. O emprego do revestimento de quitosana retardou a maturação das frutas, reduziu perdas de firmeza da polpa e conferiu brilho mais intenso ao longo da estocagem quando comparado às maçãs usadas como branco e controle. Embora tenha havido redução na aceitação das frutas ao longo da estocagem à temperatura ambiente, aparentemente, o revestimento de quitosana não afetou sua aceitação. A textura foi considerada o atributo mais importante para a aceitação da maçã. O período de vida útil das maçãs revestidas com quitosana foi 28 dias e das maçãs usadas como branco e controle 21 dias, indicando que o revestimento com quitosana estendeu a aceitação das frutas em no mínimo 7 dias.

Palavras-chave: maçã, pós-colheita, revestimento de quitosana, análise físico-química e aceitação sensorial.

1. INTRODUÇÃO

A conservação de frutas *in natura* depende do controle da taxa de respiração durante o período de pós-colheita e, conseqüentemente, do adiamento do processo de amadurecimento e senescência (BERTAN, 2003).

Durante o armazenamento e a comercialização da maçã ocorre perda de água por transpiração e desidratação, que pode ser minimizado pelo uso de revestimentos, evitando perdas econômicas. Estudos recentes têm explorado o potencial do revestimento de quitosana na redução de perdas pós-colheita de uva 'Itália' (CAMILI et al., 2007) e de mamão (CIA, 2005), no retardo da maturação de morango (RIBEIRO, 2005), no aumento da vida útil de pêra (LIN et al., 2008) e de polpa de lichia (DONG et al., 2004), na diminuição da desidratação de maçã minimamente processada (ASSIS & PESSOA, 2004), e na redução do desenvolvimento de microrganismos em cenoura (DURANGO et al., 2006) e alho (BOTREL et al., 2007) minimamente processados.

A quitosana, polissacarídeo obtido da desacetilização da quitina, é capaz de formar filmes semipermeáveis, que podem ser usados como revestimento de frutas e vegetais *in natura* (SILVA, 2007). Filmes e revestimentos à base de quitosana modificam a atmosfera ao redor das frutas evitando alterações físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais, formando um invólucro protetor e atuando como embalagem, aliado ao fato de serem comestíveis e de terem propriedades antifúngicas (RIGO, 2006).

O objetivo deste trabalho foi realizar a avaliação sensorial, instrumental, físico-química e da ocorrência de podridão de maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana, durante o armazenamento à temperatura ambiente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Foram utilizadas maçãs da variedade 'Royal Gala', classificadas como categoria 2, de acordo com a Instrução Normativa nº 5, 09/02/06 do MAPA. As frutas foram produzidas

na região de Fraiburgo, SC (latitude 27° 01' 14,38" S – longitude 50° 55' 42,55" O), fornecidas pela empresa Fischer S/A.

Para o revestimento das frutas foi utilizada quitosana (Sigma-Aldrich, USA) com massa molar média e grau de desacetilação de 90%, e ácido acético glacial (Synth, Brasil).

2.1.1 Preparo do revestimento de quitosana

O revestimento usado nas frutas foi preparado com quitosana 0,2% (m/v) dissolvida em solução de ácido acético 1% (v/v), conforme descrito por Assis & Leoni, (2003).

2.1.2 Preparo das amostras

As maçãs foram colhidas em 13 de fevereiro de 2009, período em que o índice de colheita¹ era compatível com o armazenamento da maçã por período prolongado. As frutas foram imediatamente transportadas à unidade de beneficiamento da empresa, lavadas com solução de hipoclorito de sódio (0,0015%, v/v) e selecionadas manualmente, sendo descartadas aquelas que apresentavam injúrias, deformações, podridões e marcas de ataque de insetos. Posteriormente, as frutas foram conduzidas por fluxo de água para a classificação de acordo com a cor e peso, realizada por sensores eletrônicos com o objetivo de selecionar frutas uniformes e, finalmente, foram acondicionadas em grandes caixas de madeira (*bins*), que comportam aproximadamente 350 a 400Kg de fruta. Frutas de um desses *bins* foram usadas nesse trabalho, tendo sido adicionalmente selecionadas. Lesões mínimas levavam ao descarte das frutas. As maçãs foram então separadas em 3 lotes de 32Kg cada. As frutas do 1º lote foram revestidas com quitosana; as do 2º lote foram imersas em solução de ácido acético 1% (v/v), sendo usadas como branco; e as do 3º lote não receberam qualquer tratamento, e foram usadas como controle.

¹ Usado para determinar o momento ótimo de início da colheita da maçã. Baseia-se em testes capazes de identificar alterações nas características das frutas (índice de iodo-amido, sólidos solúveis, acidez total titulável, firmeza da polpa e cor de fundo da epiderme) (GIRARDI et al., 2004).

O revestimento das frutas foi feito por imersão, com auxílio de suporte metálico com capacidade para 10 frutas. As frutas permaneceram imersas por 1 minuto, seguidas de drenagem e secagem à temperatura ambiente durante 12 horas. O mesmo procedimento foi feito para as maçãs imersas em solução de ácido acético. Após a secagem, maçãs de todos os lotes foram acondicionadas em caixas de papelão, transportadas até o Laboratório de Análise de Alimentos, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas–FCF/UNESP, e armazenadas à temperatura ambiente, simulando as condições de comercialização das frutas para o mercado interno.

2.2 Métodos

Foram realizadas a avaliação sensorial, físico-química, da ocorrência de podridões, da firmeza da polpa e coloração da epiderme das frutas durante 46 dias de estocagem, nos seguintes períodos de tempo: zero (imediatamente após os tratamentos), 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 46 dias (ASTM, 1993).

2.2.1 Avaliação das características físico-químicas

Para as análises físico-químicas foram utilizadas seis frutas, escolhidas aleatoriamente a cada período de análise. As frutas foram trituradas e homogeneizadas em processador de alimentos marca Arno, modelo Trion, tendo sido o pedúnculo e as sementes retirados previamente.

Foi realizada a determinação do teor de sólidos totais utilizando estufa (marca Fabbe-Primar, modelo 170) com circulação de ar a 105 °C, do teor de sólidos solúveis (Refratômetro Carl Zeiss, modelo I), da acidez total titulável, dos açúcares redutores e totais, do ácido ascórbico e do pH (Digimed, modelo DM-22) (AOAC, 1990).

Todas as análises físico-químicas foram efetuadas em triplicata, em cada período de tempo, para cada lote de fruta.

2.2.2 Avaliação da firmeza de polpa e coloração da epiderme

Para análise da cor foi utilizado o colorímetro Minolta, modelo CR-400/410 e foram avaliados os parâmetros L* (luminosidade - branco (máximo) ao preto (mínimo)), a* e b* (cromaticidade - verde(-)/vermelho(+)) e azul(-)/amarelo(+), respectivamente). As leituras foram feitas diretamente sobre a superfície da fruta, na região da maçã que possuía maior extensão de coloração vermelha, utilizando quatro frutas de cada lote durante todo período de estocagem, com medidas em triplicatas.

A firmeza da polpa foi avaliada em texturômetro GUSS, modelo FTA GS 14, usando cinco frutas de cada lote. As medidas foram feitas em dois pontos opostos na região equatorial, com medidas em triplicatas.

2.2.3 Avaliação da ocorrência de podridões

A avaliação da ocorrência de podridões foi realizada por análise visual e expressa em porcentagem de frutas podres dentre as 10 frutas examinadas por período, de cada lote. Foram consideradas podres as frutas que apresentaram manchas com características próprias de crescimento de fungos (SANBUEZA, 2004).

2.2.4 Avaliação sensorial

A avaliação sensorial das maçãs foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial, da FCF/UNESP por uma equipe de 68 julgadores, recrutada mediante uso de questionário contendo perguntas sobre dados pessoais, ocupação, nível de escolaridade, quanto os julgadores gostavam ou desgostavam de maçã *in natura* e frequência de consumo (Figura 1).

O critério adotado para seleção dos julgadores considerou aqueles que consumissem maçã no mínimo uma vez por quinzena e que gostassem no mínimo ligeiramente de maçã. Também foram considerados o interesse e a disponibilidade em participar dos testes sensoriais.

Foi utilizado o teste de aceitação para avaliação da aparência, da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura, usando escala hedônica estruturada de nove pontos (9=gostei muitíssimo; 5=nem gostei nem desgostei; 1=desgostei muitíssimo) (STONE & SIDEL, 1993), e avaliada a intenção de compra usando escala de cinco pontos (5=certamente compraria; 3=tenho dúvida se compraria ou não; 1=certamente não compraria). Foi também solicitado aos julgadores que relatassem o que mais gostaram e menos gostaram na maçã (Figuras 2 e 3).

Para avaliação da aparência, frutas inteiras de cada lote foram dispostas em pratos descartáveis, codificados com números aleatórios de três dígitos, que foram apresentados aos julgadores de forma monádica, em cabinas individuais iluminadas com lâmpada de tungstênio, juntamente com a ficha de avaliação.

Para avaliação da cor, do aroma, do sabor, da textura e da impressão global as maçãs foram fatiadas no sentido longitudinal (16 fatias). As fatias de maçã foram dispostas em pratos descartáveis, codificados com números aleatórios de três dígitos, apresentadas monadicamente, uma fatia de maçã por prato, à temperatura ambiente. A avaliação sensorial foi conduzida em cabinas individuais, iluminadas com lâmpada de tungstênio, tendo ficado à disposição dos julgadores água e biscoito tipo água, para uso antes e entre as amostras de cada lote, e a ficha de avaliação.

Por favor, preencha o questionário com todas as informações solicitadas.

Nome: _____

e-mail: _____

Idade: _____ Sexo: () Feminino () Masculino

Categoria: () Aluno de graduação – Ano _____ () Integral () Noturno
() Aluno de pós-graduação – Ramal _____
() Professor – Ramal _____
() Funcionário – Ramal _____
() Outro _____

Nível de escolaridade: () Ensino fundamental incompleto () Superior incompleto
() Ensino fundamental completo () Superior completo
() Ensino médio incompleto () Pós-graduação incompleto
() Ensino médio completo () Pós-graduação completo

Utilizando a escala abaixo, indique o quanto você gosta ou desgosta de maçã *in natura*:

- (9) Gosto muitíssimo
- (8) Gosto muito
- (7) Gosto moderadamente
- (6) Gosto ligeiramente
- (5) Nem gosto/nem desgosto _____
- (4) Desgosto ligeiramente
- (3) Desgosto moderadamente
- (2) Desgosto muito
- (1) Desgosto muitíssimo

Com que frequência, em média, você consome maçã *in natura*:

- (5) 4 vezes/semana ou mais
- (4) 2 a 3 vezes/semana
- (3) 1 vez/semana _____
- (2) 1 vez/quinzena
- (1) Não consumo

MUITO OBRIGADA!

Figura 1 – Questionário de recrutamento dos julgadores para análise sensorial das maçãs ‘Royal Gala’.

Nome: _____ Data: _____ Amostra nº _____

Observe a amostra de “maçã” e avalie-a com relação à APARÊNCIA, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

O que mais gostou na amostra de “maçã”?

O que menos gostou na amostra de “maçã”?

Assinale, para esta amostra, qual seria sua atitude quanto à compra do produto.

- () eu certamente não compraria este produto
- () eu provavelmente não compraria este produto
- () tenho dúvidas se compraria ou não este produto
- () eu provavelmente compraria este produto
- () eu certamente compraria este produto

Justificativa:

MUITO OBRIGADA PELA COOPERAÇÃO!

Figura 2– Ficha de avaliação sensorial da aparência das maçãs ‘Royal Gala’.

Nome: _____ Data: _____ Amostra nº _____

Observe a amostra de “maçã” e avalie-a com relação à COR, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

Prove a amostra de “maçã” e indique sua IMPRESSÃO GLOBAL, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

Aspire à amostra de “maçã” e avalie-a com relação ao AROMA, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

Prove a amostra de “maçã” e avalie-a com relação ao SABOR, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

Prove a amostra de “maçã” e avalie-a de acordo com a TEXTURA, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

O que mais gostou na amostra de “maçã”?

O que menos gostou na amostra de “maçã”?

Assinale, para esta amostra, qual seria sua atitude quanto à compra do produto.

- () eu certamente não compraria este produto
- () eu provavelmente não compraria este produto
- () tenho dúvidas se compraria ou não este produto
- () eu provavelmente compraria este produto
- () eu certamente compraria este produto

Justificativa:

MUITO OBRIGADA PELA COOPERAÇÃO!

Figura 3 – Ficha de avaliação sensorial da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura das fatias de maçãs ‘Royal Gala’.

2.2.5 Análise estatística

Os resultados obtidos em cada período de tempo estudado foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e tiveram as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (PIMENTEL GOMES, 1987), usando o programa estatístico SAS[®] (2010). Foram, também, realizados gráficos de tendência ao longo da estocagem (ORIGIN[®], 1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação físico-química

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados referentes à avaliação físico-química das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana, usadas como branco e como controle, ao longo do período de estocagem à temperatura ambiente. O conteúdo de sólidos solúveis variou entre 12,0 e 14,0 °Brix para as maçãs revestidas com quitosana, entre 12,0 e 14,1 °Brix para as maçãs usadas como branco e entre 13,0 e 14,0 °Brix para as maçãs usadas como controle. As maçãs revestidas com quitosana apresentaram maior teor de sólidos solúveis ($p \leq 0,05$) somente aos 14 e 42 dias de estocagem, não tendo ocorrido diferença significativa ($p > 0,05$) com relação às frutas usadas como branco aos 14 dias. Apenas aos 28 e 35 dias de estocagem ocorreu diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as frutas de todos os tratamentos (Tabela 1). Ao longo da estocagem foi observado leve aumento no teor de sólidos solúveis nas maçãs revestidas com quitosana e naquelas usadas como branco. Nas frutas controle, que já se encontravam com o conteúdo de sólidos solúveis mais elevado no tempo zero de estocagem (Tabela 1), o teor de sólidos solúveis praticamente se manteve constante, com uma leve tendência de aumento ao longo da estocagem (Figura 4a). O aumento do teor de sólidos solúveis provavelmente foi ocasionado pela desidratação dos frutos. Pode-se afirmar de uma maneira geral que, aparentemente, o conteúdo de sólidos solúveis não foi influenciado pelo tratamento de revestimento da maçã com quitosana.

Poucos estudos estão disponíveis na literatura científica sobre as características físico-químicas de maçã armazenada em temperatura ambiente. Lima et al. (2002) relataram

aumento do teor de sólidos solúveis de maçãs 'Royal Gala' até o 4^o mês de estocagem, quando armazenadas sob refrigeração à temperatura de 0,5 °C por 8 meses. Brackmann et al. (2000) também verificaram aumento do conteúdo de sólidos solúveis de maçãs 'Royal Gala' 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.

Tabela 1 – Médias e desvios-padrão dos parâmetros físico-químicos das maçãs 'Royal Gala' durante a estocagem à temperatura ambiente.

Parâmetros	T	Tempo de estocagem (dias)							
		0	7	14	21	28	35	42	46
SS	A	12,0 ^b ±0,0	13,0 ^b ±0,0	13,5 ^a ±0,1	13,1 ^b ±0,1	13,0 ^c ±0,0	13,2 ^c ±0,0	14,0 ^a ±0,0	13,6 ^b ±0,0
	B	12,0 ^b ±0,0	14,1 ^a ±0,1	13,2 ^{ab} ±0,2	13,3 ^a ±0,1	14,0 ^a ±0,0	14,0 ^a ±0,0	13,7 ^b ±0,1	14,1 ^a ±0,1
	C	14,0 ^a ±0,0	13,3 ^b ±0,2	13,0 ^b ±0,0	13,1 ^b ±0,1	13,3 ^b ±0,1	13,5 ^b ±0,1	13,5 ^b ±0,1	14,0 ^a ±0,0
ATT	A	0,31 ^a ±0,00	0,21 ^b ±0,01	0,20 ^a ±0,01	0,19 ^b ±0,01	0,16 ^b ±0,00	0,16 ^a ±0,00	0,15 ^a ±0,01	0,14 ^b ±0,01
	B	0,32 ^a ±0,01	0,25 ^a ±0,00	0,20 ^a ±0,00	0,21 ^a ±0,01	0,20 ^a ±0,01	0,18 ^a ±0,01	0,15 ^a ±0,01	0,15 ^b ±0,00
	C	0,31 ^a ±0,01	0,21 ^b ±0,01	0,20 ^a ±0,01	0,19 ^b ±0,01	0,18 ^a ±0,01	0,16 ^a ±0,01	0,15 ^a ±0,00	0,16 ^a ±0,00
Ratio	A	38,3 ^b ±0,7	62,9 ^a ±1,8	68,5 ^a ±1,8	67,6 ^{ab} ±1,4	81,3 ^a ±0,0	82,5 ^a ±0,0	91,4 ^a ±3,4	95,0 ^a ±3,7
	B	37,9 ^b ±0,7	56,3 ^b ±0,5	66,0 ^a ±1,0	64,5 ^b ±1,3	71,3 ^b ±4,1	79,3 ^a ±2,6	89,2 ^a ±3,7	94,2 ^a ±0,8
	C	45,2 ^a ±1,5	62,2 ^a ±1,5	66,0 ^a ±0,0	68,8 ^a ±0,6	72,4 ^b ±2,6	84,4 ^a ±6,0	88,4 ^a ±4,0	87,5 ^b ±0,0
pH	A	4,32 ^b ±0,01	4,04 ^a ±0,03	4,24 ^a ±0,12	4,25 ^a ±0,10	4,26 ^{ab} ±0,12	4,28 ^a ±0,08	4,50 ^a ±0,18	4,38 ^a ±0,03
	B	4,29 ^c ±0,00	3,99 ^a ±0,08	4,18 ^a ±0,09	4,29 ^a ±0,12	4,16 ^b ±0,06	4,35 ^a ±0,02	4,41 ^a ±0,09	4,38 ^a ±0,04
	C	4,35 ^a ±0,01	4,04 ^a ±0,09	4,17 ^a ±0,03	4,35 ^a ±0,03	4,32 ^a ±0,05	4,27 ^a ±0,10	4,42 ^a ±0,02	4,29 ^b ±0,06
AR	A	7,3 ^a ±0,2	7,7 ^a ±0,0	8,7 ^a ±0,1	8,4 ^a ±0,2	8,4 ^a ±0,3	8,7 ^b ±0,1	8,8 ^a ±0,7	8,5 ^b ±0,1
	B	6,6 ^b ±0,1	6,2 ^c ±0,1	7,6 ^b ±0,1	7,5 ^b ±0,1	7,7 ^b ±0,1	9,1 ^a ±0,2	8,4 ^a ±0,2	8,1 ^a ±0,1
	C	6,6 ^b ±0,2	7,0 ^b ±0,0	7,5 ^b ±0,2	7,2 ^c ±0,1	8,3 ^a ±0,2	8,4 ^c ±0,0	8,6 ^a ±0,1	8,8 ^a ±0,1
AT	A	10,8 ^a ±0,1	10,3 ^a ±0,1	11,0 ^a ±0,1	10,6 ^a ±0,1	10,3 ^a ±0,2	9,9 ^b ±0,2	10,8 ^a ±0,2	9,5 ^a ±0,1
	B	10,8 ^a ±0,2	8,8 ^c ±0,1	9,4 ^b ±0,1	8,9 ^c ±0,1	8,7 ^b ±0,2	10,8 ^a ±1,0	10,3 ^b ±0,1	9,5 ^a ±0,0
	C	10,0 ^b ±0,1	9,9 ^b ±0,0	9,6 ^b ±0,2	9,4 ^b ±0,1	10,1 ^a ±0,2	9,7 ^b ±0,2	9,4 ^c ±0,2	9,4 ^a ±0,1
ST	A	15,4 ^a ±0,8	15,6 ^b ±0,3	15,3 ^{ab} ±0,2	14,8 ^b ±0,1	14,5 ^b ±0,5	14,2 ^a ±0,7	14,6 ^a ±1,1	14,0 ^b ±0,5
	B	14,0 ^b ±0,1	18,2 ^a ±0,2	16,2 ^a ±0,6	16,1 ^a ±0,2	16,0 ^a ±0,3	14,8 ^a ±0,2	14,5 ^a ±0,1	15,5 ^a ±0,5
	C	14,2 ^{ab} ±0,0	16,1 ^b ±0,1	14,9 ^b ±0,0	14,6 ^b ±0,1	14,8 ^b ±0,9	14,1 ^a ±0,2	15,2 ^a ±0,2	15,5 ^a ±0,1
AA	A	150,8 ^a ±0,1	99,0 ^a ±2,0	85,6 ^a ±0,8	82,3 ^a ±1,0	78,7 ^a ±1,1	78,4 ^a ±1,5	63,8 ^a ±3,5	64,5 ^a ±0,3
	B	144,0 ^a ±6,4	88,4 ^b ±0,3	79,1 ^b ±1,0	82,1 ^a ±0,2	79,1 ^a ±1,8	72,1 ^b ±2,2	58,9 ^b ±0,4	56,1 ^b ±1,9
	C	154,6 ^a ±6,7	82,3 ^c ±0,2	73,4 ^c ±1,9	72,5 ^b ±1,0	76,7 ^a ±0,6	66,3 ^c ±1,5	52,5 ^c ±1,3	56,1 ^b ±1,0

T- Tratamento. (A) Revestidas com quitosana; (B) Usadas como branco; (C) Controle.

Letras minúsculas iguais na mesma coluna, para cada parâmetro analisado, não diferem entre si no teste de Tukey (p<0,05).

SS- Sólidos solúveis (°Brix); ATT- Acidez total titulável (g ácido málico/100g maçã); AR- Açúcares redutores (g glicose/100g maçã); AT- Açúcares totais (g glicose/100g maçã); ST- Sólidos totais (% m/m); AA- Ácido ascórbico (mg/100g maçã).

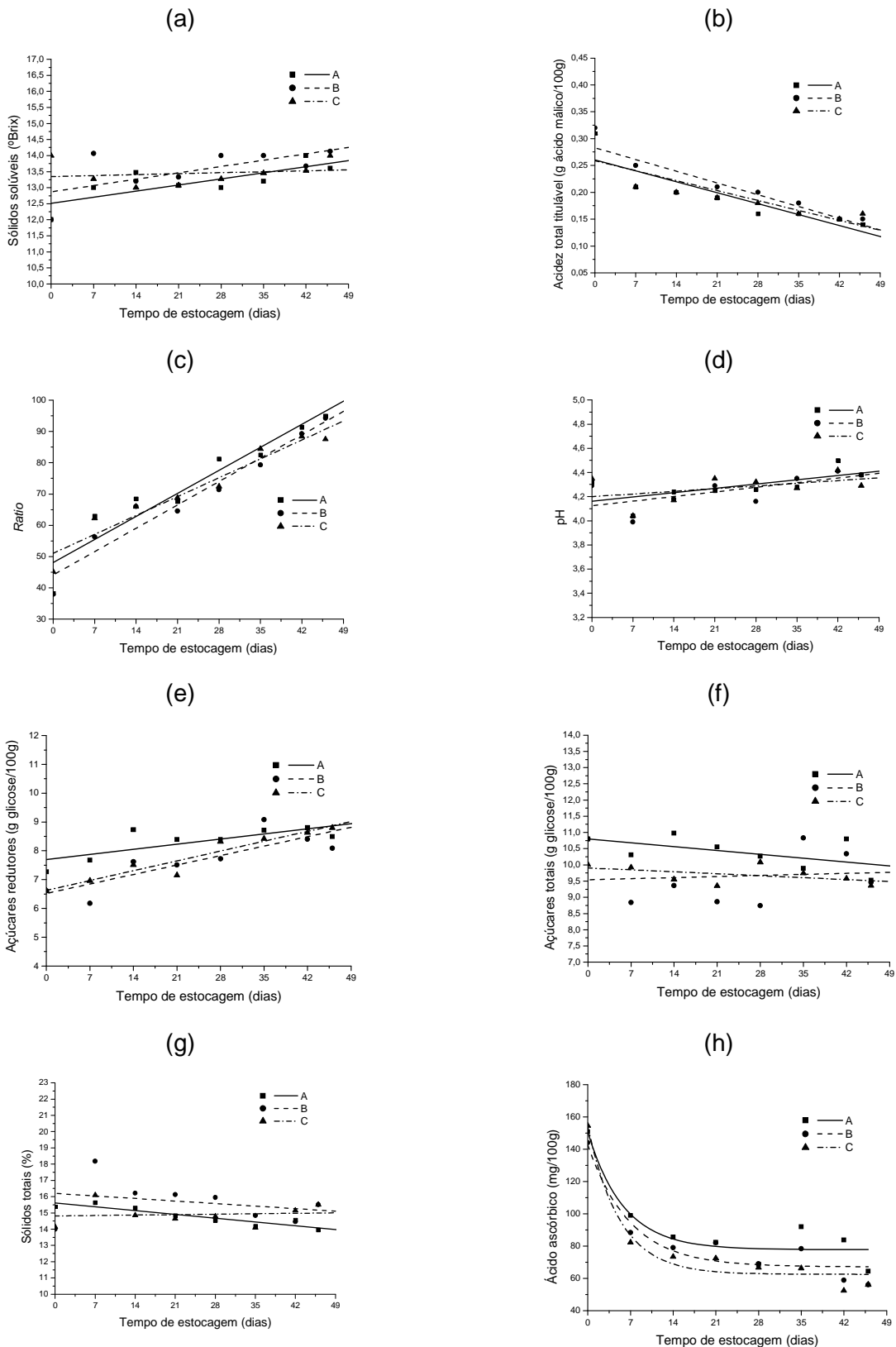


Figura 4 – Gráficos de tendência para (a) teor de sólidos solúveis, (b) teor de acidez total titulável, (c) *ratio*, (d) pH, (e) teor de açúcares redutores, (f) teor de açúcares totais, (g) teor de sólidos totais e (h) teor de ácido ascórbico das maçãs ‘Royal Gala’ revestidas com quitosana (A), usadas como branco (B) e controle (C) durante a estocagem à temperatura ambiente.

Em relação ao conteúdo de acidez total titulável, as maçãs revestidas com quitosana apresentaram valores entre 0,31 e 0,14g ácido málico/100g, enquanto que as usadas como branco e como controle apresentaram variações entre 0,32 e 0,15, e 0,31 e 0,15g ácido málico/100g, respectivamente. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) no conteúdo de acidez total titulável entre as maçãs de todos os tratamentos aos zero, 14, 35 e 42 dias de estocagem (Tabela 1). Houve redução no conteúdo de acidez total titulável de todas as maçãs ao longo da estocagem (Figura 4b). Ferri et al. (2007) verificaram redução da acidez total titulável em maçãs 'Catarina' e 'Fuji' estocadas à temperatura ambiente durante 30 dias. Corrent et al. (2004) também relataram redução da acidez total titulável em maçãs 'Royal Gala' estocadas à temperatura de 0 °C durante 8 meses.

Quanto ao *ratio* as maçãs revestidas com quitosana apresentaram valores entre 38,3 e 95,0, enquanto que as usadas como branco e como controle apresentaram variações entre 37,9 e 94,2, e 45,2 e 88,4, respectivamente. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as maçãs de todos os tratamentos aos 14, 35 e 42 dias de estocagem (Tabela 1). Durante a estocagem, o *ratio* apresentou acentuado aumento, em virtude da elevação dos sólidos solúveis e redução dos teores de acidez (Figura 4c). Na primeira semana de estocagem, o aumento do *ratio* foi de 39,1% para as maçãs revestidas com quitosana, 32,7% para as maçãs usadas como branco e 27,3% para as maçãs controle. Tais aumentos permaneceram praticamente constantes até os 21 dias de estocagem para as maçãs revestidas com quitosana e para aquelas usadas como branco, e até os 28 dias para as utilizadas como controle, passando a ser mais expressivos após este período, da ordem de 22,6, 21,0 e 26,3%, respectivamente, até 42 dias para as maçãs revestidas com quitosana, usadas como branco e como controle, e permanecendo praticamente constantes até o final do período. Ferri et al. (2007) também relataram aumento do *ratio* em maçãs 'Catarina' e 'Fuji' estocadas à temperatura ambiente durante 30 dias.

O pH variou entre 4,04 e 4,50 para as maçãs revestidas com quitosana, entre 3,99 e 4,41 para as maçãs usadas como branco e entre 4,04 e 4,42 para as maçãs usadas como controle. No tempo zero de estocagem, as maçãs de todos os tratamentos diferiram

significativamente ($p \leq 0,05$) entre si em relação ao pH, porém aos 7, 14, 21, 35 e 42 dias de estocagem não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as frutas (Tabela 1). Pequenas variações de pH foram observadas nas maçãs de todos os tratamentos, apesar da redução da acidez total ao longo do período de estocagem. Segundo Fakhouri & Grosso, 2003, essa variação de pH pode ser resultado do efeito tamponante exercido pela presença simultânea de ácidos orgânicos e seus sais. Durante o período de estocagem, as maçãs revestidas com quitosana e aquelas usadas como branco apresentaram aumento do pH mais acentuado do que as usadas como controle (Figura 4d).

O teor de açúcares redutores das maçãs revestidas com quitosana apresentou valores entre 7,3 e 8,8g glicose/100g, das maçãs usadas como branco entre 6,2 e 9,1g glicose/100g e das maçãs usadas como controle entre 6,6 e 8,8g glicose/100g. Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as frutas de todos os tratamentos aos zero, 7, 14, 21, 28, 35 e 46 dias de estocagem (Tabela 1). Na Figura 4e pode ser observado um aumento no teor de açúcares redutores ao longo do tempo nas maçãs de todos os tratamentos. O aumento no teor de açúcares redutores pode ser devido à maturação dos frutos, à perda de água e à hidrólise de polissacarídeos, hemicelulose e substâncias pécticas da parede celular (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Lima et al. (2002) relataram aumento do teor de açúcares redutores de maçãs 'Royal Gala' após o 2^o mês de estocagem, quando armazenadas sob atmosfera controlada à temperatura de 0,5 °C por 8 meses.

O teor de açúcares totais das maçãs revestidas com quitosana variou entre 9,5 e 11,0g glicose/100g, enquanto que as usadas como branco e como controle apresentaram variações entre 8,7 e 10,8, e 9,4 e 10,1g glicose/100g, respectivamente. Só não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as maçãs de todos os tratamentos aos 46 dias de estocagem (Tabela 1). As maçãs revestidas com quitosana e aquelas usadas como controle apresentaram comportamento semelhante, revelando tendência de redução durante a estocagem. Nas maçãs usadas como branco houve uma discreta elevação dos açúcares totais com o tempo de estocagem (Figura 4f).

Os resultados do teor de sólidos totais indicaram pequena variação durante o período de estocagem, de 15,6 a 14,0% (m/m) para as maçãs revestidas com quitosana, de 18,2 a 14,0% (m/m) para as maçãs usadas como branco e de 16,1 a 14,1% (m/m) para as maçãs controle. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) no teor de sólidos totais das maçãs de todos os tratamentos apenas aos 35 e 42 dias de estocagem (Tabela 1). Pode ser verificado pela Figura 4g que as maçãs usadas como controle apresentaram teor de sólidos totais com leve tendência de aumento, indicando que houve perda de umidade durante os 46 dias de estocagem à temperatura ambiente. As maçãs usadas como branco e aquelas revestidas com quitosana apresentaram redução do teor de sólidos totais, indicando que a umidade praticamente foi mantida no período, sob as mesmas condições de estocagem. Vale ressaltar que as maçãs tratadas com revestimento de quitosana tiveram menor perda de água ao longo da estocagem.

Em relação ao teor de ácido ascórbico, os valores indicaram variação para as maçãs revestidas com quitosana entre 150,8 e 63,8mg ácido ascórbico/100g, enquanto que as usadas como branco e como controle apresentaram variações entre 144,0 e 56,1, e 154,6 e 52,5mg ácido ascórbico/100g, respectivamente. Só não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as maçãs em relação ao teor de ácido ascórbico nos tempos zero e 28 dias de estocagem. Nos demais períodos a maçã revestida com quitosana apresentou conteúdo de ácido ascórbico mais elevado ($p\leq 0,05$). Aos 7 dias de estocagem, as maçãs revestidas com quitosana e aquelas usadas como branco apresentaram perdas de 34,4% e 38,6% no teor de ácido ascórbico, respectivamente, enquanto que as maçãs usadas como controle apresentaram perdas de 46,8%. As maçãs usadas como controle atingiram perdas superiores a 50% já aos 14 dias de estocagem, enquanto nas maçãs revestidas com quitosana e frutas branco a perda de ácido ascórbico atingiu 50% só aos 42 dias de estocagem (Tabela 1). A variação do ácido ascórbico foi ajustada usando a curva de decaimento exponencial de 1ª ordem, do tipo $y = y_0 + A_1 e^{(-x/t)_1}$. As maçãs revestidas com quitosana apresentaram menor queda ao longo da estocagem, o que indica que o revestimento de quitosana pode estar atuando para minimizar as perdas de ácido ascórbico

(Figura 4h) que é muito influenciada pelas condições de estocagem (TEIXEIRA & MONTEIRO, 2006). Atarassi et al. (2006), também constataram diminuição do teor de ácido ascórbico em tangerina 'Ponkan' revestida com cera, armazenada em temperatura ambiente durante 14 dias.

3.2 Avaliação da firmeza de polpa e coloração da epiderme

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados referentes à avaliação da firmeza da polpa das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana, usadas como branco e como controle ao longo do período de estocagem à temperatura ambiente.

Tabela 2 - Médias e desvios-padrão da firmeza da polpa das maçãs 'Royal Gala' durante a estocagem à temperatura ambiente.

Tratamento	Tempo de estocagem (dias)					
	0	7	14	21	28	35
	Firmeza da polpa (N)					
A	90,8 ^a ±3,6	82,5 ^a ±4,6	73,3 ^b ±4,8	75,0 ^a ±6,3	68,1 ^{ab} ±6,6	64,6 ^a ±4,0
B	90,9 ^a ±5,2	84,1 ^a ±4,6	77,6 ^a ±3,8	77,6 ^a ±5,8	72,9 ^a ±8,8	65,3 ^a ±5,9
C	95,7 ^a ±4,5	88,1 ^a ±5,2	80,6 ^a ±4,5	75,4 ^a ±6,3	65,3 ^b ±4,3	55,5 ^b ±7,4

(A) Revestidas com quitosana; (B) Usadas como branco; (C) Controle.

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si no teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Ocorreu redução gradual da firmeza da polpa das maçãs de todos os tratamentos durante o período de estocagem. A firmeza da polpa variou entre 90,8 e 64,6 N para as maçãs revestidas com quitosana, entre 90,9 e 65,3 N para as maçãs usadas como branco e entre 95,7 e 55,5 N para as maçãs usadas como controle. Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) na firmeza da polpa das maçãs de todos os tratamentos aos 14, 28 e 35 dias de estocagem (Tabela 2). Embora a firmeza das frutas controle tenha sido mais elevada do que a das frutas branco e das frutas revestidas com quitosana desde o início da estocagem, aos 28 dias as frutas controle apresentaram redução acentuada na firmeza da polpa, que foi mantida até os 35 dias de estocagem à temperatura ambiente. Ainda na Tabela 2, observa-se que as maçãs usadas como controle apresentaram valores de firmeza da polpa inferiores a 60,0 N aos 35 dias de estocagem. Segundo Corrent et al. (2004), o mínimo de firmeza de

polpa considerado adequado para consumo e comercialização de maçãs 'Royal Gala' é de 60,0 N.

As frutas só foram avaliadas até 35 dias de estocagem, pois após esse período apresentaram grau de deterioração (ZANIN, 2009).

Na Figura 5 estão apresentados os valores de luminosidade (L^*), razão b^*/a^* e variação de cor (ΔE^*) das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana, usadas como branco e como controle, ao longo do tempo de estocagem.

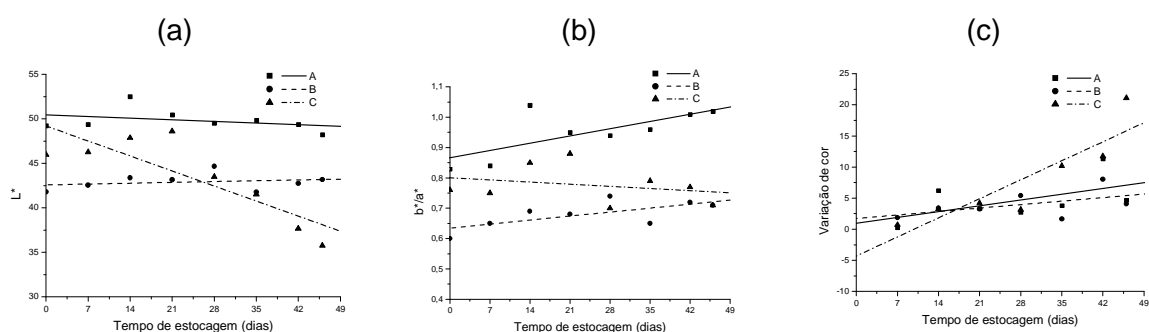


Figura 5 – Gráficos de tendência para a cor da epiderme das maçãs 'Royal Gala' (A) revestidas com quitosana, (B) usadas como branco e (C) controle durante a estocagem à temperatura ambiente. (a) L^* (luminosidade), (b) razão de b^*/a^* e (c) variação de cor (ΔE^*).

Os valores de L^* para as maçãs revestidas com quitosana e para as maçãs usadas como branco apresentaram pouca variação ao longo do tempo, enquanto que as frutas controle apresentaram tendência acentuada de queda na luminosidade já a partir dos 21 dias de estocagem. Como L^* varia do branco (máximo) ao preto (mínimo), a queda nos valores de L^* das maçãs controle indicou que as frutas ficaram mais escuras, o que também foi possível comprovar visualmente, pelo aparecimento de podridão. Também é possível observar que os valores de L^* das maçãs revestidas com filmes de quitosana foram superiores aos das frutas dos demais tratamentos, indicando que as frutas revestidas com quitosana apresentaram mais brilho (Figura 5a).

O aumento da razão b^*/a^* é indicativo do processo de amadurecimento, devido à mudança de cor causada pela senescência (FAKHOURI & GROSSO, 2003). As maçãs revestidas com quitosana e usadas como branco apresentaram aumento da razão b^*/a^* ao

longo do tempo, indicando amadurecimento da fruta. O revestimento com quitosana intensificou a cor das maçãs, conforme constatado pelos valores mais altos da razão b^*/a^* das maçãs revestidas com quitosana, em todos os períodos. As maçãs controle apresentaram queda da razão b^*/a^* devido ao aparecimento de áreas escuras (Figura 5b). Ferri et al. (2007) relataram aumento da cor amarela (b^*) em maçãs 'Catarina' e 'Fuji' estocadas à temperatura ambiente durante 30 dias.

A variação de cor (ΔE^*) foi calculada por $\Delta E^*=[(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]^{0.5}$ (MACDOUGALL, 2002), nos diversos períodos de tempo, sempre em relação aos valores obtidos no primeiro dia de estocagem, para cada tratamento (Figura 5c). Os valores de ΔE^* aumentaram de forma expressiva nas maçãs usadas como controle, indicando amadurecimento mais rápido no período. Por outro lado, as maçãs revestidas com quitosana e as usadas como branco apresentaram aumento menos expressivo nos valores de ΔE^* , indicando retardo no amadurecimento.

3.3 Avaliação da ocorrência de podridão

A avaliação da ocorrência de podridão das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana, usadas como branco e controle, durante a estocagem à temperatura ambiente, revelou que só houve desenvolvimento do fungo *Pezizula malicorticis* (podridão olho-de-boi) nas maçãs controle aos 46 dias de estocagem, quando 10% das frutas foram afetadas. Em relação ao patógeno *Glomerella cingulata* (podridão amarga), apenas as maçãs usadas como branco mostraram desenvolvimento aos 14, 28, 35 e 42 dias de estocagem, num nível de 10% a cada período. O crescimento dos fungos *Penicillium expansum* (podridão azul) foi da ordem de 10% nas frutas usadas como branco aos 21 dias de estocagem e de 10 e 20% aos 14 e 42 dias de estocagem, respectivamente, nas frutas revestidas com quitosana. O fungo *Botrytis cinerea* (podridão cinza) ocorreu nas frutas de todos os tratamentos, com 10% de crescimento nas frutas usadas como branco aos 21 e 42 dias de estocagem e naquelas revestidas com quitosana aos 28, 35 e 42 dias de estocagem, e também com 10% de crescimento nas frutas controle aos 42 dias de estocagem (Figura 6).

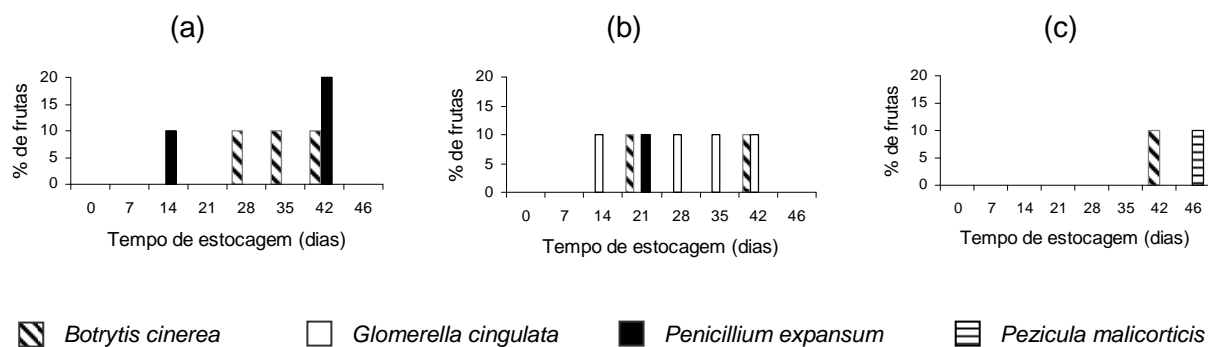


Figura 6 – Distribuição da ocorrência de podridão nas maçãs ‘Royal Gala’ (a) revestidas com quitosana, (b) usadas como branco e (c) controle, durante a estocagem à temperatura ambiente, expressa em porcentagem.

3.4 Avaliação Sensorial

A equipe que participou da avaliação sensorial foi composta por 68 julgadores, sendo 68% do sexo feminino e 32% do sexo masculino (Figura 7a). A maioria dos julgadores (58 %) tinha idade entre 20 e 29 anos, 16% tinham idade entre 40 e 49 anos, 10% entre 30 e 39 anos, 9% entre 17 e 19 anos e 7% entre 50 e 59 anos de idade (Figura 7b).

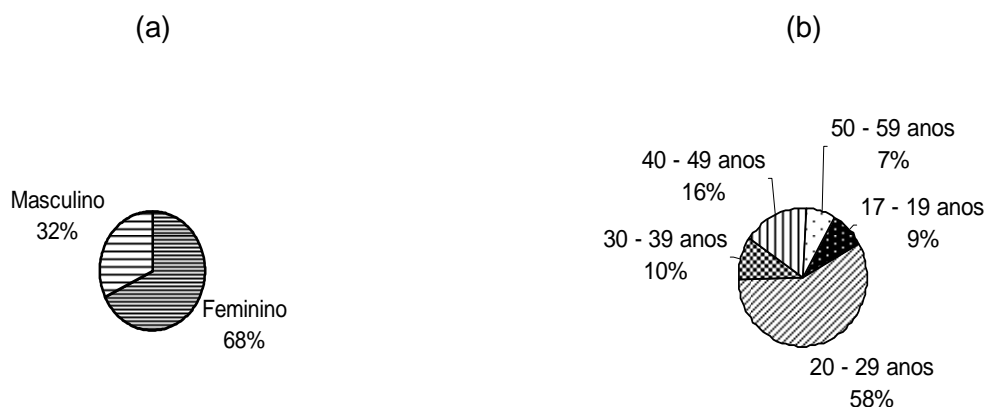


Figura 7 – Distribuição dos julgadores por (a) sexo e (b) idade.

Os julgadores foram recrutados dentre os alunos de graduação (39%), pós-graduação (28%), funcionários (22%), professores (4%) e estagiários ou alunos de pós-doutorado (7%) da FCF/UNESP, Araraquara, SP (Figura 8a). Quanto ao nível de escolaridade, 48% cursavam o ensino superior e 21% a pós-graduação. Possuíam o curso

de pós-graduação, ensino superior e ensino médio concluídos 15, 6 e 7%, respectivamente. Apenas 3% possuíam ensino médio incompleto (Figura 8b).

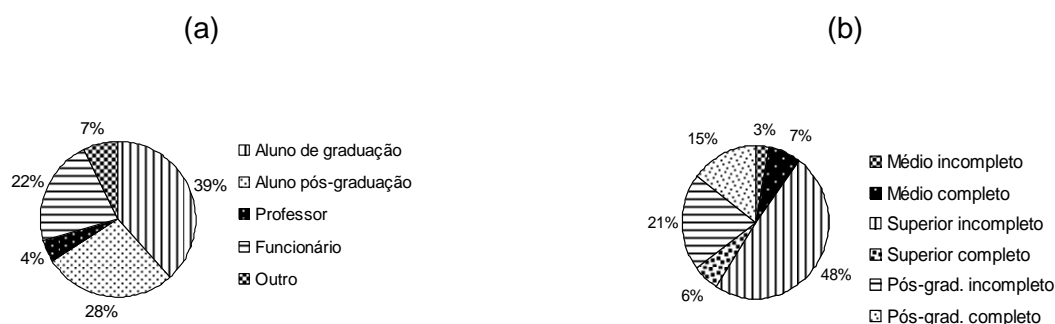


Figura 8 – Distribuição dos julgadores por (a) categoria e (b) nível de escolaridade.

Dezoito por cento dos julgadores responderam gostar muitíssimo, 31% responderam gostar muito, 38% responderam gostar moderadamente e 13% responderam gostar ligeiramente de maçã *in natura* (Figura 9a). Quanto à frequência de consumo, 38% dos julgadores relataram consumir maçã duas a três vezes por semana, 35% uma vez por semana, 16% uma vez por quinzena e 10% quatro vezes por semana ou mais (Figura 9b).

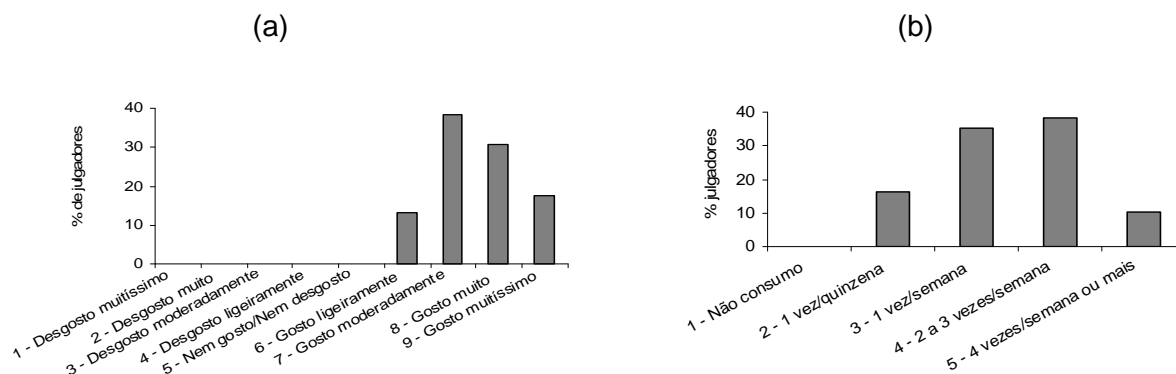


Figura 9 – Distribuição da frequência (a) do quanto cada julgador gostava de maçã *in natura* e (b) de consumo de maçã *in natura* pelos julgadores.

Estão apresentadas na Tabela 3 as médias de aceitação obtidas na avaliação sensorial das maçãs ‘Royal Gala’ revestidas com quitosana, usadas como branco e como controle, ao longo da estocagem à temperatura ambiente. As avaliações foram interrompidas aos 35 dias de estocagem ao invés do planejado, pois foram obtidas médias

de aceitação inferiores à nota de corte. A nota de corte (5,0) utilizada para aceitação foi adotada conforme STONE & SIDEL (1993). Houve redução das médias de aceitação da aparência das frutas ao longo do tempo. Maçãs revestidas com quitosana e aquelas usadas como controle apresentaram aceitação superior à nota de corte até 28 dias de estocagem e as frutas usadas como branco até 21 dias. Só não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as frutas de todos os tratamentos aos 14 dias de estocagem. Aos 35 dias, as frutas revestidas com quitosana apresentaram média de aceitação da aparência superior ($p\leq 0,05$) à maçã controle, embora ambas tenham apresentado aceitação inferior à nota de corte (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias e desvios-padrão de aceitação dos atributos avaliados na análise sensorial das maçãs 'Royal Gala' durante estocagem à temperatura ambiente.

		Tempo de estocagem (dias)					
Atributos	T	0	7	14	21	28	35
Aparência	A	6,43 ^b ±1,58	7,29 ^a ±1,25	6,90 ^a ±1,48	5,26 ^c ±1,96	5,47 ^b ±2,00	4,88 ^a ±2,03
	B	7,53 ^a ±1,22	6,29 ^b ±1,68	7,15 ^a ±1,39	6,48 ^a ±1,64	4,15 ^c ±1,97	-
	C	7,63 ^a ±1,08	7,29 ^a ±1,71	6,68 ^a ±1,58	5,95 ^b ±1,84	6,19 ^a ±1,75	3,62 ^b ±2,18
Cor	A	6,50 ^a ±1,63	6,91 ^a ±1,59	6,69 ^a ±1,75	6,07 ^b ±2,15	6,34 ^a ±1,94	6,00 ^b ±1,89
	B	6,91 ^a ±1,76	6,66 ^a ±1,75	6,88 ^a ±1,54	6,65 ^{ab} ±1,85	6,25 ^a ±1,75	6,62 ^a ±1,58
	C	6,93 ^a ±1,52	6,65 ^a ±1,77	6,60 ^a ±1,81	6,91 ^a ±1,52	5,59 ^b ±1,96	6,35 ^{ab} ±1,78
Impressão Global	A	6,69 ^a ±1,57	6,62 ^a ±1,77	6,31 ^b ±1,78	6,19 ^a ±1,70	6,13 ^a ±1,70	5,47 ^a ±1,97
	B	6,97 ^a ±1,46	6,54 ^a ±1,55	7,10 ^a ±1,36	6,38 ^a ±1,67	5,57 ^b ±1,97	5,94 ^a ±1,98
	C	6,94 ^a ±1,42	6,54 ^a ±1,55	6,56 ^b ±1,69	6,48 ^a ±1,67	5,10 ^b ±1,86	5,72 ^a ±2,01
Aroma	A	6,41 ^a ±1,53	6,51 ^a ±1,49	6,37 ^a ±1,53	6,12 ^a ±1,69	6,32 ^a ±1,59	5,81 ^a ±1,60
	B	6,54 ^a ±1,51	6,45 ^a ±1,62	6,68 ^a ±1,46	6,34 ^a ±1,49	5,53 ^b ±1,60	5,83 ^a ±1,66
	C	6,51 ^a ±1,30	6,43 ^a ±1,33	6,29 ^a ±1,61	6,35 ^a ±1,48	5,60 ^b ±1,73	5,90 ^a ±1,69
Sabor	A	6,69 ^b ±1,69	6,53 ^a ±1,80	6,22 ^b ±1,82	5,94 ^a ±2,05	6,22 ^a ±1,75	5,22 ^a ±2,05
	B	7,12 ^{ab} ±1,58	6,68 ^a ±1,64	7,22 ^a ±1,45	6,45 ^a ±1,62	5,31 ^b ±2,02	5,60 ^a ±2,00
	C	7,29 ^a ±1,26	6,63 ^a ±1,58	6,59 ^b ±1,93	6,28 ^a ±1,75	5,07 ^b ±2,14	5,48 ^a ±2,07
Textura	A	6,98 ^a ±1,56	6,22 ^a ±1,94	5,72 ^b ±1,95	5,60 ^a ±2,21	5,81 ^a ±1,96	4,62±2,19
	B	7,28 ^a ±1,60	6,44 ^a ±1,89	7,01 ^a ±1,66	5,79 ^a ±1,89	4,57 ^b ±1,98	-
	C	7,23 ^a ±1,61	6,44 ^a ±1,82	6,15 ^b ±2,04	5,88 ^a ±2,11	4,57 ^b ±2,11	-

T- Tratamentos; A- Revestidas com quitosana; B- Usadas como branco; C- Controle.

Letras minúsculas iguais na mesma coluna, para cada atributo analisado, não diferem entre si no teste de Tukey ($p\leq 0,05$).

As médias de aceitação da cor das maçãs de todos os tratamentos foram superiores a 6,0 do início ao fim da estocagem. Não houve diferença significativa ($p>0,05$), entre maçãs de todos os tratamentos até 14 dias de estocagem. Houve redução na aceitação da impressão global, do aroma e do sabor ao longo da estocagem para as maçãs de todos os tratamentos, embora médias de aceitação superiores a 5,0 tenham sido obtidas durante todo o período. Houve redução na aceitação da textura das frutas ao longo da

estocagem, com médias de aceitação superiores a 5,0 até 28 dias de estocagem somente para as maçãs revestidas com quitosana (Tabela 3). A textura foi considerada o atributo sensorial mais importante para a aceitação das maçãs. A perda da textura característica da maçã foi relacionada à perda da crocância da fruta, indicando que as frutas apresentavam menos frescor, o que levava à rejeição imediata.

Dentre os comentários espontâneos dos julgadores, a aparência foi o relato mais constante. Até 14 dias de estocagem as maçãs de todos os tratamentos tiveram de 12-16% de comentários satisfatórios de “aparência de fresca/saudável” e de 8-11% de “firmeza boa”. Durante todo o período de estocagem (0 a 35 dias), outro relato, também presente, foi sobre a coloração da casca da maçã. As maçãs de todos os tratamentos tiveram de 45-68% de relatos de “mais gostou” na maçã de coloração vermelha, porém também tiveram de 22-41% de relatos de que não gostaram da “parte amarela da maçã”. Embora a maioria dos julgadores tivesse relatado que a coloração da casca não era integralmente vermelha, conforme desejado, essa não é uma característica da maçã ‘Royal Gala’, que possui epiderme vermelho-rajada sobre fundo amarelo que pode apresentar pequenas manchas esverdeadas ou amareladas. Nos últimos períodos estudados, 28 e 35 dias de estocagem, houve uma alta frequência de comentários sobre a aparência externa “murcha” das frutas de todos os tratamentos, que desagradava os julgadores. As maçãs revestidas com quitosana tiveram relatos de 53% dos julgadores de “aparência de fruta murcha”, enquanto que as maçãs controle tiveram 65% de “aspecto enrugado/murcha”. Já as maçãs usadas como branco tiveram 85% de relatos como “aparência envelhecida/enrugada/murcha” e como “maçã perdeu muita água”, aos 28 dias de estocagem. Os comentários sobre a textura confirmaram os resultados da aceitação, já que uma elevada porcentagem de julgadores relatava que a textura crocante era o que eles mais gostavam. Nos períodos de 0 a 21 dias de estocagem, os comentários dos julgadores foram satisfatórios quanto à textura e ao sabor. Para as maçãs revestidas com quitosana 31-42% dos julgadores relataram “textura crocante” e “sabor suculento”, enquanto que as maçãs usadas como branco e controle tiveram 31-48% e 35-39%, respectivamente, de tais relatos. Aos 28 dias de estocagem, os

comentários negativos dos julgadores sobre a textura da maçã foram de 75 e 71%, respectivamente, para as maçãs usadas como branco e controle como “textura esponjosa”, “textura horrível”, “textura farinhenta” e “falta crocância”. Para as maçãs revestidas com quitosana, aos 35 dias, os relatos sobre a textura foram de 59% dos julgadores. Por outro lado, não foi observado qualquer relato sobre sabor estranho nas maçãs revestidas com quitosana, durante todos os períodos de avaliação pela equipe de julgadores.

A atitude de compra para a aparência das maçãs teve maior porcentagem (> 40%) de respostas entre “provavelmente e certamente compraria” até 14 dias de estocagem para as maçãs revestidas com quitosana, até 21 dias para as maçãs usadas com branco e até 28 dias para as maçãs controle. Aos 28 dias de estocagem 69,1% dos julgadores tiveram atitude de compra entre “provavelmente e certamente não compraria” para as maçãs usadas como branco, e para as maçãs revestidas com quitosana e controle, 47,1% e 72,1% dos julgadores, respectivamente, aos 35 dias de estocagem. Vale ressaltar que as maçãs revestidas com quitosana tiveram 35,3% dos julgadores com intenção de compra na região de dúvida aos 35 dias de estocagem (Figura 10).

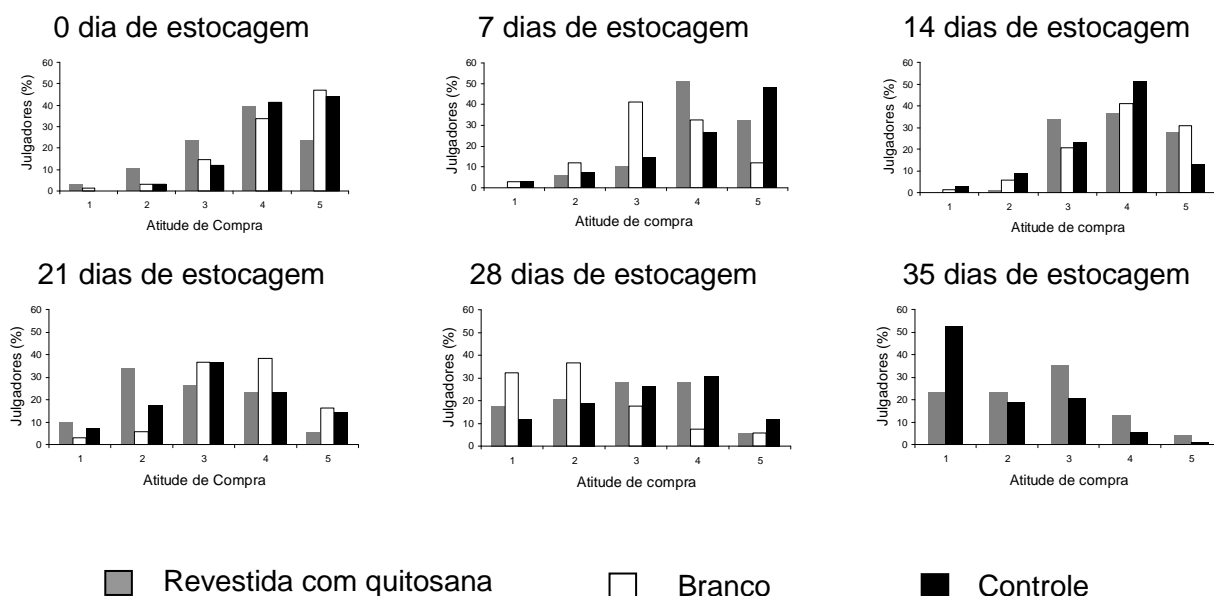


Figura 10 - Histogramas de atitude de compra dos julgadores para a aparência das maçãs ‘Royal Gala’ revestidas com quitosana, usadas como branco e controle. (1=certamente não compraria o produto; 2=provavelmente não compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente compraria o produto; 5=certamente compraria o produto).

A atitude de compra da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura teve avaliação semelhante à atitude de compra da aparência. As maçãs usadas como branco tiveram maior porcentagem (> 40%) de respostas entre “provavelmente e certamente compraria” até 14 dias de estocagem, as maçãs controle até 21 dias e as maçãs revestidas com quitosana até 28 dias. Aos 21 dias de estocagem, a intenção de compra teve 36,8% e 35,3% de respostas na região de dúvida, para as maçãs controle e maçãs usadas como branco, respectivamente e 38,2% para as maçãs revestidas com quitosana aos 35 dias de estocagem. Aos 28 dias de estocagem 58,8% e 47,1% de respostas teve atitude de compra entre “provavelmente e certamente não compraria” para as maçãs controle e maçãs branco, respectivamente, e 39,7% para as maçãs revestidas com quitosana, aos 35 dias de estocagem (Figura 11).

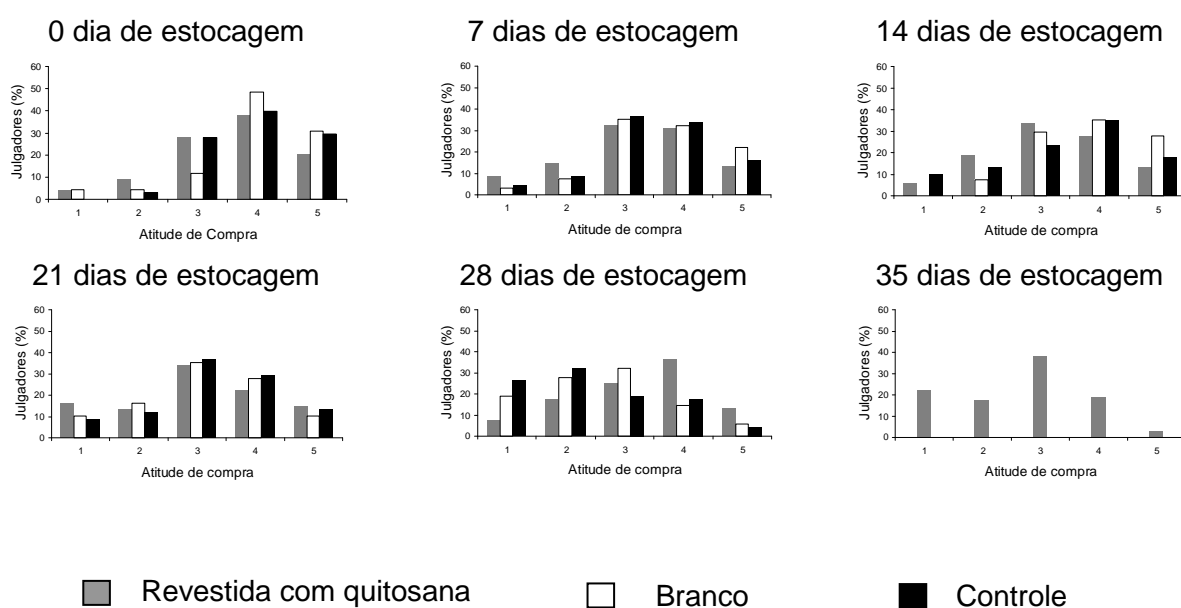


Figura 11 - Histogramas de atitude de compra dos julgadores para cor, impressão global, aroma, sabor e textura das maçãs ‘Royal Gala’ revestidas com quitosana, usadas como branco e controle. (1=certamente não compraria o produto; 2=provavelmente não compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente compraria o produto; 5=certamente compraria o produto).

4. CONCLUSÕES

O emprego do revestimento de quitosana retardou a maturação das frutas e

atenuou perdas de firmeza da polpa, quando comparado às frutas controle, foi efetivo na redução de perdas de ácido ascórbico e da perda de água, e apresentou menor variação de açúcares redutores ao longo da estocagem, quando comparado às frutas dos demais tratamentos. As maçãs revestidas com quitosana também apresentaram luminosidade mais elevada, indicando que o revestimento de quitosana intensificou o brilho. A ocorrência de podridões foi pouco expressiva nas maçãs.

A aceitação da aparência, da cor, da impressão global, do aroma e do sabor das frutas não apresentou grande variação ao longo da estocagem à temperatura ambiente, indicando que o revestimento de quitosana praticamente não provocou alteração na aceitação da fruta. A textura foi considerada o atributo mais importante para a aceitação da maçã. Maçãs revestidas com quitosana foram aceitas até 28 dias de estocagem, enquanto as maçãs controle e branco foram aceitas até 21 dias de estocagem, indicando que o revestimento de quitosana estendeu a aceitação das frutas em no mínimo 7 dias.

A atitude de compra relativa à cor, à impressão global, ao aroma, ao sabor e à textura apresentou deslocamento das notas para níveis inferiores ao longo do período de estocagem para todas as frutas. As maçãs controle e branco tiveram maior porcentagem de julgadores na região de dúvida aos 21 dias de estocagem, enquanto que as maçãs revestidas com quitosana aos 35 dias. A atitude de compra da aparência das frutas também apresentou deslocamento das notas para níveis inferiores durante o período de estocagem. As maçãs controle tiveram maior porcentagem de julgadores entre “provavelmente e certamente não compraria” no final da estocagem, o que já havia ocorrido com as maçãs usadas como branco aos 28 dias, enquanto que as maçãs revestidas com quitosana tiveram maior porcentagem de julgadores na região de dúvida no final do período.

COMITÊ DE ÉTICA

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FCF/UNESP (Protocolo nº 05/2009 e Parecer nº 35/2009) por estar de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa concedida.

À Embrapa Instrumentação Agropecuária de São Carlos, SP pelo apoio técnico e programa estatístico SAS[®] usado nos resultados deste trabalho.

Ao Dr. Odílio Benedito Garrido de Assis pelo incentivo e fornecimento da quitosana (Sigma-Aldrich) e uso do colorímetro Minolta.

À Jackeline Salmeirão de Rizzo pela colaboração no revestimento das maçãs e nas análises de cor.

À empresa Fischer S/A pelo fornecimento das maçãs 'Royal Gala', avaliação da ocorrência de podridões e firmeza da polpa das maçãs.

REFERÊNCIAS

ASSIS, O. B. G.; LEONI, A. M. Filmes comestíveis de quitosana. **Biociência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 1, 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. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 17-22, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington, D.C., 1990. p. 910-928.

ASTM. **Standard guide for the shelf life determination of consumer products by sensory evaluation**. Philadelphia, 1993. 10 p. (ASTM 18.06.07).

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.

BERTAN, I. C. **Desenvolvimento e caracterização de filmes simples e compostos a base de gelatina, ácidos graxos e breu branco**. 2003. 157 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M.; PEREIRA, R. M.; FONTES, E. A. F. Qualidade de alho (*Allium sativum*) minimamente processado envolvido com revestimento comestível antimicrobiano. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 32-38, 2007.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; NEUWALD, D. A.; MELLO, A. M. Armazenamento de maçã 'Royal Gala' sob diferentes concentrações de etileno. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6, n. 1, p. 39-41, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº5, de 9 de fevereiro de 2006. Regulamento técnico de identidade e qualidade da maçã. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 fev. 2006.

CAMILI, E. C.; BENATO, E. A.; PASCHOLATI, S. F.; CIA, P. Avaliação de quitosana, aplicada em pós-colheita, na proteção de uva 'Itália' contra *Botrytis cinerea*. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 215-221, 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEFE, 1990. 320 p.

CIA, P. **Avaliação de agentes bióticos e abióticos na indução de resistência e no controle pós-colheita da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em mamão (*Carica papaya*)**. 2005. 197 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CORRENT, A. R.; PARUSSOLO, A.; GIRARDI, C. L.; ROMBALDI, C. V. Efeito do 1-metilciclopropeno na conservação de maçãs 'Royal Gala' em ar refrigerado e atmosfera controlada. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 217-221, 2004.

DONG, H.; CHENG, L.; TAN, J.; ZHENG, K.; JIANG, Y. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. **Journal of Food Engineering**, Califórnia, v. 64, n. 3, p. 355-358, 2004.

DURANGO, A. M.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J. Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. **Food Control**, v. 17, n. 5, p. 336-341, 2006.

FAKHOURI, F. M.; GROSSO, C. Efeito de coberturas comestíveis na vida útil de goiabas *in natura* (*Psidium guajava* L.) mantidas sob refrigeração. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 203-211, 2003.

FERRI, V. C.; RISTOW, N. C.; SILVA, P. R.; PEGORARO, C.; FERRAREZE, J. P. Uso do composto fenólico natural de resveratrol para a manutenção da qualidade em pós-colheita de maçã 'Catarina' e 'Fuji' mantidas em temperatura ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 1, 2007, Porto Alegre, RS. **Anais...** v. 2, p. 698-702.

GIRARDI, C. L.; BRACKMANN, A.; PARUSSOLO, A. Colheita e armazenamento. In: NACHTIGALL, G. R. **Maçã produção**. Brasília – DF: Embrapa informação tecnológica, 2004. Cap 14, p. 148-154.

LIMA, L. C.; BRACKMANN, A.; CHITARRA, M. I. F.; BOAS, E. V. B. V.; Características de qualidade da maçã 'Royal Gala' armazenada sob refrigeração e atmosfera controlada. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 354-361, 2002.

LIN, L.; WANG, B.; WANG, M.; CAO, J.; ZHANG, J.; WU, Y.; JIANG, W. Effects a chitosan-based coating with ascorbic acid on post-harvest quality and core browning 'Yali' pears (*Pyrus bertschneideri* Rehd). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Liverpool, v. 88, n. 5, p. 877-884, 2008.

MACDOUGALL, D. B. **Colour in food**. New York: CRC Press, 2002. 378 p.

MICROCAL SOFTWARE INC. ORIGIN®: Version 5.0. [S. l.], 1997.

PIMENTEL GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. 3 ed. Rev. e

ampl. Piracicaba: Potafotos, 1987. 162 p.

RIBEIRO, C. M. C. P. **Estudo de estratégias para a valorização industrial do morango.** 2005. 91 f. Tese (Mestrado em Biotecnologia) - Departamento de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Braga, 2005.

RIGO, L. N. **Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis.** 2006. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2006.

SANBUEZA, R. M. V. Colheita e armazenamento. In: NACHTIGALL, G. R. **Maçã produção.** Brasília – DF: Embrapa informação tecnológica, 2004. Cap. 11, p. 116-134.

SAS®. Institute **SAS user's guide: Statistics Inst.** Cary, N. C., 2010.

SILVA, A. C. **Produção de quitina e quitosana em cultura submersa de *Rhizopus arrhizus* nos meios milho e sintético para mucorales.** 2007. 93 f. Dissertação (Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2007.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices.** 2nd ed. London: Academic Press, 1993. 338 p.

TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Degradação da vitamina C em suco de fruta. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 17, n. 2, p. 219-227, 2006.

ZANIN, S. R. Engenheiro Agrônomo da empresa Fischer S/A (comunicação pessoal, 15 de abril de 2009).

CAPÍTULO 3

**ESTABILIDADE DE MAÇÃ 'ROYAL GALA' REVESTIDA COM
FILME DE QUITOSANA, ESTOCADA EM ATMOSFERA
CONTROLADA À BAIXA TEMPERATURA**

ESTABILIDADE DE MAÇÃ 'ROYAL GALA' REVESTIDA COM QUITOSANA, ESTOCADA EM ATMOSFERA CONTROLADA À BAIXA TEMPERATURA

Paula Canonico Silva Jorge¹, Natália Soares Janzantti¹, Magali Monteiro¹

¹Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP.

Rodovia Araraquara-Jaú, Km 01, CP. 502, Araraquara, SP, 14801-902.

paulajorge@gmail.com; monteiro@fcfar.unesp.br.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar maçãs revestidas com quitosana, durante 6 meses de armazenamento sob atmosfera controlada e baixa temperatura, simulando as condições de estocagem das frutas para o mercado externo, seguido de armazenamento por 30 dias em atmosfera ambiente e baixa temperatura, visando simular o transporte das frutas para o mercado consumidor no exterior e, posteriormente, estocadas à temperatura ambiente, simulando as condições de comercialização. Maçãs 'Royal Gala' foram produzidas na safra de 2009, e após a colheita foram separadas em 3 lotes. As frutas do 1º lote foram revestidas com quitosana 0,2% (m/v), as do 2º lote foram imersas em solução de ácido acético 1% (v/v), e usadas como branco e, as maçãs do 3º lote não receberam tratamento, e foram usadas como controle. Foi realizada a avaliação físico-química, instrumental, da ocorrência de podridões e da aceitação sensorial aos zero, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 217 e 224 dias de estocagem. O teor de açúcares redutores, *ratio*, pH e acidez total titulável, se mantiveram praticamente constantes durante toda a estocagem sob atmosfera controlada. Os sólidos solúveis aumentaram nas maçãs de todos os tratamentos. O conteúdo de ácido ascórbico das maçãs apresentou acentuada redução durante a estocagem, os açúcares totais se mantiveram praticamente constantes e os sólidos totais apresentaram pouca variação. As médias de aceitação da aparência, da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura das maçãs usadas como branco e controle foram

reduzidas ao longo do tempo, enquanto que para as maçãs revestidas com quitosana somente sabor e textura foram reduzidas. As médias de aceitação do aroma apresentaram pouca variação. O comportamento da aceitação das frutas foi confirmado pela atitude de compra. Houve redução gradual da firmeza da polpa das maçãs durante a estocagem. Os valores de luminosidade e da razão de cromaticidade da epiderme das maçãs aumentaram ao longo do tempo, com exceção dos valores de luminosidade na região vermelha. A polpa das maçãs de todos os tratamentos apresentou escurecimento durante a estocagem. A ocorrência de podridões afetou no máximo em 20% as maçãs, e não ocorreu degenerescência senescente nas maçãs revestidas com quitosana. O emprego do revestimento de quitosana reduziu perdas de firmeza da polpa e conferiu brilho mais intenso nas maçãs ao longo da estocagem quando comparado às maçãs usadas como branco e controle. As maçãs revestidas com quitosana apresentaram as maiores médias de aceitação durante a estocagem, indicando que o revestimento de quitosana não afetou a aceitação. A aparência foi considerada o atributo mais importante para a aceitação da maçã.

Palavras-chave: maçã 'Royal Gala', pós-colheita, armazenamento sob atmosfera controlada, revestimento de quitosana, aceitação sensorial.

1. INTRODUÇÃO

A maçã passou a ser explorada comercialmente no Brasil na década de 70, e rapidamente difundiu-se, tornando-se de grande consumo no país. A produção de maçã na safra nacional de 2008/2009 foi de 1.184.000,3 toneladas (IBGE, 2009). A variedade 'Royal Gala' e clones representam cerca de 60% da produção total no país, com elevada aceitação pelos consumidores (AGAPOMI, 2009). A colheita da maçã 'Royal Gala' concentra-se no mês de fevereiro e, em decorrência do volume de produção, necessita de armazenamento prolongado a fim de equilibrar a oferta e o preço durante o ano, atendendo ao mercado consumidor por um período mais extenso. Sua conservação depende da fruta estar no ponto ideal de colheita¹ e das condições de armazenamento (BRACKMANN et al., 2008).

O sistema que se difundiu mundialmente para o armazenamento de maçãs por períodos prolongados foi o uso de atmosfera controlada, combinado com baixa temperatura e alta umidade, que vem sendo aplicado no Brasil. Esse sistema baseia-se na modificação da concentração de gases da atmosfera ambiente com aumento de CO₂ e redução de O₂, sob controle e monitoramento (LIMA et al., 2002).

Após o armazenamento prolongado sob atmosfera controlada, os processos fisiológicos e bioquímicos do amadurecimento das maçãs são acelerados, quando as frutas são expostas à temperatura ambiente, durante a comercialização. A queda acentuada da acidez, a rápida perda da firmeza da polpa e da cor característica da epiderme são alguns dos problemas relacionados aos longos períodos de armazenamento da maçã 'Royal Gala' (BRACKMANN et al., 2008).

Filmes à base de quitosana aplicados como revestimento em frutas e vegetais *in natura* permitem retardar o amadurecimento. A quitosana, polissacarídeo obtido da desacetilização da quitina, é capaz de formar filmes semipermeáveis modificando a atmosfera ao redor dos frutos, retardando a senescência e diminuindo perdas por transpiração e desidratação, com a vantagem de ser comestível (RIGO, 2006).

¹Parâmetros pré-estabelecidos para o ponto ideal de colheita da maçã 'Royal Gala'. Índice de iodo-amido (2,0-3,0), sólidos solúveis (> 11 °Brix), acidez total titulável (0,35-0,40 g ácido málico/100g), firmeza da polpa (76-85 N) e cor de fundo da epiderme (verde-clara) (GIRARDI et al., 2004).

Dessa forma, visando prolongar o período de conservação da maçã 'Royal Gala', mantendo suas características de qualidade durante seu período de comercialização à temperatura ambiente, este trabalho teve o objetivo de avaliar maçãs revestidas com quitosana, durante 6 meses de armazenamento sob atmosfera controlada na temperatura de 0 °C e posteriormente à temperatura ambiente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Foram utilizadas maçãs da variedade 'Royal Gala', classificadas como categoria 2, de acordo com a Instrução Normativa nº 5, 09/02/06 do MAPA. As frutas foram produzidas na região de Fraiburgo, SC (latitude 27° 01' 14,38" S – longitude 50° 55' 42,55" O), fornecidas pela empresa Fischer S/A.

Para o revestimento das frutas foi utilizada quitosana (Sigma-Aldrich, USA) com massa molar média e grau de desacetilação de 90%, e ácido acético glacial (Synth, Brasil).

2.1.1 Preparo do revestimento de quitosana

O revestimento usado nas frutas foi preparado com quitosana 0,2% (m/v) dissolvida em solução de ácido acético 1% (v/v), conforme descrito por Assis & Leoni, (2003).

2.1.2 Preparo das amostras

As maçãs foram colhidas em 13 de fevereiro de 2009, período em que o índice de colheita² era compatível com o armazenamento da maçã por período prolongado. As frutas foram imediatamente transportadas à unidade de beneficiamento da empresa, lavadas com

² Usado para determinar o momento ótimo de início da colheita da maçã. Baseia-se em testes capazes de identificar alterações nas características das frutas (índice de iodo-amido, sólidos solúveis, acidez total titulável, firmeza da polpa e cor de fundo da epiderme) (GIRARDI et al., 2004).

solução de hipoclorito de sódio (0,0015%, v/v) e selecionadas manualmente, sendo descartadas aquelas que apresentavam injúrias, deformações, podridões e marcas de ataque de insetos. Posteriormente, as frutas foram conduzidas por fluxo de água para a classificação de acordo com a cor e peso, realizada por sensores eletrônicos com o objetivo de selecionar frutas uniformes e, finalmente, foram acondicionadas em grandes caixas de madeira (*bins*), que comportam aproximadamente 350 a 400Kg de fruta. Frutas de um desses *bins* foram usadas nesse trabalho, tendo sido adicionalmente selecionadas. Lesões mínimas levavam ao descarte das frutas. As maçãs foram então separadas em 3 lotes de 40Kg cada. As frutas do 1º lote foram revestidas com quitosana; as do 2º lote foram imersas em solução de ácido acético 1% (v/v), sendo usadas como branco; e as do 3º lote não receberam qualquer tratamento, e foram usadas como controle.

O revestimento das frutas foi feito por imersão, com auxílio de suporte metálico com capacidade para 10 frutas. As frutas permaneceram imersas por 1 minuto, seguidas de drenagem e secagem à temperatura ambiente durante 12 horas. O mesmo procedimento foi feito para as maçãs imersas em solução de ácido acético. Após a secagem, maçãs de todos os lotes foram acondicionadas em caixas de papelão e armazenadas em atmosfera controlada (1,8% O₂ e 2,5% CO₂), umidade relativa de 88-96%, na temperatura de 0 °C, por um período de 180 dias na câmara fria da unidade de beneficiamento da empresa Fischer S/A, simulando as condições de estocagem das frutas para o mercado externo. Em seguida, as frutas foram armazenadas em atmosfera ambiente na temperatura de 0 °C e umidade relativa de 88-96%, por 30 dias na câmara fria da unidade de beneficiamento da empresa Fischer S/A, visando simular o transporte das frutas para o mercado consumidor no exterior. Após este período, as frutas foram transportadas até o Laboratório de Análise de Alimentos, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas–FCF/UNESP, e armazenadas em temperatura ambiente por 15 dias, simulando as condições de comercialização.

2.2 Métodos

Foram realizadas a avaliação sensorial, físico-química, da ocorrência de podridões,

degenerescência senescente, da firmeza da polpa e coloração da epiderme e polpa das frutas durante 224 dias de estocagem, nos seguintes períodos de tempo: zero (imediatamente após os tratamentos), 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 217 e 224 dias (ASTM, 1993).

2.2.1 Avaliação das características físico-químicas

Para as análises físico-químicas foram utilizadas seis frutas, escolhidas aleatoriamente a cada período de análise. As frutas foram trituradas e homogeneizadas em processador de alimentos marca Arno, modelo Trion, tendo sido o pedúnculo e as sementes retirados previamente.

Foi realizada a determinação do teor de sólidos totais utilizando estufa (marca Fabbe-Primar, modelo 170) com circulação de ar a 105 °C, do teor de sólidos solúveis (Refratômetro Carl Zeiss, modelo I), da acidez total titulável, dos açúcares redutores e totais, do ácido ascórbico e do pH (Digimed, modelo DM-22) (AOAC, 1990).

Todas as análises físico-químicas foram efetuadas em triplicata, em cada período de tempo, para cada lote de fruta.

2.2.2 Avaliação da firmeza de polpa e coloração da epiderme e polpa

Para análise da cor foi utilizado o colorímetro Minolta, modelo CR-400/410 e foram avaliados os parâmetros L* (luminosidade - branco (máximo) ao preto (mínimo)), a* e b* (cromaticidade - verde(-)/vermelho(+)) e azul(-)/amarelo(+), respectivamente). As leituras foram feitas diretamente sobre a superfície da epiderme da fruta, tanto na região em que predomina a coloração vermelha, como também de coloração amarela, utilizando quatro frutas de cada lote durante todo período de estocagem, com medidas em triplicatas. Em seguida as frutas foram cortadas, transversalmente ao meio, e imediatamente foi efetuada também a avaliação da cor da polpa da fruta, em três repetições.

A firmeza da polpa foi avaliada em texturômetro GUSS, modelo FTA GS 14, usando cinco frutas de cada lote. As medidas foram feitas em dois pontos opostos na região equatorial, com medidas em triplicatas.

2.2.3 Avaliação da ocorrência de podridões e degenerescência senescente

A avaliação da ocorrência de podridões foi realizada por análise visual e determinada pela contagem de frutas que apresentaram lesões e manchas com características próprias de crescimento de fungos, expressa em porcentagem (SANBUEZA, 2004). A degenerescência senescente³ foi avaliada após vários cortes na secção transversal das frutas, com contagem das frutas que apresentaram escurecimento da polpa, característico desse distúrbio fisiológico, expressa em porcentagem. Foram utilizadas 10 frutas de cada lote, por período de tempo avaliado.

2.2.4 Avaliação sensorial

A avaliação sensorial das maçãs foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial, da FCF/UNESP por uma equipe de 57 julgadores, recrutada mediante uso de questionário contendo perguntas sobre dados pessoais, ocupação, nível de escolaridade, quanto os julgadores gostavam ou desgostavam de maçã *in natura* e frequência de consumo (Figura 1).

O critério adotado para seleção dos julgadores considerou aqueles que consumissem maçã no mínimo uma vez por quinzena e que gostassem no mínimo ligeiramente de maçã. Também foram considerados o interesse e a disponibilidade em participar dos testes sensoriais.

³Distúrbio fisiológico causado ao remover a fruta do armazenamento refrigerado e expor a altas temperaturas durante a comercialização. Não apresenta sintomas no exterior da fruta, podendo ser observado na polpa somente quando cortada. Inicia-se no tecido logo abaixo da película, apresentando-se com coloração marrom clara. Em estádios avançados, caracteriza-se por uma decomposição da fruta (CANTILLANO, 2004).

Foi utilizado o teste de aceitação para avaliação da aparência, da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura, usando escala hedônica estruturada de nove pontos (9=gostei muitíssimo; 5=nem gostei nem desgostei; 1=desgostei muitíssimo) (STONE & SIDEL, 1993), e avaliada a intenção de compra usando escala de cinco pontos (5=certamente compraria; 3=tenho dúvida se compraria ou não; 1=certamente não compraria). Foi também solicitado aos julgadores que relatassem o que mais gostaram e menos gostaram na maçã (Figuras 2 e 3).

Para avaliação da aparência, frutas inteiras de cada lote foram dispostas em pratos descartáveis, codificados com números aleatórios de três dígitos, que foram apresentados aos julgadores de forma monádica, em cabinas individuais iluminadas com lâmpada de tungstênio, juntamente com a ficha de avaliação.

Para avaliação da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura as maçãs foram fatiadas no sentido longitudinal (16 fatias). As fatias de maçã foram dispostas em pratos descartáveis, codificados com números aleatórios de três dígitos, apresentadas monadicamente, uma fatia de maçã por prato, à temperatura ambiente. A avaliação sensorial foi conduzida em cabinas individuais, iluminadas com lâmpada de tungstênio, tendo ficado à disposição dos julgadores água e biscoito tipo água, para uso antes e entre as amostras de cada lote, e a ficha de avaliação.

Por favor, preencha o questionário com todas as informações solicitadas.

Nome: _____

e-mail: -----

Idade: _____ Sexo: () Feminino () Masculino

Categoria: () Aluno de graduação – Ano _____ () Integral () Noturno
() Aluno de pós-graduação – Ramal _____
() Professor – Ramal _____
() Funcionário – Ramal _____
() Outro _____

Nível de escolaridade: () Ensino fundamental incompleto () Superior incompleto
() Ensino fundamental completo () Superior completo
() Ensino médio incompleto () Pós-graduação incompleto
() Ensino médio completo () Pós-graduação completo

Utilizando a escala abaixo, indique o quanto você gosta ou desgosta de maçã *in natura*:

- (9) Gosto muitíssimo
- (8) Gosto muito
- (7) Gosto moderadamente
- (6) Gosto ligeiramente
- (5) Nem gosto/nem desgosto _____
- (4) Desgosto ligeiramente
- (3) Desgosto moderadamente
- (2) Desgosto muito
- (1) Desgosto muitíssimo

Com que frequência, em média, você consome maçã *in natura*:

- (5) 4 vezes/semana ou mais
- (4) 2 a 3 vezes/semana
- (3) 1 vez/semana _____
- (2) 1 vez/quinzena
- (1) Não consumo

MUITO OBRIGADA!

Figura 1 – Questionário de recrutamento dos julgadores para análise sensorial das maçãs ‘Royal Gala’.

Nome: _____ Data: _____ Amostra nº _____

Observe a amostra de “maçã” e avalie-a com relação à APARÊNCIA, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

O que mais gostou na amostra de “maçã”?

O que menos gostou na amostra de “maçã”?

Assinale, para esta amostra, qual seria sua atitude quanto à compra do produto.

- () eu certamente não compraria este produto
- () eu provavelmente não compraria este produto
- () tenho dúvidas se compraria ou não este produto
- () eu provavelmente compraria este produto
- () eu certamente compraria este produto

Justificativa:

MUITO OBRIGADA PELA COOPERAÇÃO!

Figura 2 – Ficha de avaliação sensorial da aparência das maçãs ‘Royal Gala’.

Nome: _____ Data: _____ Amostra nº _____

Observe a amostra de “maçã” e avalie-a com relação à COR, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

Prove a amostra de “maçã” e indique sua IMPRESSÃO GLOBAL, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

Aspire à amostra de “maçã” e avalie-a com relação ao AROMA, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

Prove a amostra de “maçã” e avalie-a com relação ao SABOR, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

Prove a amostra de “maçã” e avalie-a de acordo com a TEXTURA, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

O que mais gostou na amostra de “maçã”?

O que menos gostou na amostra de “maçã”?

Assinale, para esta amostra, qual seria sua atitude quanto à compra do produto.

- () eu certamente não compraria este produto
- () eu provavelmente não compraria este produto
- () tenho dúvidas se compraria ou não este produto
- () eu provavelmente compraria este produto
- () eu certamente compraria este produto

Justificativa:

MUITO OBRIGADA PELA COOPERAÇÃO!

Figura 3 – Ficha de avaliação sensorial da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura das fatias das maçãs ‘Royal Gala’.

2.2.5 Análise estatística

Os resultados obtidos em cada período de tempo estudado foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e tiveram as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (PIMENTEL GOMES, 1987), usando o programa estatístico SAS[®] (2010). Foram, também, realizados gráficos de tendência ao longo da estocagem (ORIGIN[®], 1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação físico-química

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados referentes à avaliação físico-química das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana, usadas como branco e como controle, durante os 224 dias de estocagem. Vale ressaltar que as maçãs ficaram estocadas à temperatura de 0 °C sob atmosfera controlada de zero aos 180 dias, a 0 °C sob atmosfera ambiente aos 210 dias, e à temperatura ambiente aos 217 e 224 dias. O conteúdo de sólidos solúveis variou entre 12,0 e 14,7 °Brix para as maçãs revestidas com quitosana, entre 12,0 e 14,5 °Brix para as maçãs usadas como branco e entre 12,7 e 15,1 °Brix para as maçãs usadas como controle. Apenas aos 150 e 180 dias de estocagem ocorreu diferença significativa ($p \leq 0,05$) no conteúdo de sólidos solúveis, entre as frutas de todos os tratamentos. As maçãs revestidas com quitosana não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) em relação às frutas usadas como controle aos 120 e 210 dias de estocagem e em relação às frutas branco aos zero, 30, 60 e 90 dias de estocagem sob atmosfera controlada, e aos 217 dias quando as frutas estavam em condições de temperatura e pressão ambiente (Tabela 1). Durante a estocagem das maçãs à temperatura de 0 °C e à atmosfera controlada (zero a 180 dias), o teor de sólidos solúveis aumentou nas maçãs controle, e nas maçãs revestidas com quitosana e usadas como branco até 150 dias. Da mesma forma, durante o armazenamento das maçãs por 30 dias a 0 °C sob atmosfera ambiente, simulando o transporte das frutas, e por 15 dias à temperatura ambiente, simulando a comercialização das maçãs (210 a 224 dias), o teor de sólidos solúveis aumentou nas maçãs controle e nas

maçãs revestidas com quitosana, e nas usadas como branco reduziu até o final do período (Figura 4a). A queda observada entre 150 e 180 dias de estocagem provavelmente se justifica pelo consumo dos substratos no metabolismo respiratório das maçãs. Lima et al. (2002) verificaram em maçãs 'Royal Gala', durante 8 meses de armazenamento sob atmosfera controlada, aumento do teor de sólidos solúveis até o 4^o mês e pequena redução a partir do 6^o mês de estocagem até o final do período. De acordo com Chitarra & Chitarra (1990), o aumento do teor de sólidos solúveis pode ser atribuído à hidrólise da amilopectina a açúcares solúveis, ou ainda ao acúmulo de açúcares devido à perda de água por transpiração ou desidratação, embora a umidade relativa da câmara fria tenha sido mantida elevada (88-96%) durante o período de estocagem. Brackmann et al. (2005a) verificaram pequeno aumento no teor de sólidos solúveis de maçãs 'Fuji' após armazenamento durante 8 meses sob atmosfera controlada à temperatura de 0 °C e 3 dias à temperatura ambiente. Da mesma forma, foi verificado por Brackmann et al. (2008) que 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 tinham o conteúdo de sólidos solúveis reduzido.

Quanto ao conteúdo de acidez total titulável, as maçãs revestidas com quitosana apresentaram valores entre 0,31 e 0,18g ácido málico/100g, enquanto que as usadas como branco e como controle apresentaram variações entre 0,32 e 0,18, e 0,31 e 0,21g ácido málico/100g, respectivamente. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) no teor de acidez total titulável, entre as maçãs de todos os tratamentos, aos zero, 30 e 90 dias de estocagem, quando as frutas estavam estocadas a 0 °C sob atmosfera controlada (Tabela 1). Conforme observado na Figura 4b, no início da estocagem as maçãs de todos os tratamentos apresentaram redução do teor de acidez total titulável e, após 30 dias, se mantiveram praticamente constantes até o final do período a 0 °C sob atmosfera controlada. Esse comportamento pode ser explicado pela menor atividade metabólica das maçãs, pois os ácidos orgânicos são substratos para a respiração das frutas (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Resultado semelhante também foi obtido por Brackmann et al. (2001a) para maçãs

'Fuji', com manutenção da acidez das frutas durante armazenamento sob atmosfera controlada a 0,5 °C por 7 meses. Também na Figura 4b, quando as maçãs foram armazenadas por 30 dias a 0 °C sob atmosfera ambiente, e por 15 dias à temperatura ambiente (210 a 224 dias), o teor da acidez total titulável reduziu nas maçãs de todos os tratamentos. Vários autores também relataram redução da acidez total titulável de maçãs 'Royal Gala' (BRACKMANN et al., 2001b; CORRENT et al., 2004); maçãs 'Fuji' (CORRENT et al., 2005; GOMÉZ, 2005) e maçãs 'Gala' (BRACKMANN et al., 2009), quando as frutas foram para a condição ambiente, após serem estocadas sob atmosfera controlada.

Em relação ao *ratio*, as maçãs revestidas com quitosana apresentaram valores entre 38,3 e 74,8, enquanto que as usadas como branco e como controle apresentaram variações entre 37,9 e 76,2, e 45,2 e 66,1, respectivamente. Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) do *ratio*, entre as frutas de todos os tratamentos apenas aos 90 e 150 dias, estocagem a 0 °C sob atmosfera controlada (Tabela 1). O *ratio* nas maçãs de todos os tratamentos aumentou ao longo da estocagem, indicando maturação das frutas (Figura 4c). No primeiro mês de estocagem houve aumento do *ratio* de 29,5% para as maçãs revestidas com quitosana, de 24,8% para as maçãs usadas como branco e de 11,0% para as maçãs controle, que já apresentavam maior teor de sólidos solúveis no início do período. Após o aumento no primeiro mês de estocagem, o *ratio* permaneceu praticamente constante para as maçãs controle até 180 dias, final do período de estocagem sob atmosfera controlada, e para as maçãs revestidas com quitosana e usadas como branco, até 210 dias, período da estocagem a 0 °C sob atmosfera ambiente. Quando as maçãs revestidas com quitosana e as usadas como branco estavam estocadas à temperatura ambiente houve incremento do *ratio* da ordem de 25,0 e de 16,3%, respectivamente. Para as maçãs controle, o aumento mais expressivo do *ratio*, da ordem de 18,9%, ocorreu quando as frutas estavam armazenadas a 0 °C em atmosfera ambiente, permanecendo constante durante a estocagem à temperatura ambiente. Corrent et al. (2005) também relataram aumento do *ratio* de maçãs 'Fuji' armazenadas durante 8 meses à temperatura de 0 °C e em atmosfera controlada à temperatura de 0,5 °C e 3 dias em temperatura ambiente.

Tabela 1 – Médias e desvios-padrão dos parâmetros físico-químicos das maçãs 'Royal Gala' durante 224 dias de estocagem.

P	T	Tempo de estocagem (dias)											
		0	30	60	90	120	150	180	210	217	224		
SS	A	12,0 ^b ±0,0	13,4 ^a ±0,3	13,7 ^a ±0,1	13,9 ^a ±0,1	14,1 ^a ±0,1	14,7 ^b ±0,1	13,5 ^b ±0,1	13,7 ^b ±0,1	13,1 ^b ±0,1	13,3 ^b ±0,1	13,3 ^b ±0,1	13,9 ^a ±0,1
	B	12,0 ^b ±0,0	13,1 ^{ab} ±0,1	13,9 ^a ±0,1	13,9 ^a ±0,1	13,7 ^b ±0,1	14,5 ^a ±0,1	14,1 ^a ±0,1	14,3 ^a ±0,1	13,5 ^b ±0,1	13,5 ^b ±0,1	13,9 ^a ±0,1	14,2 ^a ±0,2
	C	14,0 ^a ±0,0	12,7 ^b ±0,1	13,0 ^b ±0,0	13,2 ^b ±0,0	13,9 ^{ab} ±0,0	15,1 ^a ±0,1	13,1 ^b ±0,1	13,5 ^b ±0,1	13,5 ^b ±0,1	14,1 ^a ±0,1	14,2 ^a ±0,2	14,2 ^a ±0,2
ATT	A	0,31 ^a ±0,00	0,25 ^a ±0,00	0,23 ^b ±0,00	0,26 ^a ±0,00	0,26 ^a ±0,00	0,27 ^a ±0,00	0,24 ^b ±0,00	0,25 ^a ±0,01	0,18 ^b ±0,01	0,18 ^b ±0,01	0,18 ^b ±0,00	0,18 ^b ±0,00
	B	0,32 ^a ±0,01	0,25 ^a ±0,01	0,27 ^a ±0,01	0,26 ^a ±0,00	0,23 ^c ±0,00	0,27 ^a ±0,00	0,25 ^b ±0,00	0,24 ^b ±0,00	0,21 ^b ±0,00	0,21 ^b ±0,00	0,18 ^b ±0,00	0,18 ^b ±0,00
	C	0,31 ^a ±0,01	0,25 ^a ±0,01	0,26 ^a ±0,00	0,26 ^a ±0,00	0,25 ^b ±0,00	0,25 ^b ±0,00	0,25 ^b ±0,00	0,25 ^b ±0,00	0,21 ^b ±0,00	0,21 ^b ±0,01	0,22 ^b ±0,00	0,22 ^b ±0,00
Ratio	A	38,3 ^b ±0,7	54,3 ^a ±1,8	58,1 ^a ±0,9	54,6 ^a ±0,2	54,8 ^a ±0,4	55,8 ^b ±0,9	56,4 ^a ±1,0	56,1 ^b ±1,5	74,8 ^a ±2,4	74,8 ^a ±2,4	74,8 ^a ±0,7	74,8 ^a ±0,7
	B	37,9 ^b ±0,7	50,4 ^b ±2,1	50,6 ^a ±1,3	53,0 ^b ±0,4	59,0 ^b ±0,6	52,8 ^a ±1,1	55,7 ^b ±0,7	58,8 ^b ±0,5	63,8 ^b ±0,7	63,8 ^b ±0,7	63,8 ^b ±0,7	63,8 ^b ±0,7
	C	45,2 ^a ±1,5	50,8 ^{ab} ±1,6	49,1 ^b ±0,4	51,0 ^c ±0,3	55,8 ^b ±0,3	60,5 ^b ±0,6	53,5 ^b ±0,9	66,0 ^a ±0,8	66,0 ^a ±0,8	65,9 ^b ±2,2	66,1 ^a ±1,6	66,1 ^a ±1,6
pH	A	4,32 ^b ±0,01	3,94 ^a ±0,15	3,96 ^a ±0,09	3,88 ^a ±0,02	3,83 ^a ±0,01	4,04 ^b ±0,06	3,95 ^a ±0,04	4,06 ^b ±0,04	4,22 ^b ±0,06	4,22 ^b ±0,06	4,16 ^b ±0,03	4,16 ^b ±0,03
	B	4,29 ^b ±0,00	3,96 ^a ±0,07	3,86 ^a ±0,13	3,90 ^a ±0,06	3,89 ^a ±0,03	3,85 ^b ±0,05	3,85 ^b ±0,03	4,03 ^b ±0,06	4,13 ^a ±0,07	4,13 ^a ±0,07	4,12 ^a ±0,09	4,12 ^a ±0,09
	C	4,35 ^a ±0,01	3,92 ^a ±0,05	3,85 ^a ±0,08	3,90 ^a ±0,02	3,85 ^a ±0,05	3,78 ^b ±0,06	3,96 ^a ±0,05	4,22 ^b ±0,04	4,01 ^b ±0,07	4,01 ^b ±0,07	4,17 ^a ±0,09	4,17 ^a ±0,09
AR	A	7,3 ^a ±0,2	6,8 ^a ±0,1	7,9 ^b ±0,1	7,6 ^b ±0,2	8,3 ^a ±0,2	8,6 ^a ±0,1	7,7 ^a ±0,1	8,6 ^a ±0,1	9,4 ^b ±0,1	9,4 ^b ±0,1	9,5 ^b ±0,1	9,5 ^b ±0,1
	B	6,6 ^b ±0,1	6,4 ^b ±0,0	7,4 ^b ±0,1	8,0 ^{ab} ±0,2	7,6 ^b ±0,1	8,4 ^a ±0,1	7,8 ^a ±0,0	7,0 ^c ±0,0	9,2 ^b ±0,1	9,2 ^b ±0,1	9,9 ^{ab} ±0,2	9,9 ^{ab} ±0,2
	C	6,6 ^b ±0,2	6,2 ^b ±0,1	5,8 ^b ±0,1	8,5 ^a ±0,2	7,9 ^{ab} ±0,1	8,6 ^a ±0,1	7,5 ^b ±0,1	7,6 ^b ±0,2	8,4 ^b ±0,1	8,4 ^b ±0,1	10,2 ^a ±0,1	10,2 ^a ±0,1
AT	A	10,8 ^a ±0,1	10,4 ^a ±0,1	10,2 ^a ±0,1	10,3 ^b ±0,1	10,7 ^a ±0,3	10,3 ^b ±0,0	9,5 ^a ±0,2	9,9 ^b ±0,1	11,3 ^a ±0,1	11,3 ^a ±0,1	11,4 ^b ±0,1	11,4 ^b ±0,1
	B	10,8 ^a ±0,2	9,0 ^b ±0,1	10,3 ^a ±0,2	11,4 ^a ±0,1	9,3 ^b ±0,1	9,8 ^c ±0,1	9,7 ^a ±0,1	8,0 ^c ±0,1	10,8 ^b ±0,2	10,8 ^b ±0,2	11,3 ^b ±0,2	11,3 ^b ±0,2
	C	10,0 ^b ±0,1	9,1 ^b ±0,1	8,6 ^b ±0,0	11,4 ^a ±0,2	10,3 ^b ±0,1	10,8 ^a ±0,1	9,2 ^b ±0,0	9,1 ^b ±0,1	9,8 ^a ±0,1	9,8 ^a ±0,1	12,5 ^a ±0,1	12,5 ^a ±0,1
ST	A	15,4 ^a ±0,8	15,0 ^a ±0,0	15,3 ^a ±0,1	15,0 ^{ab} ±0,2	15,9 ^b ±0,1	15,6 ^a ±0,1	15,0 ^b ±0,2	15,3 ^a ±0,4	14,8 ^a ±0,3	14,8 ^a ±0,3	14,5 ^a ±0,2	14,5 ^a ±0,2
	B	14,0 ^b ±0,1	14,5 ^{ab} ±0,2	15,4 ^a ±0,0	15,2 ^a ±0,2	15,3 ^a ±0,2	15,6 ^a ±0,1	15,7 ^a ±0,1	15,8 ^a ±0,1	15,5 ^a ±0,3	15,5 ^a ±0,3	15,4 ^a ±0,0	15,4 ^a ±0,0
	C	14,2 ^{ab} ±0,0	14,0 ^b ±0,6	14,7 ^b ±0,1	14,8 ^b ±0,1	15,7 ^a ±0,1	15,5 ^a ±0,1	14,8 ^b ±0,1	14,6 ^b ±0,1	15,6 ^a ±0,3	15,6 ^a ±0,3	15,8 ^a ±0,1	15,8 ^a ±0,1
A	A	150,8 ^a ±0,1	109,7 ^a ±6,8	81,7 ^a ±2,3	92,8 ^a ±1,3	63,0 ^b ±2,9	73,7 ^a ±2,4	69,1 ^a ±13,1	59,1 ^a ±3,2	39,3 ^c ±1,0	39,3 ^c ±1,0	34,3 ^c ±0,5	34,3 ^c ±0,5
	B	144,0 ^a ±6,4	109,9 ^a ±2,8	70,0 ^a ±5,7	66,3 ^b ±6,0	69,6 ^a ±4,4	75,1 ^a ±1,6	73,7 ^a ±8,5	56,9 ^a ±1,8	49,4 ^b ±3,9	49,4 ^b ±3,9	30,7 ^a ±5,7	30,7 ^a ±5,7
	C	154,6 ^a ±6,7	101,7 ^a ±5,7	84,9 ^a ±5,5	65,3 ^b ±3,5	73,9 ^a ±2,3	81,8 ^a ±9,4	67,8 ^a ±5,8	51,0 ^a ±2,8	58,1 ^a ±2,1	58,1 ^a ±2,1	26,7 ^a ±0,1	26,7 ^a ±0,1

(A) Revestidas com filme de quitosana; (B) Usadas como branco; (C) Controle.

Letras minúsculas iguais na mesma coluna, para cada parâmetro analisado, não diferem entre si no teste de Tukey (p≤0,05).

T - Tratamento

P - Parâmetros

SS- Sólidos solúveis (°Brix)

ATT- Acidez total titulável (g ácido málico/100g maçã)

AR- Açúcares redutores (g glicose/100g maçã)

AT- Açúcares totais (g glicose/100g maçã)

ST- Sólidos totais (% m/m)

AA- Ácido ascórbico (mg/100g maçã)

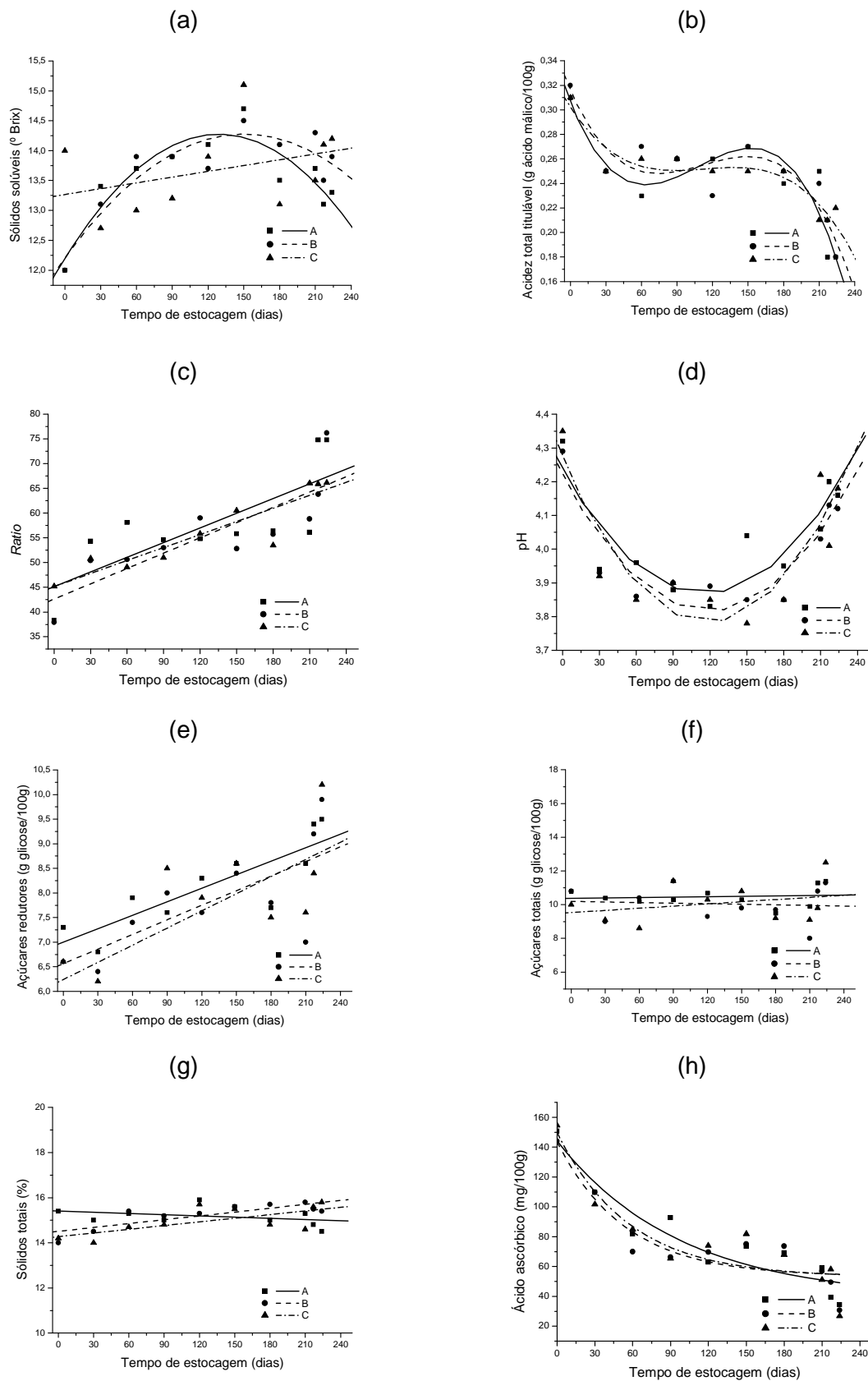


Figura 4 – Gráficos de tendência para (a) teor de sólidos solúveis, (b) teor de acidez total titulável, (c) *ratio*, (d) pH, (e) teor de açúcares redutores, (f) teor de açúcares totais, (g) teor de sólidos totais e (h) teor de ácido ascórbico das maçãs 'Royal Gala' (A) revestidas com quitosana, (B) usadas como branco e (C) controle.

O pH variou entre 3,83 e 4,32 para as maçãs revestidas com quitosana, entre 3,85 e 4,29 para as maçãs usadas como branco e entre 3,78 e 4,35 para as maçãs usadas como controle. Na estocagem das maçãs à temperatura de 0 °C sob atmosfera controlada (zero a 180 dias), as maçãs de todos os tratamentos diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) entre si em relação ao pH, no tempo zero de estocagem, porém, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as frutas aos 30, 60, 90, 120 dias e ainda aos 224 dias, período em que as maçãs estavam estocadas à temperatura ambiente (Tabela 1). Na Figura 4d, durante o armazenamento das maçãs à temperatura de 0 °C e à atmosfera controlada (zero a 180 dias), as maçãs de todos os tratamentos apresentaram redução do pH no primeiro mês de estocagem, mantendo praticamente constante até 150 dias. A partir dos 180 dias, observa-se aumento gradativo no pH das frutas até o final da estocagem à temperatura ambiente.

O teor de açúcares redutores das maçãs revestidas com quitosana variou entre 6,8 e 9,5g glicose/100g, das maçãs usadas como branco entre 6,4 e 9,9g glicose/100g e das maçãs usadas como controle ficou entre 5,8 e 10,2g glicose/100g. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$), em relação ao teor de açúcares redutores, entre as maçãs de todos os tratamentos, apenas aos 150 dias, período de estocagem das frutas sob atmosfera controlada e 0 °C (Tabela 1). Ocorreu aumento no conteúdo de açúcares redutores das maçãs revestidas com quitosana e das maçãs usadas como branco a partir dos 30 dias de estocagem e das maçãs controle, a partir dos 60 dias, permanecendo praticamente constante até o final da estocagem sob atmosfera controlada e 0 °C. Quando as frutas foram estocadas por 30 dias a 0 °C sob atmosfera ambiente, e por 15 dias à temperatura ambiente (210 a 224 dias), os teores de açúcares redutores das frutas de todos os tratamentos apresentaram novo aumento, que persistiu até o final do período. Pode ser verificado na Figura 4e um aumento do teor de açúcares redutores ao longo do tempo nas frutas de todos os tratamentos, com menor intensidade nas maçãs revestidas com quitosana, apesar do valor maior do conteúdo de açúcares redutores no início da estocagem. O aumento no teor de açúcares redutores pode ser devido à maturação dos frutos (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Lima et al. (2002) relataram aumento do teor de açúcares redutores de maçãs 'Royal

Gala' após o 2^o mês de estocagem, quando armazenadas sob atmosfera controlada à temperatura de 0,5 °C por 8 meses.

Quanto ao teor de açúcares totais, a variação nas maçãs revestidas com quitosana foi entre 9,5 e 11,4g glicose/100g, enquanto que nas usadas como branco e como controle foi entre 8,0 e 11,4 e 8,6 e 12,5g glicose/100g, respectivamente. Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as maçãs de todos os tratamentos em todos os períodos avaliados (Tabela 1). Os resultados do teor de açúcares totais revelaram pouca variação ao longo do tempo, ocorrendo leve aumento no final da estocagem à temperatura ambiente. Na Figura 4f praticamente não houve mudança nos açúcares totais das frutas de todos os tratamentos durante a estocagem.

Em relação ao teor de sólidos totais, os resultados indicaram pequena variação durante o período de estocagem, de 15,9 a 14,5% (m/m) para as maçãs revestidas com quitosana, de 15,8 a 14,0% (m/m) para as maçãs usadas como branco e de 15,8 a 14,0% (m/m) para as maçãs controle. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no teor de sólidos totais nas maçãs de todos os tratamentos aos 150 e 217 dias de estocagem, e apenas no final do período, aos 224 dias, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as frutas (Tabela 1). Na Figura 4g pode ser verificado que as maçãs usadas como branco e as usadas como controle apresentaram aumento semelhante do teor de sólidos totais, indicando que houve perda de umidade durante os 224 dias de estocagem. As maçãs revestidas com quitosana apresentaram pequena redução, mostrando que a umidade praticamente foi mantida no período, sob as mesmas condições de estocagem.

Os resultados do teor de ácido ascórbico, indicaram variação para as maçãs revestidas com quitosana entre 150,8 e 34,3mg ácido ascórbico/100g, enquanto que as usadas como branco e como controle apresentaram variação entre 144,0 e 30,7, e 154,6 e 26,7mg ácido ascórbico/100g, respectivamente. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no teor de ácido ascórbico das frutas de todos os tratamentos aos zero, 60, 150 e 180 dias, períodos de estocagem das maçãs sob atmosfera controlada e 0 °C, e nos períodos de 210 e 224 dias, estocagem das frutas a 0 °C sob atmosfera ambiente e à temperatura ambiente,

respectivamente (Tabela 1). Durante a estocagem ocorreu perda gradativa do teor de ácido ascórbico nas frutas, e no final do período, as maçãs revestidas com quitosana apresentaram perdas de 77,3%, enquanto que as maçãs usadas como branco e como controle apresentaram perdas de 78,9 e 82,7% respectivamente. A variação do conteúdo do ácido ascórbico foi ajustada usando a curva de decaimento exponencial de 1ª ordem, do tipo $y = y_0 + A_1 e^{(-x/t)_1}$. Pode ser verificado que houve redução no teor de ácido ascórbico nas maçãs de todos os tratamentos e que apresentaram comportamento semelhante (Figura 4h).

3.2 Avaliação da firmeza de polpa e coloração da epiderme e da polpa

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados referentes à avaliação da firmeza da polpa das maçãs ‘Royal Gala’ revestidas com quitosana, usadas como branco e como controle ao longo do período de 210 dias de estocagem.

Tabela 2 - Médias e desvios-padrão da firmeza da polpa das maçãs ‘Royal Gala’ durante estocagem de 210 dias à temperatura de 0 °C.

T	Tempo de estocagem (dias)							
	0	30	60	90	120	150	180	210
Firmeza da polpa (N)								
A	90,8 ^a ±3,6	99,4 ^c ±5,2	101,5 ^b ±4,6	102,2 ^a ±13,8	100,1 ^a ±11,8	101,1 ^a ±8,9	101,9 ^a ±11,2	96,3 ^a ±10,0
B	90,9 ^a ±5,2	107,0 ^b ±3,8	107,0 ^{ab} ±6,2	107,0 ^a ±15,8	106,4 ^a ±9,1	95,0 ^a ±14,3	101,7 ^a ±16,9	101,7 ^a ±9,4
C	95,7 ^a ±4,5	116,0 ^a ±4,2	113,3 ^a ±3,7	107,0 ^a ±7,3	105,7 ^a ±8,6	103,5 ^a ±8,5	102,5 ^a ±9,1	102,1 ^a ±8,1

T – Tratamento. (A) Revestidas com quitosana; (B) Usadas como branco; (C) Controle.
Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si no teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os resultados da firmeza da polpa indicaram pequena variação durante o período de estocagem à temperatura de 0 °C, de 90,8 a 102,2 N para as maçãs revestidas com quitosana, de 90,9 a 107,0 e 95,7 a 116,0 N para as maçãs usadas como branco e como controle, respectivamente. Não houve diferença ($p > 0,05$) na firmeza da polpa das maçãs aos zero, 90, 120, 150, 180 e 210 dias de estocagem (Tabela 2). No início da estocagem as

frutas de todos os tratamentos apresentaram firmeza da polpa no intervalo de 90,8 a 95,7 N, e após 30 dias de estocagem houve aumento da firmeza da polpa em todas as frutas. Nas maçãs revestidas com quitosana a firmeza da polpa se manteve praticamente constante, com redução somente aos 210 dias, período de estocagem das frutas a 0 °C sem atmosfera controlada, enquanto que nas maçãs usadas como branco aos 150 dias, período de estocagem das frutas a 0 °C sob atmosfera controlada. As maçãs controle foram as que apresentaram maior firmeza da polpa durante a estocagem, porém com redução gradual no decorrer do tempo. Vários autores relataram redução da firmeza da polpa em maçãs 'Royal Gala' no decorrer do tempo, (BRACKMANN et al., 2000; LIMA et al., 2002; CORRENT et al., 2004; BRACKMANN et al., 2005b; BRACKMANN et al., 2008) quando armazenadas sob atmosfera controlada.

Na Figura 5 estão apresentados os valores de luminosidade (L^*) e da razão b^*/a^* da epiderme das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana, usadas como branco e como controle, ao longo do período de estocagem. Durante o armazenamento das maçãs à temperatura de 0 °C e à atmosfera controlada (zero a 180 dias), os valores de luminosidade (L^*) na região vermelha da epiderme das maçãs revestidas com quitosana e das maçãs controle, já no início da estocagem, apresentaram acentuada queda, e a partir de 90 dias, apresentaram pouca variação até o final do período. A queda dos valores de L^* nas frutas indicou que a refrigeração pode ter contribuído para a perda de luminosidade, não observada visualmente. Os valores de L^* na região amarela da epiderme das maçãs revestidas com quitosana e controle apresentaram comportamento inverso em relação à região vermelha, com aumento da luminosidade até o final do período. O incremento da luminosidade nesta região pode ser atribuído a maior proporção da cor amarela da epiderme. Nas maçãs usadas como branco, os valores de luminosidade tanto na região vermelha como na região amarela, apresentaram tendência de aumento até o final do período. Durante o armazenamento das frutas por 30 dias a 0 °C sob atmosfera ambiente, e 15 dias à temperatura ambiente (210 a 224 dias), os valores de luminosidade da epiderme das maçãs revestidas com quitosana e controle apresentaram aumento na região vermelha, e na

região amarela, as maçãs revestidas com quitosana também apresentaram aumento, e as controle, pequena redução até o final do período. Nas maçãs usadas como branco, os valores de luminosidade tanto na região vermelha como na região amarela, apresentaram valores praticamente constantes até o final do período (Figuras 5a e 5b). Também é possível observar que os valores de L^* , tanto da região vermelha como da região amarela das maçãs revestidas com quitosana, foram superiores aos das frutas dos demais tratamentos, indicando que as frutas revestidas com quitosana apresentaram mais brilho (Figura 5).

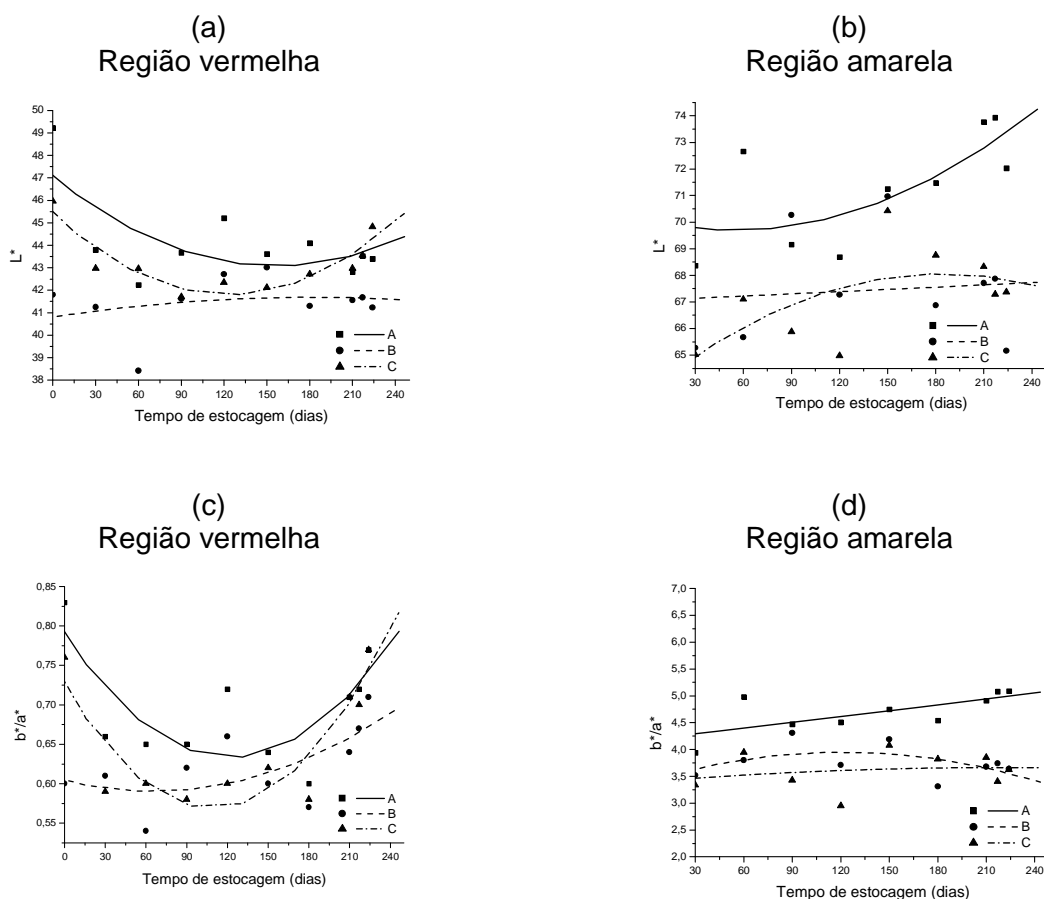


Figura 5 – Gráficos de tendência para a cor da epiderme das maçãs ‘Royal Gala’ (A) revestidas com quitosana, (B) usadas como branco e (C) controle durante 224 dias de estocagem. (a) L^* (luminosidade) da região vermelha, (b) L^* (luminosidade) da região amarela, (c) razão de b^*/a^* da região vermelha e (d) razão de b^*/a^* da região amarela.

O aumento da razão b^*/a^* é indicativo do processo de amadurecimento, com evolução da coloração vermelha na superfície e principalmente da amarela de fundo da

epiderme (FAKHOURI & GROSSO, 2003). A pigmentação verde nas maçãs ocorre pela presença de clorofila. Com a maturação da fruta ocorre a degradação desse pigmento e produção dos carotenóides, responsáveis pela pigmentação amarela. A pigmentação vermelha é decorrente das antocianinas que são formadas nas frutas fisiologicamente desenvolvidas (MACDOUGALL, 2002). Na estocagem das maçãs à temperatura de 0 °C e à atmosfera controlada (zero a 180 dias), a razão b^*/a^* na região vermelha da epiderme das maçãs revestidas com quitosana e controle apresentaram queda até 60 dias de estocagem, seguido de aumento até o final do período, enquanto que nas maçãs usadas como branco ocorreu aumento durante todo o período. Na região amarela da epiderme das frutas, a razão b^*/a^* das maçãs usadas como branco apresentou aumento até 120 dias de estocagem, enquanto que nas maçãs revestidas com quitosana e controle o aumento foi até o final do período. Na estocagem das frutas por 30 dias a 0 °C sob atmosfera ambiente, e 15 dias à temperatura ambiente (210 a 224 dias), é possível observar que a razão b^*/a^* das maçãs de todos os tratamentos apresentaram aumento expressivo na região vermelha da epiderme das frutas, enquanto na região amarela da epiderme das maçãs revestidas com quitosana e controle ocorreu aumento, e nas maçãs usadas como branco houve redução (Figuras 5c e 5d).

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados referentes à avaliação dos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) da polpa das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana, usadas como branco e como controle, durante os 224 dias de estocagem. Vale ressaltar que as maçãs ficaram estocadas à temperatura de 0 °C sob atmosfera controlada de zero aos 180 dias, a 0 °C sob atmosfera ambiente aos 210 dias, e à temperatura ambiente aos 217 e 224 dias. Os valores de L^* (luminosidade) da polpa das maçãs revestidas com quitosana variaram entre 82,07 e 79,39, das maçãs usadas como branco entre 82,23 e 80,39 e das maçãs usadas como controle ficou entre 81,56 e 79,40. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) nos valores de luminosidade entre as maçãs de todos os tratamentos aos 120, 150, 210, 217 e 224 dias de estocagem (Tabela 3). A queda nos valores de L^* ao longo do tempo, que varia na faixa de 100 (branco) a 0 (preto), indicou que as polpas das maçãs de todos os

tratamentos apresentaram escurecimento, devido à leve diminuição de L* durante a estocagem, principalmente quando as frutas passaram a ser estocadas em condição ambiente de temperatura e pressão, a partir de 217 dias, embora as maçãs controle apresentassem perda de luminosidade mais acentuada, já aos 180 dias de estocagem. O escurecimento da polpa pode ser devido ao amadurecimento das frutas, ou ainda à degenerescência senescente, pois o tecido afetado se apresenta com uma coloração marrom clara (CANTILLANO, 2004).

Tabela 3 – Médias e desvios-padrão dos parâmetros L*, a* e b* da polpa das maçãs 'Royal Gala' durante 224 dias de estocagem.

		Tempo de estocagem (dias)								
T		30	60	90	120	150	180	210	217	224
L*	A	82,07 ^a ±0,59	81,46 ^{ab} ±0,93	80,50 ^b ±1,08	81,59 ^a ±0,72	81,34 ^a ±0,74	82,02 ^a ±0,72	79,39 ^a ±0,97	80,18 ^a ±0,78	79,85 ^a ±1,09
	B	81,29 ^{ab} ±0,85	82,01 ^a ±0,35	82,23 ^a ±0,65	81,09 ^a ±0,90	81,46 ^a ±0,36	81,82 ^a ±0,51	80,39 ^a ±1,65	80,76 ^a ±0,59	80,88 ^a ±0,63
	C	81,06 ^b ±0,31	80,37 ^b ±0,72	81,56 ^{ab} ±0,52	80,76 ^a ±0,94	80,77 ^a ±0,89	79,40 ^b ±0,76	79,77 ^a ±0,86	79,75 ^a ±1,99	79,57 ^a ±0,96
a*	A	-4,31 ^a ±0,76	-3,98 ^a ±0,78	-3,31 ^a ±0,38	-4,05 ^{ab} ±0,55	-3,54 ^a ±0,23	-2,93 ^a ±0,69	-1,96 ^a ±0,97	-2,82 ^a ±0,32	-1,64 ^b ±0,78
	B	-4,29 ^a ±0,43	-4,67 ^a ±1,09	-3,98 ^{ab} ±0,75	-3,44 ^a ±0,47	-2,98 ^a ±0,58	-3,05 ^a ±1,14	-2,59 ^a ±0,71	-3,23 ^a ±0,61	-2,78 ^a ±1,46
	C	-4,02 ^a ±0,50	-4,99 ^a ±0,07	-4,50 ^b ±0,24	-4,30 ^b ±0,19	-3,50 ^a ±0,40	-3,58 ^a ±0,81	-2,25 ^a ±0,65	-2,81 ^a ±0,28	-2,76 ^a ±0,57
b*	A	24,10 ^a ±1,72	25,11 ^a ±7,78	22,09 ^a ±1,44	23,77 ^a ±0,62	22,59 ^a ±0,90	22,01 ^a ±1,68	23,88 ^a ±0,73	25,18 ^a ±1,11	25,85 ^a ±0,72
	B	23,08 ^{ab} ±1,60	23,82 ^a ±0,25	22,10 ^a ±2,34	19,30 ^b ±0,51	23,06 ^a ±2,59	22,70 ^a ±2,19	22,09 ^a ±1,70	25,42 ^a ±1,49	26,60 ^a ±2,19
	C	21,76 ^b ±0,67	21,20 ^a ±0,26	20,80 ^a ±1,12	18,46 ^b ±0,76	24,09 ^a ±1,41	17,76 ^b ±0,64	22,22 ^a ±1,40	22,55 ^a ±0,23	23,59 ^b ±0,83

T – Tratamento. (A) Revestidas com quitosana; (B) Usadas como branco; (C) Controle.

Letras minúsculas iguais na mesma coluna para cada parâmetro não diferem entre si no teste de Tukey (p≤0,05).

Os valores dos parâmetros a* e b* variaram entre -4,31 e -1,64 e 22,01 a 25,85, respectivamente, para as maçãs revestidas com quitosana, entre -4,67 e -2,59 e 19,30 a 26,60, respectivamente, para as maçãs usadas como branco, e entre -4,99 e -2,25 e 17,76 a 24,09, respectivamente, para as maçãs controle. Não houve diferença significativa (p>0,05) para os parâmetros a* aos 30, 60, 150, 180, 210 e 217 dias de estocagem, e para os parâmetros b* aos 60, 90, 150 e 210 dias de estocagem, entre as maçãs de todos os tratamentos (Tabela 3). O parâmetro a* indica a intensidade das cores do verde (-) ao vermelho (+). As maçãs de todos os tratamentos apresentaram aumento dos valores de a* a partir dos 120 dias de estocagem, indicando que houve escurecimento das polpas das

maças de todos os tratamentos ao longo da estocagem, devido ao amadurecimento das frutas, pois a combinação do verde e vermelho resulta numa coloração levemente marrom. O parâmetro b^* indica a intensidade das cores variando de azul (-) ao amarelo (+). Os valores de b^* na polpa das maçãs de todos os tratamentos não apresentaram grandes variações durante a estocagem, permanecendo na faixa positiva, mais próximos do amarelo, cor característica da polpa da maçã, com uma tendência de aumento no final do período de estocagem, quando as frutas estavam à temperatura ambiente (Tabela 3). Segundo Monsalve-González et al., (1993), uma diminuição no valor de L^* e um aumento no valor de a^* são indicativos de escurecimento.

3.3 Avaliação da ocorrência de podridão e degenerescência senescente

Na Figura 6 está apresentada a distribuição da ocorrência de podridão e de degenerescência senescente das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana, usadas como branco e como controle, durante estocagem de 210 dias à temperatura de 0 °C.

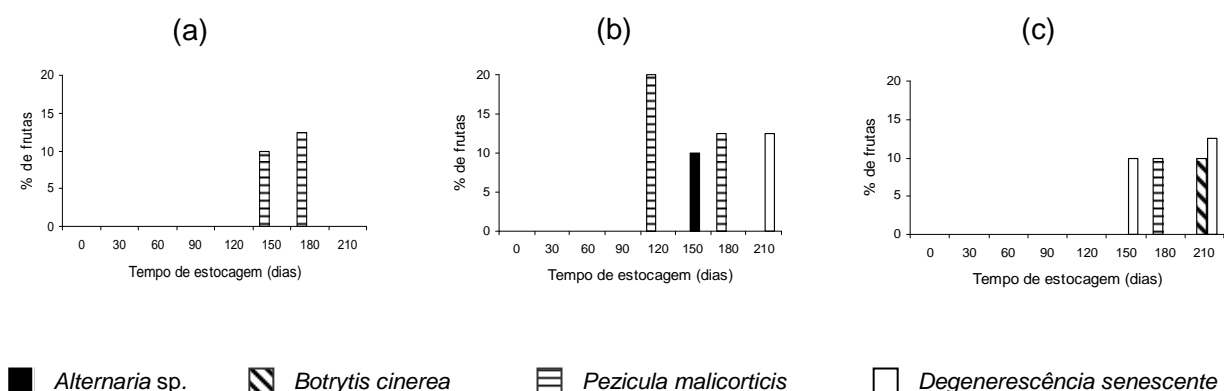


Figura 6 – Distribuição da ocorrência de podridão e de degenerescência senescente das maçãs 'Royal Gala' (a) revestidas com quitosana, (b) usadas como branco e (c) controle, durante estocagem de 210 dias à temperatura de 0 °C, expressa em porcentagem.

Só houve desenvolvimento do fungo *Botrytis cinerea* (podridão cinza) nas maçãs controle aos 210 dias de estocagem, período de estocagem das frutas a 0 °C sem atmosfera controlada, com 10% das frutas afetadas. Em relação ao patógeno *Alternaria sp.* (podridão marron), apenas as maçãs usadas como branco mostraram desenvolvimento em 10% das

frutas, aos 150 dias de estocagem. O fungo *Pezizula malicorticis* (podridão olho-de-boi) ocorreu nas frutas de todos os tratamentos, entre 20 e 12,5% de crescimento nas frutas usadas como branco aos 120 e 180 dias de estocagem, respectivamente, e entre 10 e 12,5% nas frutas revestidas com quitosana aos 150 e 180 dias de estocagem, respectivamente, e em 10% nas frutas usadas como controle aos 180 dias de estocagem. A ocorrência de degenerescência senescente foi da ordem de 12,5% nas frutas usadas como branco aos 210 dias de estocagem e de 10 e 12,5% aos 150 e 210 dias de estocagem, respectivamente, nas frutas usadas como controle. Corrent et al. (2004) obtiveram alta incidência de degenerescência senescente na polpa de maçãs 'Royal Gala' depois de 7 dias à temperatura de 20 °C, após terem sido armazenadas durante 8 meses sob atmosfera controlada a 0,5 °C.

3.4 Avaliação sensorial

A equipe que participou da avaliação sensorial foi composta por 57 julgadores, sendo 63% do sexo feminino e 37% do sexo masculino (Figura 7a). A maioria dos julgadores (53%) tinha idade entre 20 e 29 anos, 18% tinham idade entre 40 e 49 anos, 11% entre 30 e 39 anos, 11% entre 50 e 59 anos e 7% entre idade de 17 e 19 anos (Figura 7b).

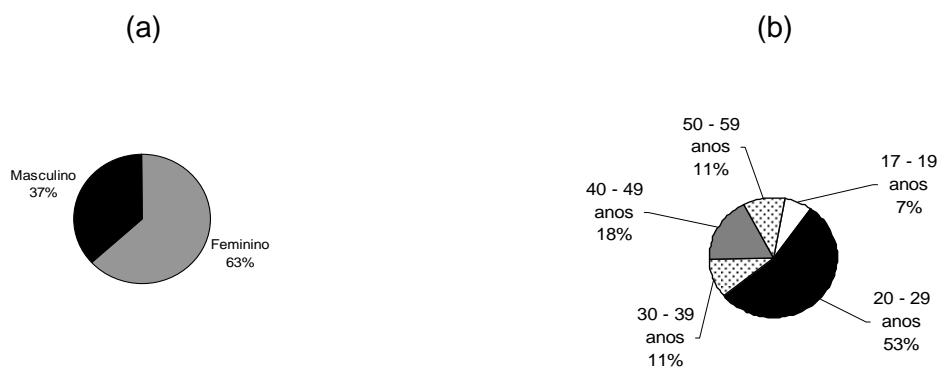


Figura 7 – Distribuição dos julgadores por (a) sexo e (b) idade.

Os julgadores foram recrutados dentre os alunos de graduação (26%), pós-graduação (34%), funcionários (26%), professores (7%) e estagiários ou alunos de pós-

doutorado (7%) da FCF/UNESP, Araraquara, SP (Figura 8a). Quanto ao nível de escolaridade, 34% cursavam o ensino superior e 28% a pós-graduação. Possuíam o curso de pós-graduação, ensino superior e ensino médio concluídos 18, 7 e 9%, respectivamente. Apenas 4% possuíam ensino médio incompleto (Figura 8b).

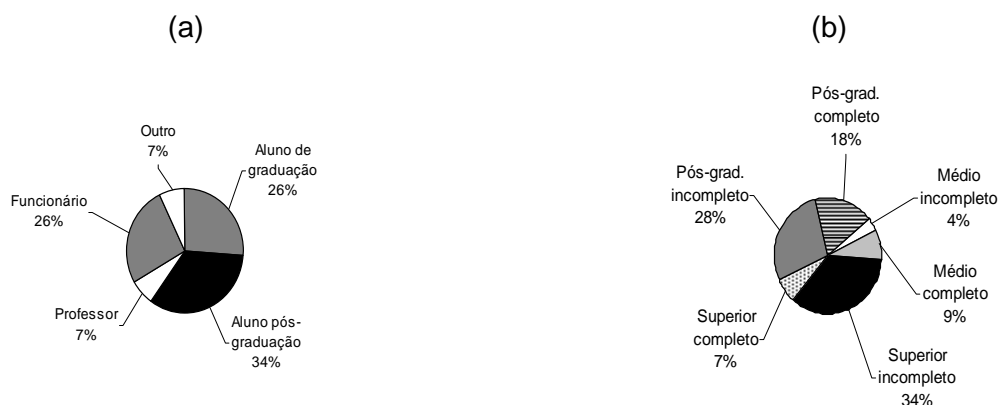


Figura 8 – Distribuição dos julgadores por (a) categoria e (b) nível de escolaridade.

Dezessete por cento dos julgadores responderam gostar muitíssimo, 37% responderam gostar muito, 37% responderam gostar moderadamente e 9% responderam gostar ligeiramente de maçã *in natura* (Figura 9a). Quanto à frequência de consumo, 41% dos julgadores relataram consumir maçã uma vez por semana, 35% duas a três vezes por semana, 12% uma vez por quinzena e 12% quatro vezes por semana ou mais (Figura 9b).

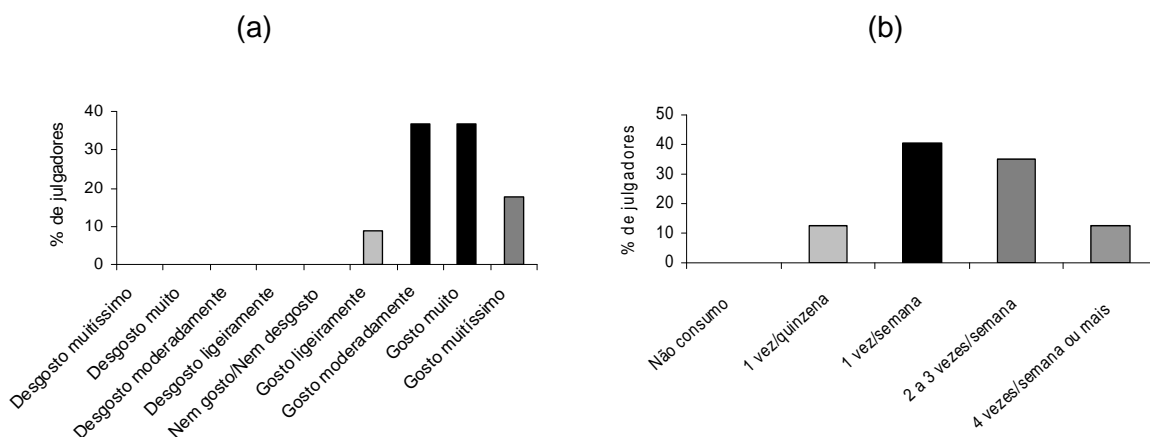


Figura 9 – Distribuição da frequência (a) do quanto cada julgador gostava de maçã *in natura* e (b) de consumo de maçã *in natura* pelos julgadores.

Na Tabela 4 estão apresentadas as médias de aceitação das maçãs ‘Royal Gala’ revestidas com quitosana, usadas como branco e como controle, durante 224 dias de estocagem. Vale ressaltar que as maçãs ficaram estocadas à temperatura de 0 °C sob atmosfera controlada de zero aos 180 dias, a 0 °C sob atmosfera ambiente aos 210 dias, e à temperatura ambiente aos 217 e 224 dias.

Tabela 4 – Médias e desvios-padrão de aceitação dos atributos avaliados na análise sensorial das maçãs ‘Royal Gala’ durante 224 dias de estocagem.

		Tempo de estocagem (dias)									
A	T	0	30	60	90	120	150	180	210	217	224
AP	A	6,44 ^b ±1,60	7,60 ^a ±1,13	6,98 ^a ±1,46	7,96 ^a ±1,16	7,44 ^a ±1,34	7,70 ^a ±1,18	7,82 ^a ±1,43	7,18 ^a ±1,62	7,56 ^a ±1,13	6,95 ^a ±1,51
	B	7,47 ^a ±1,40	6,47 ^b ±1,80	6,75 ^a ±1,64	7,33 ^b ±1,24	6,70 ^b ±1,81	6,67 ^b ±1,70	5,91 ^c ±1,78	7,33 ^a ±1,44	6,68 ^b ±1,82	6,56 ^a ±1,54
	C	7,58 ^a ±1,05	5,96 ^c ±1,86	6,82 ^a ±1,51	7,91 ^a ±0,91	6,63 ^b ±1,92	7,33 ^a ±1,39	7,14 ^b ±1,41	7,60 ^a ±1,40	6,60 ^b ±1,82	5,21 ^b ±2,02
C	A	6,47 ^a ±1,60	6,84 ^a ±1,90	6,65 ^a ±2,07	7,54 ^a ±1,18	7,14 ^{ab} ±1,64	6,75 ^b ±1,83	7,02 ^a ±1,53	7,37 ^a ±1,43	7,05 ^a ±1,80	6,93 ^a ±1,52
	B	6,88 ^a ±1,81	6,77 ^a ±1,83	7,18 ^a ±1,72	6,56 ^b ±1,80	7,37 ^a ±1,79	7,25 ^{ab} ±1,64	7,04 ^a ±1,57	6,74 ^b ±1,77	6,95 ^a ±1,69	6,47 ^a ±1,86
	C	6,91 ^a ±1,58	7,12 ^a ±1,76	6,67 ^a ±2,02	6,67 ^b ±1,73	6,53 ^b ±2,02	7,53 ^a ±1,27	6,93 ^a ±1,74	6,33 ^b ±1,87	6,51 ^a ±2,02	6,44 ^a ±1,90
IG	A	6,75 ^a ±1,48	7,14 ^a ±1,80	7,09 ^a ±1,84	7,58 ^a ±1,13	7,35 ^a ±1,30	6,91 ^a ±1,43	7,11 ^a ±1,40	7,19 ^a ±1,53	7,05 ^a ±1,66	6,98 ^a ±1,15
	B	6,82 ^a ±1,53	6,86 ^a ±1,69	7,09 ^a ±1,71	6,82 ^a ±1,60	7,16 ^a ±1,56	7,11 ^a ±1,37	7,16 ^a ±1,44	6,58 ^{ab} ±1,79	6,77 ^a ±1,68	6,33 ^a ±1,96
	C	7,07 ^a ±1,45	6,88 ^a ±1,71	6,82 ^a ±1,86	7,11 ^b ±1,46	6,96 ^a ±1,71	7,23 ^a ±1,41	7,19 ^a ±1,48	6,28 ^b ±1,66	6,70 ^a ±1,87	6,46 ^a ±1,98
AR	A	6,51 ^a ±1,58	6,35 ^a ±1,64	6,75 ^a ±1,87	6,88 ^a ±1,56	6,60 ^a ±1,55	6,30 ^a ±1,60	6,60 ^a ±1,37	6,77 ^a ±1,55	6,72 ^a ±1,66	6,70 ^a ±1,24
	B	6,60 ^a ±1,58	6,26 ^b ±1,78	6,67 ^a ±1,78	6,46 ^b ±1,40	6,63 ^a ±1,81	6,39 ^a ±1,64	6,63 ^a ±1,59	6,30 ^b ±1,56	6,61 ^a ±1,60	6,33 ^{ab} ±1,77
	C	6,61 ^a ±1,39	6,51 ^a ±1,59	6,40 ^a ±1,94	6,40 ^b ±1,65	6,58 ^a ±1,67	6,61 ^a ±1,54	6,60 ^a ±1,72	6,12 ^b ±1,59	6,60 ^a ±1,69	6,07 ^a ±1,72
S	A	6,86 ^a ±1,52	7,11 ^a ±1,71	7,18 ^a ±1,91	7,67 ^a ±1,27	6,98 ^a ±1,56	6,42 ^b ±1,79	6,67 ^a ±1,85	7,18 ^a ±1,51	6,81 ^a ±1,81	6,89 ^a ±1,42
	B	6,95 ^a ±1,60	6,91 ^a ±1,83	7,16 ^a ±1,72	6,88 ^a ±1,50	6,96 ^a ±1,57	7,14 ^a ±1,54	7,04 ^a ±1,68	6,37 ^b ±1,83	6,61 ^a ±1,64	6,51 ^a ±1,92
	C	7,33 ^a ±1,29	6,91 ^a ±1,91	7,05 ^a ±1,82	7,12 ^b ±1,66	7,14 ^a ±1,34	7,00 ^{ab} ±1,44	7,28 ^a ±1,51	6,09 ^b ±1,90	6,61 ^a ±1,83	6,44 ^a ±1,95
T	A	7,09 ^a ±1,63	7,70 ^a ±1,56	7,63 ^a ±1,69	7,89 ^a ±1,13	7,42 ^a ±1,68	6,96 ^a ±1,85	7,39 ^a ±1,53	7,47 ^a ±1,82	7,30 ^a ±1,67	6,82 ^a ±1,67
	B	7,04 ^a ±1,70	7,30 ^b ±1,73	7,23 ^a ±1,91	7,00 ^b ±1,95	7,35 ^a ±1,84	7,09 ^a ±1,79	7,37 ^a ±1,53	6,75 ^{ab} ±2,01	6,63 ^b ±1,88	6,26 ^a ±2,01
	C	7,39 ^a ±1,58	7,40 ^{ab} ±1,70	7,33 ^a ±1,96	7,51 ^{ab} ±1,73	7,51 ^a ±1,58	7,02 ^a ±2,02	7,02 ^a ±1,85	6,12 ^b ±1,92	6,81 ^{ab} ±1,90	6,70 ^a ±1,79

T - Tratamento; (A) Revestidas com quitosana; (B) Usadas como branco; (C) Controle.

Letras minúsculas iguais na mesma coluna, para cada atributo avaliado, não diferem entre si no teste de Tukey (p≤0,05).

A – Atributos; AP - Aparência; C - Cor; IG – Impressão global; AR - Aroma; S - Sabor; T – Textura.

No tempo zero de estocagem as médias de aceitação para as maçãs de todos os tratamentos variaram entre 6,44 e 7,58, o que correspondeu aos termos “gostei ligeiramente” a “gostei muito”. As maçãs revestidas com quitosana, usadas como branco e como controle não diferiram (p>0,05) entre si, no tempo zero de estocagem, em relação a todos os atributos avaliados, com exceção da aparência, atributo para o qual as maçãs

controle tiveram a maior média de aceitação e diferiram ($p \leq 0,05$) das maçãs revestidas com quitosana (Tabela 4).

Aos 30 dias de estocagem as médias de aceitação das frutas estiveram entre 5,96 e 7,70, correspondendo aos termos “nem gostei/nem desgostei” a “gostei muito”. Para os atributos cor, impressão global, aroma e sabor não houve diferença ($p > 0,05$) entre as maçãs de todos os tratamentos. Em relação à aparência, as maçãs revestidas com quitosana apresentaram a maior média de aceitação e diferiram ($p \leq 0,05$) das maçãs usadas como branco e como controle. As maçãs controle apresentaram a menor média. Para a textura, as maçãs revestidas com quitosana também apresentaram a maior média de aceitação e diferiram ($p \leq 0,05$) somente das maçãs usadas como branco, com menor média de aceitação (Tabela 4).

Aos 60 dias de estocagem as médias de aceitação das maçãs de todos os tratamentos ficaram entre 6,40 e 7,63, equivalentes aos termos “gostei ligeiramente” a “gostei muito”. Não houve diferença ($p > 0,05$) entre as maçãs em relação a todos os atributos avaliados, porém se observa que as maçãs revestidas com quitosana apresentaram as maiores médias de aceitação (Tabela 4).

Aos 90 dias de estocagem as médias de aceitação para as frutas de todos os tratamentos permaneceram entre os termos “gostei ligeiramente” a “gostei muito”, com valores entre 6,40 a 7,96. As maçãs revestidas com quitosana apresentaram as maiores médias de aceitação e diferiram ($p \leq 0,05$) das maçãs usadas como branco e como controle quanto aos atributos cor, impressão global, aroma e sabor, enquanto na aparência e textura as maçãs revestidas com quitosana diferiram ($p \leq 0,05$) somente das maçãs usadas como branco (Tabela 4).

Aos 120 dias de estocagem as médias de aceitação para as maçãs revestidas com quitosana, usadas como branco e controle permaneceram entre os termos “gostei ligeiramente” a “gostei muito”, com valores entre 6,53 a 7,51. Não ocorreu diferença ($p > 0,05$) entre as maçãs de todos os tratamentos em relação aos atributos impressão global, aroma,

sabor e textura. Para a aparência, as maçãs revestidas com quitosana diferiram ($p \leq 0,05$) das maçãs usadas como branco e como controle, apresentando média de aceitação superior. Para a cor, as maçãs usadas como branco apresentaram a maior média de aceitação, porém não diferiram ($p > 0,05$) das maçãs revestidas com quitosana, mas diferiram ($p \leq 0,05$) das maçãs controle, que apresentaram a menor média de aceitação (Tabela 4).

Aos 150 dias de estocagem as médias de aceitação das frutas de todos os tratamentos estiveram entre 6,30 e 7,70, correspondendo aos termos “gostei ligeiramente” a “gostei muito”. As maçãs revestidas com quitosana, usadas como branco e como controle não diferiram ($p > 0,05$) com relação aos atributos impressão global, aroma e textura. Para a aparência, as maçãs revestidas com quitosana tiveram a maior média de aceitação e diferiram ($p \leq 0,05$) apenas das maçãs usadas como branco. Para os atributos cor e sabor não houve diferença ($p > 0,05$) entre as maçãs usadas como branco e controle. As maçãs revestidas com quitosana diferiram ($p \leq 0,05$) das maçãs controle em relação à cor, e das maçãs usadas como branco, quanto ao sabor (Tabela 4).

Aos 180 dias de estocagem as médias de aceitação das maçãs de todos os tratamentos ficaram entre 5,91 e 7,82 referente aos termos “nem gostei/nem desgostei” a “gostei muito” da escala hedônica. Para os atributos cor, impressão global, aroma, sabor e textura não houve diferença ($p > 0,05$) entre as maçãs de todos os tratamentos. Para aparência, as maçãs revestidas com quitosana apresentaram a maior média de aceitação e diferiram ($p \leq 0,05$) das maçãs usadas como branco e como controle (Tabela 4).

Aos 210 dias de estocagem as médias de aceitação das maçãs revestidas com quitosana, usadas como branco e controle estiveram entre 6,09 e 7,60, que corresponde aos termos “gostei ligeiramente” a “gostei muito”. Não ocorreu diferença ($p > 0,05$) entre as frutas de todos os tratamentos para o atributo aparência. Para os demais atributos avaliados, as maçãs revestidas com quitosana apresentaram as maiores médias de aceitação, diferindo ($p \leq 0,05$) das maçãs usadas como branco e controle quanto aos atributos cor, aroma e sabor, e das maçãs controle em relação aos atributos da impressão global e textura

(Tabela 4).

Aos 217 dias de estocagem as médias de aceitação das frutas de todos os tratamentos estiveram entre 6,51 e 7,56, equivalentes aos termos “gostei ligeiramente” a “gostei muito” na escala hedônica. As maçãs revestidas com quitosana obtiveram a maior média de aceitação para todos os atributos avaliados e só não diferiram ($p > 0,05$) dos demais tratamentos para os atributos cor, impressão global, aroma e sabor. Quanto à aparência, as maçãs revestidas com quitosana diferiram ($p \leq 0,05$) das maçãs usadas como branco e controle, e em relação à textura diferiram ($p \leq 0,05$) das maçãs usadas como branco (Tabela 4).

Aos 224 dias de estocagem as médias de aceitação das maçãs foram de 5,21 a 6,98, que corresponde aos termos “nem gostei/nem desgostei” a “gostei moderadamente”. Neste período, as maçãs revestidas com quitosana também apresentaram a maior média de aceitação para todos os atributos avaliados, diferindo ($p \leq 0,05$) das maçãs controle apenas em relação aos atributos da aparência e aroma. Vale destacar que, entre os períodos de estocagem de 180 e 210 dias, que representa o intervalo de 30 dias de estocagem sem atmosfera controlada, ocorreu redução das médias de aceitação dos atributos cor, impressão global, aroma, sabor e textura das maçãs usadas como branco e controle, enquanto as médias de aceitação das maçãs revestidas com quitosana aumentaram (Tabela 4).

Durante todo o período de estocagem, as maçãs usadas como branco e controle tiveram as médias de aceitação reduzidas em relação aos atributos aparência, cor, impressão global, aroma, sabor e textura enquanto que as maçãs revestidas com quitosana mostraram tendência de aumento da aceitação para esses atributos, com exceção do sabor e textura, para os quais também houve redução, embora menos acentuada do que a das maçãs usadas como branco e controle (Figura 10). A aparência (Figura 10a), impressão global (Figura 10c) e aroma (Figura 10d), das maçãs usadas como branco e controle tiveram comportamento semelhante em relação à queda da aceitação ao longo da estocagem.

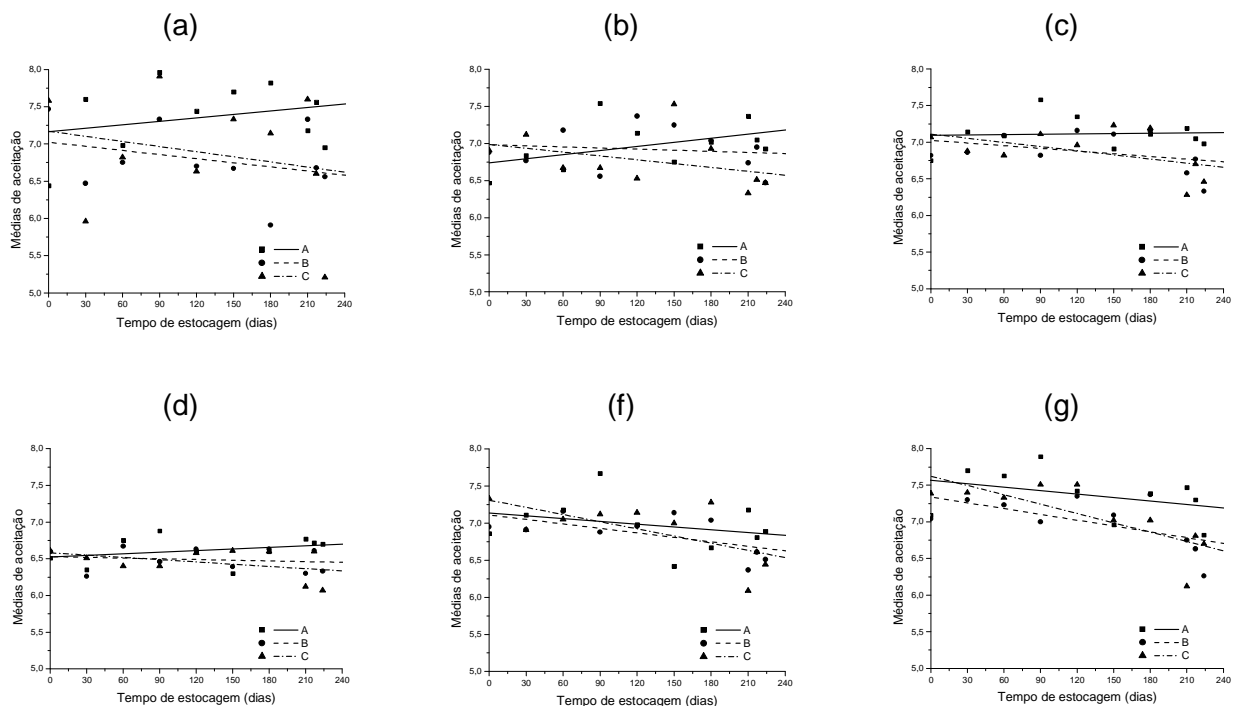


Figura 10 – Gráficos de tendência para os atributos (a) aparência, (b) cor, (c) impressão global, (d) aroma, (e) sabor e (f) textura das maçãs ‘Royal Gala’ (A) revestidas com quitosana, (B) usadas como branco e (C) controle durante 224 dias de estocagem.

A aparência é o atributo que causa maior impacto na escolha do produto por parte do consumidor, e qualquer alteração pode diminuir sua aceitabilidade. A aparência da maçã esteve relacionada à qualidade, ao índice de maturação e à deterioração da fruta, constituindo-se no primeiro critério para sua aceitação ou rejeição (BERNARDI et al., 2004; MIGUEL et al., 2010). De acordo com os comentários espontâneos dos julgadores, as maçãs controle foram as que apresentaram maior frequência de relatos sobre a aparência “murcha”, devido à perda de água ao final da estocagem. Quanto à cor (Figura 10b) as maçãs controle apresentaram redução das médias de aceitação mais acentuada que as maçãs usadas como branco, devido à redução gradativa a partir de 180 dias de estocagem. O aroma foi o atributo que apresentou menores variações das médias de aceitação entre as maçãs de todos os tratamentos nos períodos avaliados, tendo permanecido estável ao longo do tempo (Figura 10 d). Para os atributos de sabor (Figura 10e) e textura (Figura 10f) ocorreu redução das médias de aceitação das frutas de todos os tratamentos, entretanto as

maçãs revestidas com quitosana apresentaram menor redução durante a estocagem. A textura é considerada o atributo mais importante para aceitação das maçãs, pois sua redução, durante a estocagem, está relacionada à perda da crocância característica da maçã, que também está relacionada com o sabor, indicando menos frescor (JORGE et al., 2010).

A atitude de compra relativa à aparência teve maior porcentagem (> 80%) de julgadores entre “provavelmente e certamente compraria” aos zero dia de estocagem para as maçãs usadas como branco e controle, enquanto que as maçãs revestidas com quitosana tiveram 57,9%. Após 30 dias de estocagem, as maçãs revestidas com quitosana e as maçãs usadas como branco tiveram 85,9% e 61,4% respectivamente, de julgadores com atitude de compra entre “provavelmente e certamente compraria”, enquanto que as maçãs controle tiveram 49,1%, além de 28,1% na região de dúvida. Aos 60 dias de estocagem as maçãs de todos os tratamentos tiveram maior porcentagem (> 60%) de atitude de compra entre “provavelmente e certamente compraria”. Aos 90 dias de estocagem as maçãs revestidas com quitosana tiveram maior porcentagem de atitude de compra dos julgadores com 93% entre “provavelmente e certamente compraria”, enquanto que as maçãs usadas como branco e controle tiveram, respectivamente, 80,7% e 89,4%. Aos 120 dias, as maçãs revestidas com quitosana e as maçãs controle tiveram maior porcentagem de atitude de compra de “provavelmente e certamente compraria”, de 78,9 e 57,9%, respectivamente, e as maçãs usadas como branco (31,6%) ficaram na região de dúvida. Aos 150 dias de estocagem, as maçãs revestidas com quitosana e as maçãs controle tiveram atitude de compra entre “provavelmente e certamente compraria” acima de 80% e até 210 dias acima de 70%, respectivamente. As maçãs usadas como branco tiveram atitude de compra entre “provavelmente e certamente compraria” acima de 50% aos 150 e 210 dias de estocagem, entretanto aos 180 dias ficaram com 33,3% de atitude de compra na região de dúvida. Aos 217 dias, as maçãs revestidas com quitosana, maçãs usadas como branco e controle tiveram maior porcentagem de atitude de compra, 79,0, 49,2 e 57,0%, respectivamente, entre “provavelmente e certamente compraria”. No final da estocagem (224 dias), as maçãs

revestidas com quitosana e aquelas usadas como branco permaneceram com maior porcentagem de atitude de compra entre “provavelmente e certamente compraria”, com 56,2 e 52,6%, respectivamente, enquanto que as maçãs controle tiveram 40,4% de atitude de compra na região de dúvida e 42,1% entre “certamente e provavelmente não compraria” (Figura 11).

A atitude de compra referente à cor, à impressão global, ao aroma, ao sabor e à textura teve maior porcentagem dos julgadores entre “provavelmente e certamente compraria” aos zero dia de estocagem, com 59,7% para as maçãs revestidas com quitosana, 75,4% para as maçãs usadas como branco e 72,0% para as maçãs controle. As maçãs revestidas com quitosana e controle permaneceram com maior porcentagem de respostas (> 50%) entre “provavelmente e certamente compraria” até o final da estocagem, enquanto que as usadas como branco até 217 dias. Aos 210 dias as maçãs controle tiveram 40,3% de atitude de compra entre “provavelmente e certamente compraria”, além de 29,8% na região de dúvida. No final da estocagem (224 dias), as maçãs usadas como branco tiveram maior porcentagem de atitude de compra entre “provavelmente e certamente compraria”, com 49,1% e de dúvida, com 22,8% (Figura 12).

Dentre os comentários espontâneos dos julgadores em relação à aparência das maçãs, quanto ao que mais gostaram e que menos gostaram, no tempo zero de estocagem, destaca-se a cor da casca para as frutas de todos os tratamentos. Para as maçãs revestidas com quitosana, 56% dos julgadores relataram que gostaram da região na qual predominava a cor vermelha, enquanto que para as maçãs usadas como branco e controle 84 e 63%, respectivamente. Além disso, as maçãs revestidas com quitosana também tiveram relatos positivos sobre a “consistência/firmeza boa” (18%), “aparência saudável” (40%) e 21% sobre o brilho da casca da maçã. Para as maçãs usadas como branco houve comentários satisfatórios sobre “aparência saudável” (35%), “consistência/firmeza boa” (18%) e ainda sobre o tamanho da maçã (23%). Para as maçãs controle os relatos de maior frequência foram sobre a “aparência saudável” (25%).

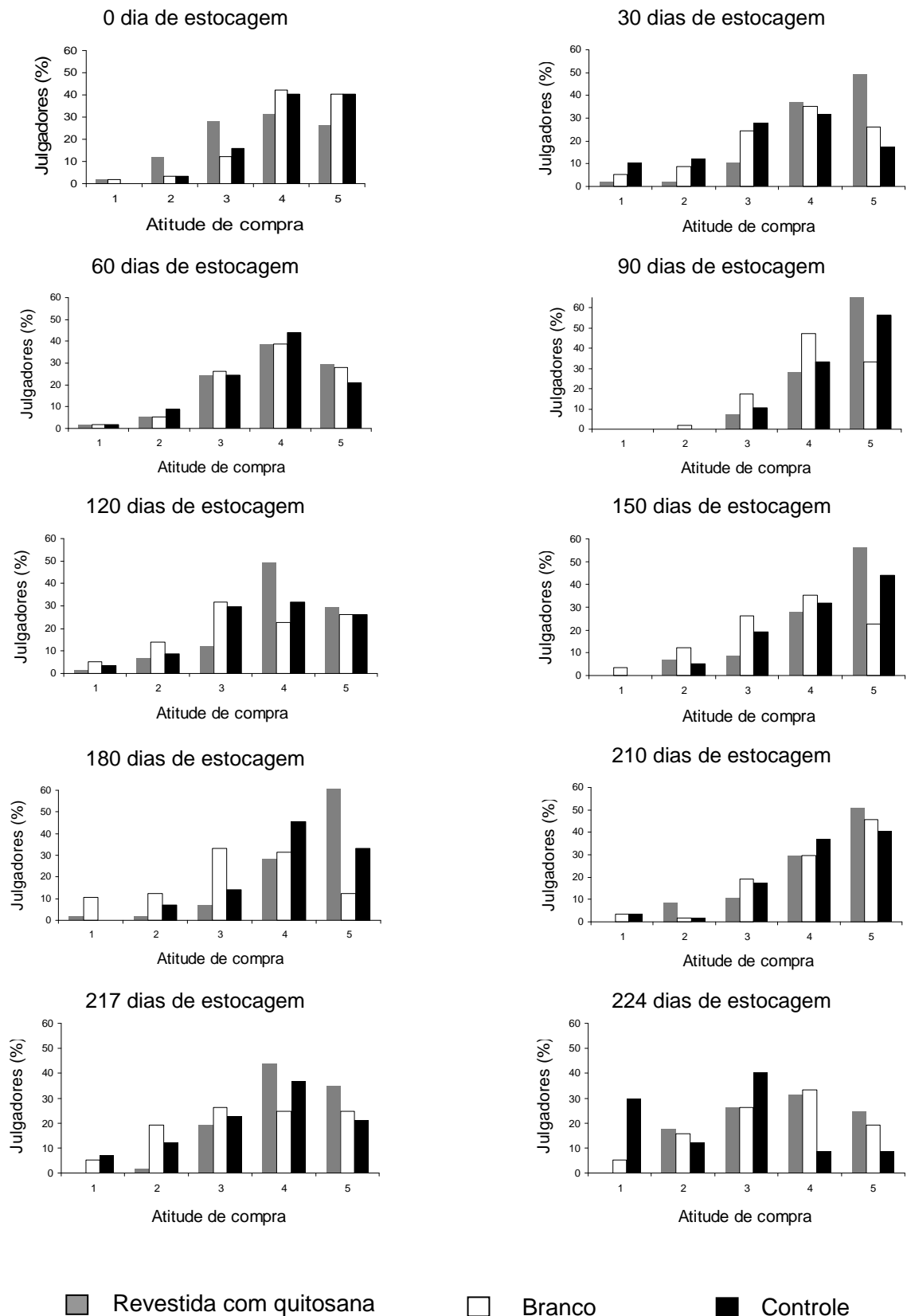


Figura 11 - Histogramas de atitude de compra dos julgadores para a aparência das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana, usadas como branco e controle. (1=certamente não compraria o produto; 2=provavelmente não compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente compraria o produto; 5=certamente compraria o produto).

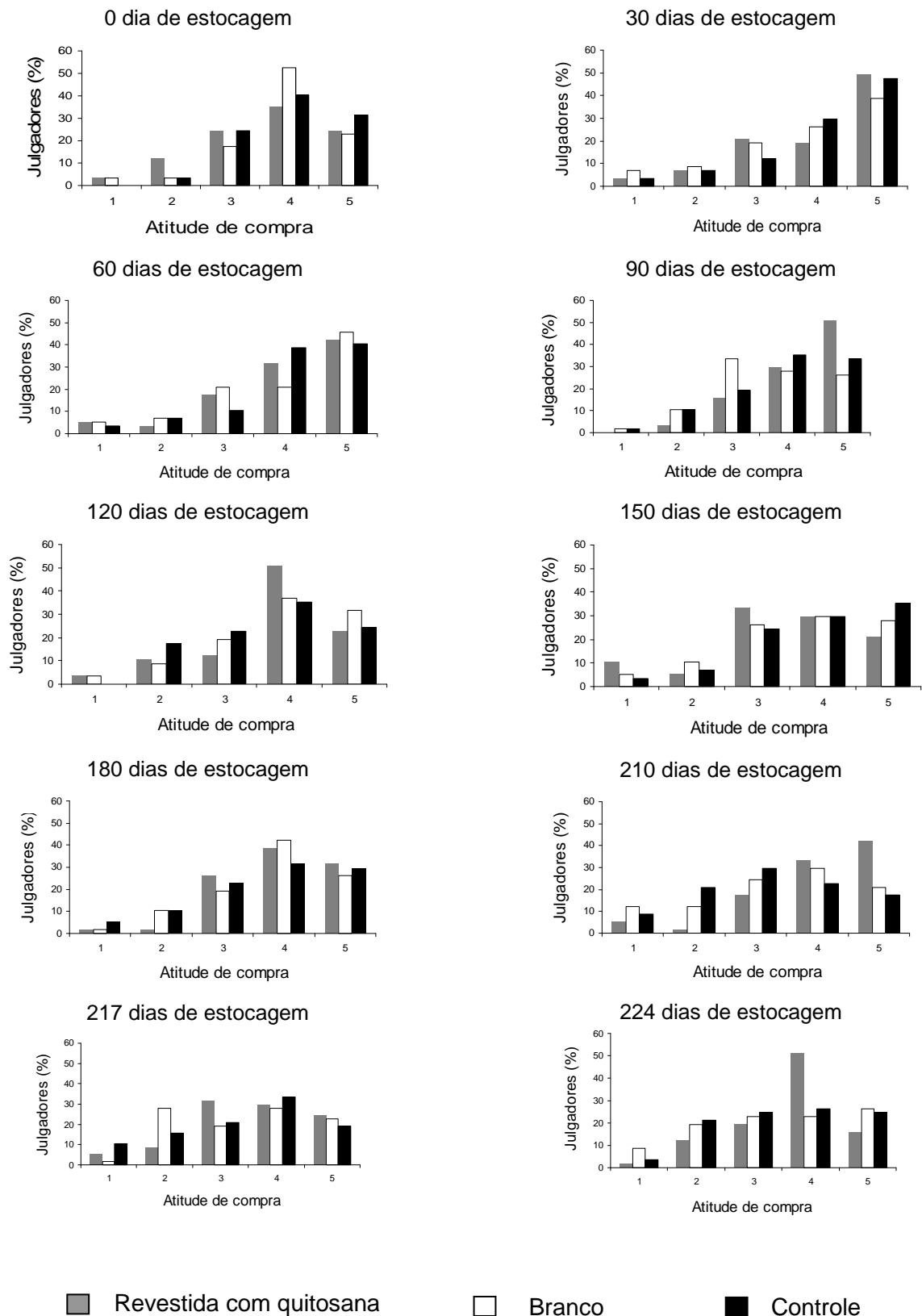


Figura 12 - Histogramas de atitude de compra dos julgadores para cor, impressão global, aroma, sabor e textura das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana, usadas como branco e controle. (1=certamente não compraria o produto; 2=provavelmente não compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente compraria o produto; 5=certamente compraria o produto).

Quanto aos relatos de “menos gostou” na maçã, evidenciou-se a coloração amarela predominante no lado da fruta, sendo 56% para as maçãs revestidas com quitosana, 44% para as maçãs usadas como branco e 30% para as maçãs controle. Embora a maioria dos julgadores tivesse relatado que a presença da coloração da casca amarela era indesejável, deve-se ressaltar que essa é uma característica da maçã ‘Royal Gala’, que possui epiderme vermelho-rajada sobre fundo amarelo podendo apresentar pequenas manchas esverdeadas ou amareladas. Entre os comentários registrados pelos julgadores, durante o período de estocagem das maçãs sob baixa temperatura (até 210 dias), os mais recorrentes relativos ao que “mais gostou” na maçã foram a aparência, a firmeza, a cor, o formato e o tamanho das frutas. Foram descritos comentários referentes às maçãs revestidas com quitosana como “vermelha intensa” (43%), “formato arredondado” (15%) e “aparência boa/apetitosa” (15%), enquanto as maçãs usadas como branco receberam comentários como “aparência de fresca” (16%), “fruta com firmeza boa” (16%) e “dominância da cor vermelha” (34%). Já as maçãs controle receberam relatos sobre “tom vermelho” (51%), “aparência atraente/bonita” (20%) e “tamanho da maçã” (10%). Em relação ao que “menos gostou” na maçã, a “cor amarela” foi bastante citada durante este período, com 23% para as maçãs revestidas com quitosana, 30% para as maçãs usadas como branco e 17% para as maçãs controle. Vale ressaltar que, aos 30 dias de estocagem, os julgadores relataram que não gostaram do formato da maçã controle (18%), com comentários como “formato desigual” e “maçã um pouco deformada”, e aos 180 dias de estocagem, as maçãs branco tiveram 15% de relatos sobre “manchas e machucados na casca”, o que, provavelmente, contribuiu para menor média de aceitação das mesmas (Tabela 4). Durante a estocagem à temperatura ambiente (217 e 224 dias) os julgadores relataram que mais gostaram da cor vermelha nas maçãs revestidas com quitosana, usadas como branco e controle (61, 53 e 54%, respectivamente). Em relação ao que menos gostaram foram descritos para as maçãs revestidas com quitosana a “cor não uniforme” (28%), enquanto que para as maçãs usadas como branco a “aparência” (18%) e a “falta de uniformidade na cor” (11%). Nas maçãs controle os relatos foram sobre a “aparência não muito boa” (24%), a “cor clara/irregular”

(10%) e “alguns machucados e lesões” (7%).

Nos comentários espontâneos dos julgadores nas fichas de avaliação da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura, indicados como “mais gostou” e “menos gostou” na maçã, os relatos mais frequentes, no tempo zero e 30 dias de estocagem, foram sobre o sabor e a textura. Embora tenha tido relatos favoráveis pela maioria dos julgadores sobre “sabor delicioso/muito bom” para as maçãs revestidas com quitosana (64%), usadas como branco (60%) e controle (54%), alguns julgadores apresentaram insatisfação quanto ao sabor das maçãs. Os julgadores descreveram comentários como “sabor ácido”, “fruta está azeda/verde”, “sabor com residual azedo”, “sabor parece ainda verde” para as maçãs revestidas com quitosana (23%), para as maçãs branco (24%) e 18% para as maçãs controle, ocorrendo também o mesmo para os relatos sobre a textura. As maçãs revestidas com quitosana, branco e controle tiveram 60, 56 e 67%, respectivamente, de comentários favoráveis da textura, enquanto que 19% dos relatos sobre “textura muito firme/dura/grosseira” foram descritos para as maçãs revestidas com quitosana, 21% para as maçãs branco e 18% para as maçãs controle. Nos períodos de 60 a 180 dias de estocagem, os comentários dos julgadores sobre o que “mais gostou” na maçã foram referentes à textura e o sabor, e quanto ao que “menos gostou” na maçã foi o aroma. As maçãs de todos os tratamentos tiveram de 40-50% de relatos dos julgadores como “sabor doce”, “sabor agradável”, “maçã suculenta”, “textura crocante” e “textura firme”. Quanto aos comentários negativos sobre o aroma, os relatos foram “aroma fraco”, “aroma não característico”, “sem aroma” e “aroma pouco intenso” sendo 17% para as maçãs revestidas com quitosana, 15% para as maçãs branco e 22% para as maçãs controle. Nos períodos de 210 e 217 dias de estocagem, os relatos dos julgadores ficaram divididos entre “mais gostou” e “menos gostou” na maçã em relação ao sabor e à textura. Para as maçãs revestidas com quitosana 19-30% dos julgadores relataram que gostaram do “sabor doce” e da “textura” da maçã, enquanto que 10% relataram que a “textura está um pouco mole” e com “sabor fraco”. Para as maçãs branco e controle de 12-19% dos julgadores gostaram do sabor e da textura, porém de 16-23% relataram que a “textura parece isopor” e o “sabor está aguado”. Aos 224

dias de estocagem, as maçãs revestidas com quitosana tiveram ainda relatos dos julgadores de 14-16% divididos entre o que mais gostaram e que menos gostaram na textura e no sabor. Para as maçãs branco e controle os comentários dos julgadores para “mais gostou” na maçã foi de 19% para “sabor adocicado” e para “menos gostou” de 18-23% para “textura murcha/mole”.

Pelos comentários gerais conclui-se que os relatos que mais se destacaram na análise da aparência das maçãs foram a cor da casca e o estado geral da fruta, em especial a firmeza, confirmando os resultados obtidos nas médias de aceitação. Para os relatos dos julgadores relativos à aceitação, evidenciou-se a textura e o sabor das maçãs, e não foi observado qualquer comentário sobre sabor estranho nas maçãs revestidas com quitosana, durante todos os períodos de avaliação, indicando que as maçãs revestidas foram aceitas.

4. CONCLUSÕES

O emprego do revestimento de quitosana foi efetivo na redução de perdas de ácido ascórbico até 180 dias de estocagem e apresentou menor variação dos açúcares redutores ao longo do tempo. A perda de água das maçãs revestidas com quitosana se manteve praticamente constante no decorrer do tempo, quando comparada às maçãs dos demais tratamentos. A firmeza da polpa das maçãs revestidas com quitosana também se manteve praticamente constante até 210 dias de estocagem, e nas maçãs usadas como branco até 120 dias. Houve queda de firmeza da polpa nas maçãs controle ao longo do tempo. As maçãs revestidas com quitosana também apresentaram luminosidade mais elevada, indicando que o revestimento de quitosana intensificou o brilho das frutas. A ocorrência de podridões foi menor nas maçãs revestidas com quitosana, além de não terem apresentado degenerescência senescente ao longo do período.

A aceitação da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura das frutas não apresentou grande variação ao longo da estocagem, indicando que o revestimento de quitosana praticamente não influenciou na aceitação da maçã. A aparência foi considerada o atributo mais importante para a aceitação das maçãs revestidas com quitosana que

apresentaram as maiores médias ao longo do tempo.

A atitude de compra das maçãs revestidas com quitosana foi entre “provavelmente e certamente compraria” ao final da estocagem.

COMITÊ DE ÉTICA

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FCF/UNESP (Protocolo nº 05/2009 e Parecer nº 35/2009) por estar de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa concedida.

À Embrapa Instrumentação Agropecuária de São Carlos, SP pelo apoio técnico e programa estatístico SAS[®] usado nos resultados deste trabalho.

Ao Dr. Odílio Benedito Garrido de Assis pelo incentivo e fornecimento da quitosana (Sigma-Aldrich) e uso do colorímetro Minolta.

À Jackeline Salmeirão de Rizzo pela colaboração no revestimento das maçãs e nas análises de cor.

À empresa Fischer S/A pelo fornecimento das maçãs ‘Royal Gala’, avaliação da ocorrência de podridões e firmeza da polpa das maçãs.

REFERÊNCIAS

AGAPOMI - ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DOS PRODUTORES DE MAÇÃ. **PRODUÇÃO DE MAÇÃ NO RIO GRANDE DO SUL - SAFRA 2008/2009**. Disponível em: <http://www.agapomi.com.br/arquivos/Res.safra_2009.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2010.

ASSIS, O. B. G.; LEONI, A. M. Filmes comestíveis de quitosana. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 1, n. 30, p. 33-38, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington, D.C., 1990. p. 910-928.

ASTM. Standard guide for the shelf life determination of consumer products by sensory evaluation. Philadelphia, 1993. 10 p. (ASTM 18.06.07)

- BERNARDI, A. C. C.; VERRUMA-BERNARDI, M. R.; WERNECK, C. G.; HAIM, P. G.; MONTE, M. B. M. **Avaliação quantitativa e qualitativa de alface cultivada em sistema zeopônico**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 11 p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 23).
- BRACKMANN, A.; GIEHL, R. F. H.; ANTES, R. B.; NEUWALD, D. A.; SESTARI, I.; PINTO, J. A. V. Condições de atmosfera controlada para o armazenamento de maçãs 'Royal Gala' de diferentes tamanhos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1049-1053, 2005b.
- BRACKMANN, A.; GIEHL, R. F. H.; SESTARI, I.; STEFFENS, C. A. Condições de atmosfera controlada, temperatura e umidade relativa no armazenamento de maçãs 'Fuji'. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 803-809, 2005a.
- BRACKMANN, A.; MELLO, A. M.; FREITAS, S. T.; VIZZOTTO, M.; STÉFFENS, C. A. Armazenamento de maçãs 'Royal Gala' sob diferentes temperaturas e pressões parciais de oxigênio e gás carbônico. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 532-536, 2001b.
- BRACKMANN, A.; NEUWALD, D. A.; STEFFENS, C. A. Armazenamento de maçã 'Fuji' com incidência de pingo-de-mel. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 526-531, 2001a.
- BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; NEUWALD, D. A.; MELLO, A. M. Armazenamento de maçã 'Royal Gala' sob diferentes concentrações de etileno. **Rev. Bras. de Agrociência**, Pelotas, v. 6, n. 1, p. 39-41, 2000.
- BRACKMANN, A.; WEBER, A.; PINTO, J. A. V.; NEUWALD, D. A.; STEFFENS, C. A. Manutenção da qualidade pós-colheita de maçãs 'Royal Gala' e 'Galaxy' sob armazenamento em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2478-2484, 2008.
- BRACKMANN, A.; WEBER, A.; SESTARI, I.; PETERLE, M. E.; BOTH, V.; PAVANELLO, E. P.; PINTO, J. A. V. 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.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº5, de 9 de fevereiro de 2006. Regulamento técnico de identidade e qualidade da maçã. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 fev. 2006.
- CANTILLANO, F. F. Distúrbios Fisiológicos. In: GIRARDI, C. L. **Maçã: pós-colheita**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. (Frutas do Brasil, 39). 45 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEFE, 1990. 320 p.
- CORRENT, A. R.; GIRARDI, C. L.; PARUSSOLO, A.; TOMAZZI, R.; FRONZA, E.; ROMBALDI, C. Efeito do 1-metilciclopropeno em maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera refrigerada e atmosfera controlada. **R. bras. Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 1, p. 91-94, 2005.
- CORRENT, A. R.; PARUSSOLO, A.; GIRARDI, C. L.; ROMBALDI, C. V. Efeito do 1-metilciclopropeno na conservação de maçãs 'Royal Gala' Em ar refrigerado e atmosfera controlada. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 217-221, 2004.
- GIRARDI, C. L.; BRACKMANN, A., PARUSSOLO, A. Colheita e armazenamento. In: NACHTIGALL, G. R. **Maçã produção**. Brasília – DF: Embrapa informação tecnológica, 2004. Cap 14, p. 148-154.

GÓMEZ, A. C. S. **Influência das condições de conservação sobre a qualidade pós-colheita 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.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE. 2009.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em: 28 jul. 2009.

JORGE, P. C. S.; NUCCI, M.; JANZANTTI, N. S.; RIZZO, J. S.; ASSIS, O. B. G.; MONTEIRO, M. Maçã 'Royal Gala' revestida com filme de quitosana, estocada à temperatura ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, (artigo submetido), 2010.

LIMA, L. C.; BRACKMANN, A.; CHITARRA, M. I. F.; BOAS, E. V. B. V.; Características de qualidade da maçã 'Royal Gala' armazenada sob refrigeração e atmosfera controlada. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 354-361, 2002.

MACDOUGALL, D. B. **Colour in food.** New York: CRC Press, 2002. 378 p.

MICROCAL SOFTWARE INC. ORIGIN[®]: Version 5.0. [S. l.], 1997.

MIGUEL, A. C. A.; ABRAHÃO, C.; DIAS, J. R. P. S.; SPOTO, M. H. F. Modificações sensoriais em abacaxi 'Pérola' armazenado à temperatura ambiente. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.30, supl. 1, 2010.

MONSALVE-GONZÁLEZ, G. V.; BARBOSA-CÁNOVAS, R. P.; CAVALIERI, A. J.; IYENGAR, R. Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods, 4-hexylresorcinol as antibrowning agent. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, p. 797-800, 1993.

PIMENTEL GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária.** 3 ed. Rev. e ampl. Piracicaba: Potafotos, 1987. 162 p.

RIGO, L. N. **Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis.** 2006. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2006.

SANBUEZA, R. M. V. Colheita e armazenamento. In: NACHTIGALL, G. R. **Maçã produção.** Brasília – DF: Embrapa informação tecnológica, 2004. Cap. 11, p. 116-134.

SAS[®]. Institute **SAS user's guide:** Statistics Inst. Cary, N. C., 2010.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices.** 2nd ed. London: Academic Press, 1993. 338 p.

CAPÍTULO 4

**INFLUÊNCIA DO REVESTIMENTO DE QUITOSANA NA
QUALIDADE DE MAÇÃS 'ROYAL GALA' ESTOCADAS À
TEMPERATURA AMBIENTE, APÓS ARMAZENAMENTO SOB
ATMOSFERA CONTROLADA E BAIXA TEMPERATURA**

INFLUÊNCIA DO REVESTIMENTO DE QUITOSANA NA QUALIDADE DE MAÇÃS 'ROYAL GALA' ESTOCADAS À TEMPERATURA AMBIENTE, APÓS ARMAZENAMENTO SOB ATMOSFERA CONTROLADA E BAIXA TEMPERATURA

Paula Canonico Silva Jorge¹, Natália Soares Janzantti¹, Jackeline Salmeirão de Rizzo², Odílio Benedito Garrido de Assis², Magali Monteiro¹

¹Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP. Rodovia Araraquara-Jaú, Km 01, CP. 502, Araraquara, SP, 14801-902.

paulajorge@gmail.com; monteiro@fctfar.unesp.br.

²Embrapa Instrumentação Agropecuária. Rua XV de Novembro, 1452, São Carlos, SP, 13560-970.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o emprego do revestimento de quitosana modificada (N,N,N-trimetil-quitosana) em maçãs estocadas à temperatura ambiente, visando prolongar a vida de prateleira durante a comercialização, após 6 meses de armazenamento sob atmosfera controlada e baixa temperatura. Maçãs 'Royal Gala' foram produzidas na safra de 2009, após o armazenamento durante 6 meses sob atmosfera controlada e baixa temperatura, condições de estocagem das frutas para o mercado externo, seguidos de armazenamento por 30 dias em atmosfera ambiente e baixa temperatura, visando simular o transporte das frutas para o mercado consumidor no exterior, foram separadas em 2 lotes. As frutas do 1º lote foram revestidas com quitosana modificada 0,2% (m/v) e as do 2º lote não receberam tratamento, e foram usadas como controle. Foi realizada a avaliação físico-química, instrumental, da ocorrência de podridões e da aceitação sensorial aos zero, 7, 14,

21, 28 e 35 dias de estocagem. O *ratio* e o teor de açúcares redutores aumentaram ao longo do tempo para as maçãs de ambos os tratamentos, enquanto que a acidez total titulável foi reduzida. O teor de sólidos solúveis e pH aumentaram nas maçãs revestidas com quitosana modificada ao longo do tempo, enquanto que para as maçãs controle permaneceu constante. O teor de açúcares totais aumentou nas maçãs controle permanecendo constante nas maçãs revestidas com quitosana modificada. O conteúdo de ácido ascórbico das maçãs foi drasticamente reduzido durante a estocagem e os sólidos totais apresentaram leve redução, com exceção das maçãs revestidas com quitosana modificada que apresentaram tendência de aumento. Houve redução gradual da firmeza da polpa das maçãs de ambos os tratamentos. As médias de aceitação da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura das maçãs não apresentaram grande variação ao longo da estocagem, indicando que o revestimento de quitosana praticamente não provocou alteração na aceitação da maçã. A aparência das maçãs revestidas com quitosana modificada apresentou as maiores médias de aceitação durante a estocagem. A atitude de compra foi confirmada pelo comportamento da aceitação das frutas. Os valores de luminosidade da epiderme das maçãs aumentaram ao longo do tempo e a razão de cromaticidade permaneceu praticamente constante, apresentando um aumento expressivo a partir dos 28 dias de estocagem. A ocorrência de podridão foi menor nas maçãs revestidas com quitosana modificada. O emprego do revestimento de quitosana modificada foi mais efetivo na redução de perdas do teor de ácido ascórbico e de açúcares redutores, e na manutenção dos açúcares totais. A aparência foi o atributo mais importante para aceitação das maçãs, que apresentaram atitude de compra abaixo de “provavelmente compraria” somente aos 21 dias de estocagem, enquanto que as maçãs controle já aos 14 dias.

Palavras-chave: quitosana modificada, maçã ‘Royal Gala’, pós-colheita, armazenamento sob atmosfera controlada, aceitação sensorial.

1. INTRODUÇÃO

O consumo de frutas na dieta tem sido cada vez mais valorizado, principalmente devido aos efeitos comprovadamente benéficos decorrentes de seu consumo regular. A maçã é a terceira fruta mais consumida pelos brasileiros, perdendo apenas para a banana e os frutos cítricos (TESSMER, 2009).

O Brasil se destaca atualmente como produtor e exportador de maçã. Na safra de 2008/2009 o volume produzido foi de 1.184.000,3 toneladas, em uma área de 36,3 mil hectares (IBGE, 2009).

A maçã 'Royal Gala' é uma das cultivares mais produzidas no país, devido principalmente ao sabor e facilidade de conservação por períodos prolongados, que visam aumentar o tempo de comercialização após o período de safra (LIMA et al, 2002).

As perdas pós-colheita de frutas devido ao amadurecimento e senescência ocorrem durante o período de armazenamento, transporte e comercialização. O armazenamento refrigerado, em atmosfera controlada e/ou modificada é usado para retardar o processo de amadurecimento e prolongar a vida pós-colheita das frutas. A atmosfera controlada apresenta maior efeito sobre o controle do amadurecimento (STEFFENS, 2006). Uma alternativa mais simples e econômica para melhorar a conservação de frutas durante a sua comercialização é a utilização da atmosfera modificada, que pode exercer efeito semelhante à atmosfera controlada. O uso desta técnica consiste basicamente no revestimento da fruta por um filme, geralmente biodegradável, que oferece barreira à passagem da água e dos gases. Esta propriedade de barreira, juntamente com o processo respiratório das frutas, reduz o O₂ e aumenta o CO₂ no interior do filme, causando modificação da atmosfera e mantendo uma alta umidade relativa (FAKHOURI & GROSSO, 2003).

Estudos utilizando filmes ou revestimentos aplicados em laranjas (ALLEONI et al., 2006), em amoras (MENEGHEL et al., 2008), em pêssegos (JACOMETTI et al., 2003), em tangerinas (ATARASSI et al., 2006) dentre outros, visavam manter e estender a qualidade e a vida útil das frutas *in natura*, bem como reduzir a quantidade de embalagens descartáveis não biodegradáveis.

Dentre os filmes e revestimentos empregados em frutas e vegetais destaca-se o de quitosana. A quitosana, polissacarídeo obtido da desacetilização da quitina, é capaz de formar filmes semipermeáveis aumentando a vida de prateleira de frutas *in natura*. Filmes e revestimentos à base de quitosana modificam a atmosfera ao redor das frutas evitando alterações físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais, aliado ao fato de serem comestíveis e de possuírem propriedades antifúngicas (RIGO, 2006).

A quitosana comercial, que possui a propriedade de se solubilizar em soluções ácidas diluídas, tem sido empregada como revestimento de uva (CAMILI et al., 2007), mamão (CIA, 2005), morango (RIBEIRO, 2005), pêra (LIN et al., 2008), polpa de lichia (DONG et al., 2004), maçã minimamente processada (ASSIS & PESSOA, 2004), cenoura (DURANGO et al., 2006) e alho (BOTREL et al., 2007).

Além da quitosana comercial, o derivado da quitosana (N,N,N-trimetil-quitosana) desenvolvida pela Embrapa Instrumentação Agropecuária de São Carlos, SP, também pode ser usado como filme para revestimento de frutas, possuindo solubilidade em água, o que facilita sua preparação e aplicação (BRITTO & ASSIS, 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso da quitosana modificada (N,N,N-trimetil-quitosana) como revestimento em maçãs da variedade 'Royal Gala', após 180 dias de armazenamento a 0 °C sob atmosfera controlada, seguido de 30 dias de armazenamento a 0 °C em atmosfera ambiente, visando prolongar seu período de comercialização.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Foram utilizadas maçãs da variedade 'Royal Gala', classificadas como categoria 2, de acordo com a Instrução Normativa nº 5, 09/02/06 do MAPA. As frutas foram produzidas na região de Fraiburgo, SC (latitude 27° 01' 14,38" S – longitude 50° 55' 42,55" O), fornecidas pela empresa Fischer S/A.

Para o revestimento das frutas foi utilizado derivado hidrossolúvel da quitosana

(N,N,N-trimetil-quitosana), desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária de São Carlos, SP (BRITTO & ASSIS, 2007) e água destilada.

2.1.1 Preparo do revestimento de quitosana

O revestimento usado nas frutas foi preparado com N,N,N-trimetil-quitosana 0,2% (m/v) dissolvida em água destilada (BRITTO & ASSIS, 2007).

2.1.2 Preparo das amostras

As maçãs foram colhidas em 13 de fevereiro de 2009, período em que o índice de colheita¹ era compatível com o armazenamento da maçã por período prolongado. As frutas foram imediatamente transportadas à unidade de beneficiamento da empresa, lavadas com solução de hipoclorito de sódio (0,0015%, v/v) e selecionadas manualmente, sendo descartadas aquelas que apresentavam injúrias, deformações, podridões e marcas de ataque de insetos. Posteriormente, as frutas foram conduzidas por fluxo de água para a classificação de acordo com a cor e peso, realizada por sensores eletrônicos com o objetivo de selecionar frutas uniformes e, finalmente, foram acondicionadas em grandes caixas de madeira (*bins*), que comportam aproximadamente 350 a 400Kg de fruta. Frutas de um desses *bins*, do qual foi obtido um lote de 70Kg, foram usadas nesse trabalho, tendo sido adicionalmente selecionadas, considerando que lesões mínimas levavam ao descarte. As maçãs foram acondicionadas em caixas de papelão e armazenadas em atmosfera controlada (1,8% O₂ e 2,5% CO₂), umidade relativa de 88-96% na temperatura de 0 °C por um período de 180 dias na câmara fria da unidade de beneficiamento da empresa Fischer S/A, simulando as condições de estocagem das frutas para o mercado externo. Em seguida, as frutas foram armazenadas em atmosfera ambiente na temperatura de 0 °C e umidade

¹Usado para determinar o momento ótimo de início da colheita da maçã. Baseia-se em testes capazes de identificar alterações nas características das frutas (índice de iodo-amido, sólidos solúveis, acidez total titulável, firmeza da polpa e cor de fundo da epiderme) (GIRARDI et al., 2004).

relativa de 88-96%, por 30 dias na câmara fria da unidade de beneficiamento da empresa Fischer S/A, simulando o transporte das frutas para o mercado consumidor no exterior, e após este período, as maçãs foram transportadas até o Laboratório de Análise de Alimentos, da Faculdade de Ciências Farmacêuticas-FCF/UNESP, sendo separadas em 2 lotes de 35Kg cada. As frutas do 1º lote foram revestidas com N,N,N-trimetil-quitosana, visando prolongar a vida de prateleira durante a comercialização, e as do 2º lote não receberam qualquer tratamento, e foram usadas como controle.

O revestimento das frutas foi feito por imersão. As maçãs foram individualmente imersas na solução do revestimento de quitosana, e permaneceram por 15 segundos, seguidas de drenagem e secagem à temperatura ambiente durante 12 horas.

Após o tratamento, as maçãs foram acondicionadas em caixas de papelão e armazenadas à temperatura ambiente, simulando as condições de comercialização.

2.2 MÉTODOS

Foram realizadas a avaliação sensorial, físico-química, da ocorrência de podridões e degenerescência senescente, da firmeza da polpa e coloração da epiderme e polpa das frutas durante 35 dias de estocagem, nos seguintes períodos de tempo: zero (depois da estocagem refrigerada por 210 dias, imediatamente após o tratamento), 7, 14, 21, 28 e 35 dias (ASTM, 1993).

2.2.1 Avaliação das características físico-químicas

Para as análises físico-químicas foram utilizadas seis frutas, escolhidas aleatoriamente a cada período de análise. As frutas foram trituradas e homogeneizadas em processador de alimentos marca Arno, modelo Trion, tendo sido o pedúnculo e as sementes retirados previamente.

Foi realizada a determinação do teor de sólidos totais utilizando estufa (marca

Fabbe-Primar, modelo 170) com circulação de ar a 105 °C, do teor de sólidos solúveis (Refratômetro Carl Zeiss, modelo I), da acidez total titulável, dos açúcares redutores e totais, do ácido ascórbico e do pH (Digimed, modelo DM-22) (AOAC, 1990).

Todas as análises físico-químicas foram efetuadas em triplicata, em cada período de tempo, para cada lote de fruta.

2.2.2 Avaliação da firmeza de polpa e coloração da epiderme e polpa

Para análise da cor foi utilizado o colorímetro Minolta, modelo CR-400/410 e foram avaliados os parâmetros L* (luminosidade - branco (máximo) ao preto (mínimo)), a* e b* (cromaticidade - verde(-)/vermelho(+) e azul(-)/amarelo(+), respectivamente). As leituras foram feitas diretamente sobre a superfície da epiderme da fruta, tanto na região em que predomina a coloração vermelha como na de coloração amarela, utilizando quatro frutas de cada lote durante todo período de estocagem, com medidas em triplicatas. Em seguida as frutas foram cortadas, transversalmente ao meio, e imediatamente foi efetuada também a avaliação da cor da polpa da fruta, com três repetições.

A firmeza da polpa foi avaliada em texturômetro GUSS, modelo FTA GS 14, usando cinco frutas de cada lote. As medidas foram feitas em dois pontos opostos na região equatorial, com medidas em triplicatas.

2.2.3 Avaliação da ocorrência de podridões e degenerescência senescente

A avaliação da ocorrência de podridões foi realizada por análise visual e determinada pela contagem de frutas que apresentaram lesões e manchas com características próprias de crescimento de fungos, sendo expressa em porcentagem (SANBUEZA, 2004). A degenerescência senescente² foi avaliada após vários cortes na

²Distúrbio fisiológico causado ao remover a fruta do armazenamento refrigerado e expor a altas temperaturas durante a comercialização. Não apresenta sintomas no exterior da fruta, podendo ser observado na polpa somente quando cortada. Inicia-se no tecido logo abaixo da película, apresentando-se com coloração marrom clara. Em estádios avançados, caracteriza-se por uma decomposição da fruta (CANTILLANO, 2004).

secção transversal das frutas, com contagem de frutas que apresentaram escurecimento da polpa, sendo expresso em porcentagem. Foram utilizadas 10 frutas por período, de cada lote.

2.2.4 Avaliação sensorial

A avaliação sensorial das maçãs foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial, da FCF/UNESP por uma equipe de 79 julgadores, recrutada mediante uso de questionário contendo perguntas sobre dados pessoais, ocupação, nível de escolaridade, quanto os julgadores gostavam ou desgostavam de maçã *in natura* e frequência de consumo (Figura 1).

O critério adotado para seleção dos julgadores considerou aqueles que consumissem maçã no mínimo uma vez por quinzena e que gostassem no mínimo ligeiramente de maçã. Também foram considerados o interesse e a disponibilidade em participar dos testes sensoriais.

Foi utilizado o teste de aceitação para avaliação da aparência, da impressão global, da cor, do aroma, do sabor e da textura, usando escala hedônica estruturada de nove pontos (9=gostei muitíssimo; 5=nem gostei nem desgostei; 1=desgostei muitíssimo) (STONE & SIDEL, 1993), e avaliada a intenção de compra usando escala de cinco pontos (5=certamente compraria; 3=tenho dúvida se compraria ou não; 1=certamente não compraria). Foi também solicitado aos julgadores que relatassem o que mais gostaram e menos gostaram na maçã (Figuras 2 e 3).

Para avaliação da aparência, frutas inteiras de cada lote foram dispostas em pratos descartáveis, codificados com números aleatórios de três dígitos, que também foram apresentadas aos julgadores de forma monádica, em cabinas individuais iluminadas com lâmpada de tungstênio, juntamente com a ficha de avaliação.

Para avaliação da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura as maçãs foram fatiadas no sentido longitudinal (16 fatias). As fatias de maçã foram dispostas

em pratos descartáveis, codificados com números aleatórios de três dígitos, apresentadas monadicamente, uma fatia de maçã por prato, à temperatura ambiente. A avaliação sensorial foi conduzida em cabinas individuais, iluminadas com lâmpada de tungstênio, tendo ficado à disposição dos julgadores água e biscoito tipo água, para uso antes e entre as amostras de cada lote, e a ficha de avaliação.

Por favor, preencha o questionário com todas as informações solicitadas.

Nome: _____

e-mail: -----

Idade: _____ Sexo: () Feminino () Masculino

Categoria: () Aluno de graduação – Ano _____ () Integral () Noturno

() Aluno de pós-graduação – Ramal _____

() Professor – Ramal _____

() Funcionário – Ramal _____

() Outro _____

Nível de escolaridade: () Ensino fundamental incompleto () Superior incompleto
() Ensino fundamental completo () Superior completo
() Ensino médio incompleto () Pós-graduação incompleto
() Ensino médio completo () Pós-graduação completo

Utilizando a escala abaixo, indique o quanto você gosta ou desgosta de maçã *in natura*:

- (9) Gosto muitíssimo
- (8) Gosto muito
- (7) Gosto moderadamente
- (6) Gosto ligeiramente
- (5) Nem gosto/nem desgosto _____
- (4) Desgosto ligeiramente
- (3) Desgosto moderadamente
- (2) Desgosto muito
- (1) Desgosto muitíssimo

Com que frequência, em média, você consome maçã *in natura*:

- (5) 4 vezes/semana ou mais
- (4) 2 a 3 vezes/semana
- (3) 1 vez/semana _____
- (2) 1 vez/quinzena
- (1) Não consumo

MUITO OBRIGADA!

Figura 1 – Questionário de recrutamento dos julgadores para análise sensorial das maçãs ‘Royal Gala’.

Nome: _____ Data: _____ Amostra nº _____

Observe a amostra de “maçã” e avalie-a com relação à APARÊNCIA, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

O que mais gostou na amostra de “maçã”?

O que menos gostou na amostra de “maçã”?

Assinale, para esta amostra, qual seria sua atitude quanto à compra do produto.

- () eu certamente não compraria este produto
- () eu provavelmente não compraria este produto
- () tenho dúvidas se compraria ou não este produto
- () eu provavelmente compraria este produto
- () eu certamente compraria este produto

Justificativa:

MUITO OBRIGADA PELA COOPERAÇÃO!

Figura 2 – Ficha de avaliação sensorial da aparência das maçãs ‘Royal Gala’.

Nome: _____ Data: _____ Amostra nº _____

Observe a amostra de “maçã” e avalie-a com relação à COR, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

Prove a amostra de “maçã” e indique sua IMPRESSÃO GLOBAL, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

Aspire à amostra de “maçã” e avalie-a com relação ao AROMA, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

Prove a amostra de “maçã” e avalie-a com relação ao SABOR, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

Prove a amostra de “maçã” e avalie-a de acordo com a TEXTURA, usando a escala abaixo:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
desgostei muitíssimo	desgostei muito	desgostei moderadamente	desgostei ligeiramente	nem gostei/ nem desgostei	gostei ligeiramente	gostei moderadamente	gostei muito	gostei muitíssimo

O que mais gostou na amostra de “maçã”?

O que menos gostou na amostra de “maçã”?

Assinale, para esta amostra, qual seria sua atitude quanto à compra do produto.

- () eu certamente não compraria este produto
- () eu provavelmente não compraria este produto
- () tenho dúvidas se compraria ou não este produto
- () eu provavelmente compraria este produto
- () eu certamente compraria este produto

Justificativa:

MUITO OBRIGADA PELA COOPERAÇÃO!

Figura 3 – Ficha de avaliação sensorial da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura das fatias de maçãs ‘Royal Gala’.

2.2.5 Análise estatística

Os resultados obtidos em cada período de tempo estudado tiveram as médias comparadas pelo teste t – Student ($p < 0,05$) (EXCEL[®], 2007). Foram, também, realizados gráficos de tendência ao longo da estocagem (ORIGIN[®], 1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação físico-química

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados referentes à avaliação físico-química das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana modificada e das usadas como controle, ao longo do período de estocagem à temperatura ambiente. O conteúdo de sólidos solúveis variou entre 12,9 e 14,1 °Brix para as maçãs revestidas com quitosana modificada e entre 13,4 e 14,2 °Brix para as maçãs usadas como controle. As maçãs revestidas com quitosana modificada apresentaram maior teor de sólidos solúveis ($p \leq 0,05$) somente aos 35 dias de estocagem, não tendo ocorrido diferença significativa ($p > 0,05$) com relação às frutas usadas como controle aos 21 e 28 dias (Tabela 1). Na Figura 4a pode ser observado que o teor de sólidos solúveis nas maçãs usadas como controle, praticamente se manteve constante, e já mais elevado desde o início da estocagem. Para as maçãs revestidas com quitosana modificada houve aumento gradativo no teor de sólidos solúveis, atingindo o mesmo teor observado nas maçãs usadas como controle aos 35 dias de estocagem. Considerando que o aumento do teor de sólidos solúveis pode ser ocasionado pela desidratação das frutas, os resultados indicaram que o revestimento com quitosana pode ter influenciado no retardo da perda de água das maçãs durante os 35 dias estocagem à temperatura ambiente.

Em relação ao conteúdo de acidez total titulável, as maçãs revestidas com quitosana modificada apresentaram teores entre 0,24 e 0,15g ácido málico/100g enquanto que as usadas como controle apresentaram variação entre 0,22 e 0,14g ácido málico/100g. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no conteúdo de acidez total titulável entre as maçãs revestidas com quitosana modificada e àquelas usadas como controle aos 21 e 28

dias de estocagem embora tenha havido redução no conteúdo de acidez total titulável nas maçãs ao longo da estocagem (Tabela 1) (Figura 4b). Ferri et al. (2007) verificaram redução da acidez total titulável em maçãs ‘Catarina’ e ‘Fuji’ estocadas à temperatura ambiente durante 30 dias. Brackmann et al. (2004) também relataram redução da acidez total titulável em maçãs ‘Gala’ armazenadas sob refrigeração a 0,5 °C por 180 dias após 14 dias a 20 °C.

Tabela 1 – Médias e desvios-padrão dos parâmetros físico-químicos das maçãs ‘Royal Gala’ durante estocagem à temperatura ambiente.

		Tempo de estocagem (dias)					
P	T	0	7	14	21	28	35
SS	A	13,1 ^b ±0,1	13,3 ^b ±0,1	13,3 ^b ±0,1	13,3 ^a ±0,1	13,9 ^a ±0,1	14,1 ^a ±0,1
	B	13,5 ^a ±0,1	14,1 ^a ±0,1	14,2 ^a ±0,2	13,5 ^a ±0,1	14,1 ^a ±0,1	13,7 ^b ±0,1
ATT	A	0,24 ^a ±0,00	0,19 ^b ±0,00	0,20 ^b ±0,00	0,18 ^a ±0,00	0,16 ^a ±0,00	0,15 ^a ±0,00
	B	0,21 ^b ±0,00	0,21 ^a ±0,01	0,21 ^a ±0,00	0,20 ^a ±0,01	0,15 ^a ±0,00	0,14 ^b ±0,00
Ratio	A	55,5 ^b ±0,6	66,7 ^a ±1,2	67,0 ^a ±0,7	76,1 ^a ±1,7	84,8 ^b ±0,2	95,2 ^a ±1,8
	B	66,0 ^a ±0,8	65,9 ^a ±2,2	66,1 ^a ±1,6	69,1 ^a ±4,9	90,6 ^a ±0,1	96,8 ^a ±2,4
pH	A	3,91 ^b ±0,07	4,04 ^a ±0,03	4,18 ^a ±0,12	4,14 ^a ±0,05	4,16 ^a ±0,03	4,18 ^a ±0,07
	B	4,22 ^a ±0,04	4,01 ^a ±0,07	4,17 ^a ±0,09	4,18 ^a ±0,10	4,12 ^a ±0,13	4,19 ^a ±0,09
AR	A	7,4 ^a ±0,2	8,9 ^a ±0,2	9,6 ^b ±0,1	8,7 ^a ±0,1	8,4 ^b ±0,1	8,9 ^b ±0,1
	B	7,6 ^a ±0,2	8,4 ^b ±0,1	10,2 ^a ±0,1	8,4 ^a ±0,2	8,9 ^a ±0,1	9,4 ^a ±0,1
AT	A	8,8 ^b ±0,1	10,5 ^a ±0,1	11,2 ^b ±0,2	10,0 ^b ±0,1	9,7 ^a ±0,2	9,7 ^b ±0,2
	B	9,1 ^a ±0,1	9,8 ^b ±0,1	12,5 ^a ±0,1	10,6 ^a ±0,1	10,0 ^a ±0,1	10,2 ^a ±0,0
ST	A	14,9 ^a ±0,2	14,4 ^b ±0,1	14,9 ^b ±0,1	14,3 ^a ±0,2	14,8 ^b ±0,1	15,6 ^a ±0,2
	B	14,6 ^a ±0,1	15,6 ^a ±0,3	15,8 ^a ±0,1	14,4 ^a ±0,1	15,2 ^a ±0,2	14,9 ^b ±0,1
AA	A	56,0 ^a ±7,6	51,1 ^a ±2,4	39,2 ^a ±0,7	39,0 ^a ±6,0	37,5 ^a ±5,0	34,9 ^a ±4,6
	B	51,0 ^a ±2,8	58,1 ^a ±2,1	26,7 ^b ±3,2	36,0 ^a ±5,1	39,4 ^a ±2,2	33,1 ^a ±6,9

T- Tratamento. (A) Revestidas com quitosana modificada; (B) Controle.

Letras minúsculas iguais na mesma coluna para cada parâmetro analisado, não diferem entre si no teste t de Student (p≤0,05). P- Parâmetros; SS- Sólidos solúveis (°Brix); ATT- Acidez total titulável (g ácido málico/100g maçã); AR- Açúcares redutores (g glicose/100g maçã); AT- Açúcares totais (g glicose/100g maçã); ST- Sólidos totais (% m/m); AA- Ácido ascórbico (mg/100g maçã).

Quanto ao *ratio*, as maçãs revestidas com quitosana modificada e aquelas usadas como controle apresentaram valores entre 55,5 e 95,2 e 65,9 e 96,8, respectivamente. Apenas aos zero e 28 dias de estocagem ocorreu diferença significativa (p≤0,05) em relação

ao *ratio* entre as maçãs de ambos os tratamentos (Tabela 1). Durante a estocagem, o *ratio* apresentou acentuado aumento, em virtude da elevação dos sólidos solúveis e redução da acidez (Figura 4c). O aumento do *ratio* durante os 35 dias de estocagem foi de 41,7% para as maçãs revestidas com quitosana modificada e 31,8% para as maçãs usadas como controle. Ferri et al. (2007) também relataram aumento do *ratio* em maçãs 'Catarina' e 'Fuji' estocadas à temperatura ambiente durante 30 dias.

Os valores de pH variaram entre 3,91 e 4,18 para as maçãs revestidas com quitosana modificada e entre 4,01 e 4,22 para as maçãs controle. Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) no pH entre as maçãs revestidas com quitosana modificada e aquelas usadas como controle somente no tempo zero de estocagem (Tabela 1). Ao longo do tempo, o pH das frutas usadas como controle se manteve praticamente constante, com leve tendência de aumento e, nas maçãs revestidas com quitosana modificada houve aumento acentuado (Figura 4d).

O teor de açúcares redutores das maçãs revestidas com quitosana modificada e das maçãs usadas como controle apresentou valores entre 7,4 e 9,6g glicose/100g e 7,6 e 10,2g glicose/100g, respectivamente. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as maçãs aos zero e 21 dias de estocagem (Tabela 1). Na Figura 4e pode ser observado aumento do teor de açúcares redutores ao longo do tempo. As maçãs usadas como controle apresentaram aumento mais acentuado do que as maçãs revestidas com quitosana modificada.

O teor de açúcares totais das maçãs revestidas com quitosana modificada variou entre 8,8 e 11,2g glicose/100g, enquanto que nas maçãs usadas como controle apresentou variações entre 9,1 e 12,5g glicose/100g. As maçãs revestidas com quitosana modificada apresentaram maior teor de açúcares totais ($p \leq 0,05$) somente aos 7 dias de estocagem, e apenas aos 28 dias não houve diferença significativa ($p > 0,05$) em relação às maçãs usadas como controle (Tabela 1). Durante a estocagem, o conteúdo de açúcares totais nas maçãs revestidas com quitosana modificada se manteve praticamente constante, enquanto que nas maçãs usadas como controle ocorreu aumento (Figura 4f).

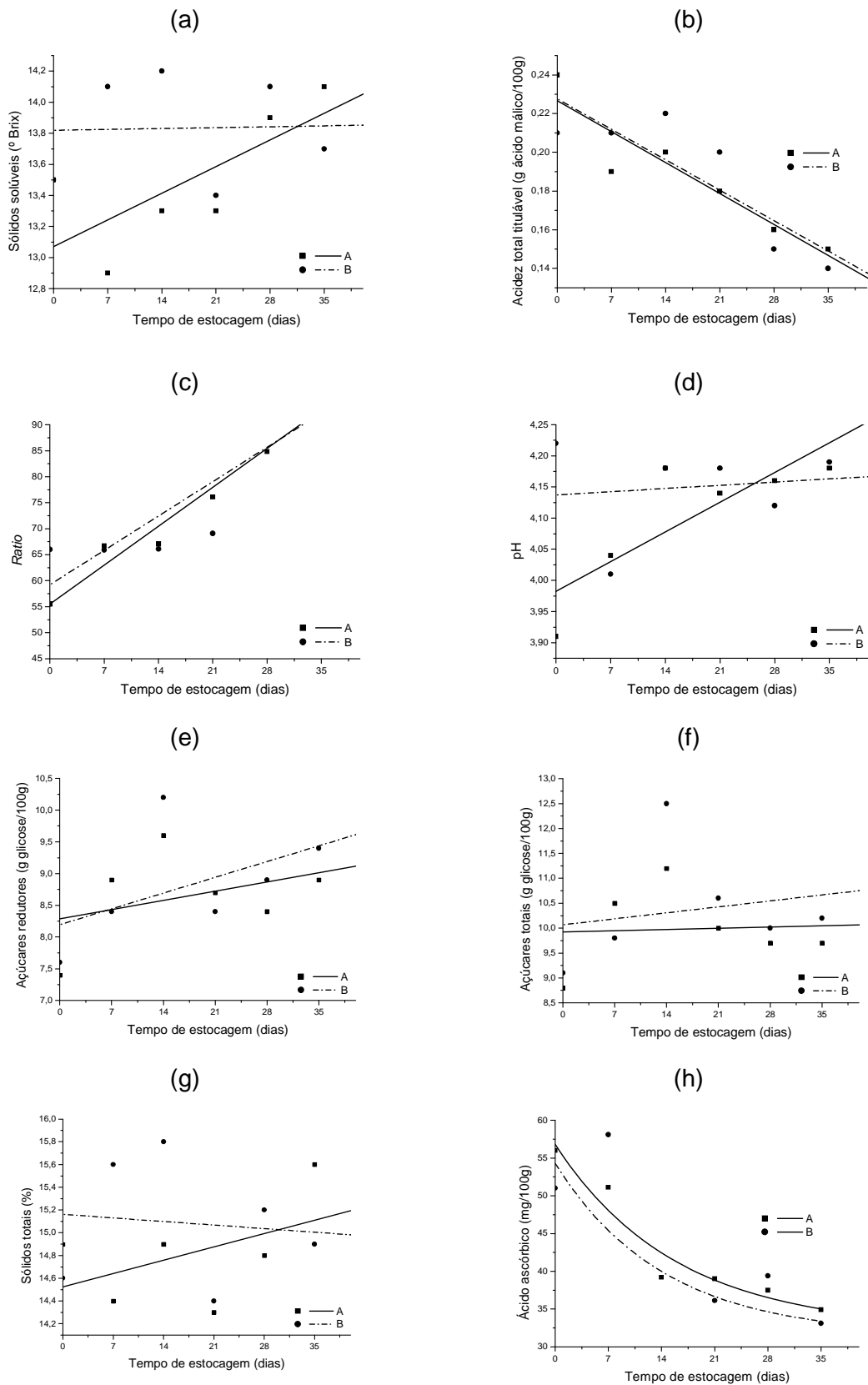


Figura 4 – Gráficos de tendência para (a) teor de sólidos solúveis, (b) teor de acidez total titulável, (c) *ratio*, (d) pH, (e) teor de açúcares redutores, (f) teor de açúcares totais, (g) teor de sólidos totais e (h) teor de ácido ascórbico das maçãs ‘Royal Gala’ (A) revestidas com quitosana modificada e (B) controle durante estocagem à temperatura ambiente.

Os resultados do teor de sólidos totais mostraram pequena variação durante o período de estocagem, de 15,6 a 14,3% (m/m) para as maçãs revestidas com quitosana modificada e para as maçãs usadas como controle de 15,8 a 14,4% (m/m). Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no conteúdo de sólidos totais das maçãs apenas aos zero e 21 dias de estocagem (Tabela 1). Pode ser verificado pela Figura 4g que as maçãs usadas como controle apresentaram pequena redução do teor de sólidos totais, indicando que a umidade praticamente foi mantida durante a estocagem à temperatura ambiente. As maçãs revestidas com quitosana modificada apresentaram tendência de aumento no teor de sólidos totais indicando que houve perda de umidade, sob as mesmas condições de estocagem.

O teor de ácido ascórbico variou para as maçãs revestidas com quitosana modificada entre 56,0 e 34,9mg ácido ascórbico/100g e para as maçãs usadas como controle entre 58,1 e 26,7mg ácido ascórbico/100g. Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as maçãs em relação ao teor de ácido ascórbico somente aos 14 dias de estocagem, com redução expressiva nas frutas de ambos os tratamentos durante a estocagem. Aos 14 dias de estocagem, as maçãs usadas como controle apresentaram a maior perda no teor de ácido ascórbico (47,6%), em relação ao início da estocagem, enquanto que nas maçãs revestidas com quitosana modificada a perda foi gradual ao longo da estocagem (Tabela 1). A variação do conteúdo do ácido ascórbico foi ajustada usando a curva de decaimento exponencial de 1ª ordem, do tipo $y = y_0 + A_1 e^{(-x/t_1)}$. Pode ser verificado que houve queda no teor de ácido ascórbico nas maçãs de ambos os tratamentos. As maçãs revestidas com quitosana modificada apresentaram menores perdas de ácido ascórbico ao longo do tempo (Figura 4h). Atarassi et al. (2006) também constataram diminuição do teor de ácido ascórbico em tangerina 'Ponkan' revestida com cera, armazenada em temperatura ambiente durante 14 dias.

3.2 Avaliação da firmeza de polpa e coloração da epiderme e da polpa

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados referentes à avaliação da firmeza da

polpa das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana modificada e das usadas como controle, durante o período de estocagem à temperatura ambiente.

Tabela 2 - Médias e desvios-padrão da firmeza da polpa das maçãs 'Royal Gala' durante estocagem à temperatura ambiente.

Tratamento	Tempo de estocagem (dias)			
	0	7	14	21
	Firmeza da polpa (N)			
A	102,8 ^a ±13,6	95,6 ^a ±14,0	91,2 ^a ±15,1	82,8 ^a ±14,1
B	102,1 ^a ± 8,1	102,5 ^a ±9,4	88,1 ^a ±12,8	90,7 ^a ±12,0

(A) Revestidas com quitosana modificada; (B) Controle.

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si no teste t de Student ($p \leq 0,05$).

A firmeza da polpa das maçãs revestidas com quitosana modificada variou entre 102,8 e 82,8 N e para as maçãs usadas como controle entre 102,1 e 88,1 N. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na firmeza da polpa das maçãs revestidas com quitosana modificada e das maçãs usadas como controle (Tabela 2).

Ocorreu redução gradual da firmeza da polpa das maçãs durante o período avaliado, mais acentuado nas maçãs revestidas com quitosana modificada (Figura 5).

As frutas foram avaliadas até 21 dias de estocagem, pois após esse período apresentavam alto grau de deterioração (ZANIN, 2009).

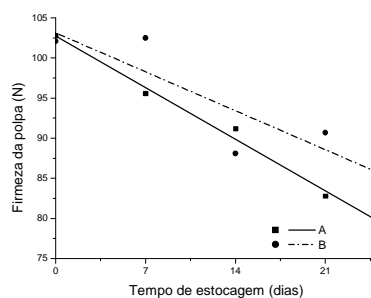


Figura 5 – Gráfico de tendência para firmeza da polpa das maçãs 'Royal Gala' (A) revestidas com quitosana modificada e (B) controle durante estocagem à temperatura ambiente.

Na Figura 6 estão apresentados os valores de luminosidade (L^*) e da razão b^*/a^* da epiderme das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana modificada e das usadas como controle, durante o período de estocagem à temperatura ambiente. Os valores de L^* da região vermelha da epiderme das maçãs revestidas com quitosana modificada e das usadas como controle aumentaram durante a estocagem, com incremento expressivo a partir dos 28 dias de estocagem. O aumento da luminosidade pode ser atribuído ao clareamento das frutas pela evolução da cor amarela mais intensa, presente na mesma região em que se predomina a coloração vermelha na epiderme (cor de fundo) (Figura 6a). Para os valores de luminosidade (L^*) da região amarela da epiderme das maçãs também ocorreu aumento nas maçãs de ambos os tratamentos, porém mais expressivos nas maçãs revestidas com quitosana modificada (Figura 6b).

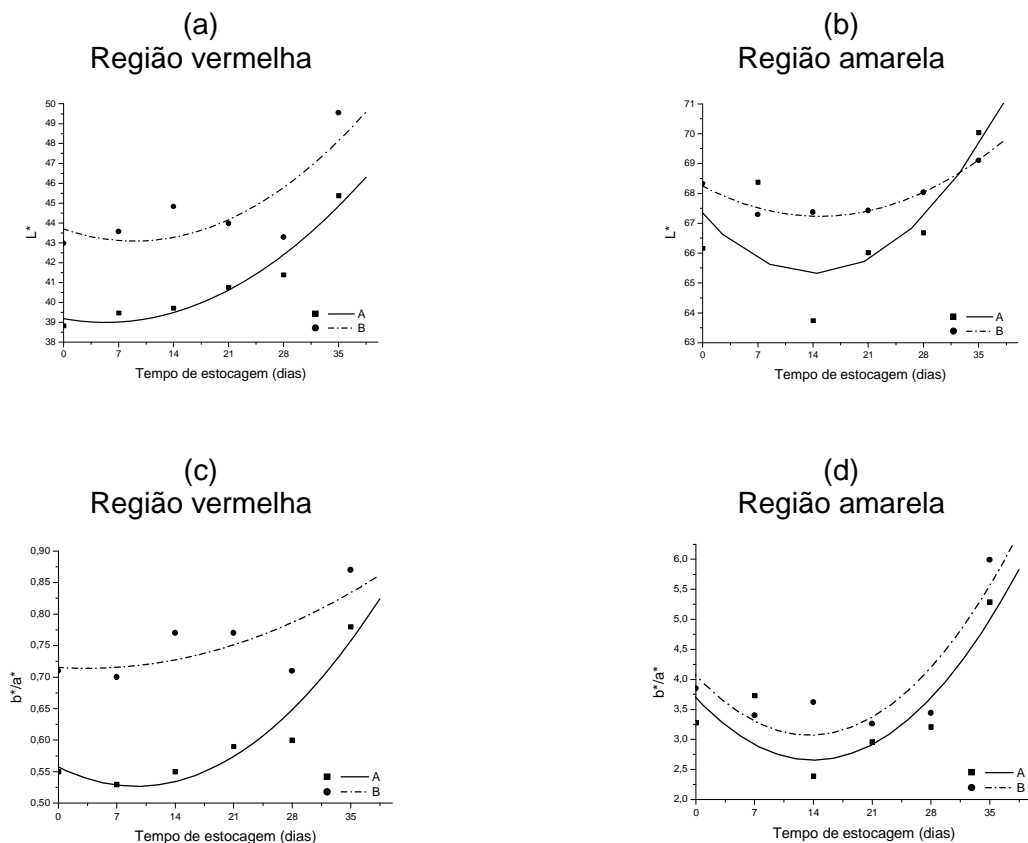


Figura 6 – Gráficos de tendência para a cor da epiderme das maçãs 'Royal Gala' (A) revestidas com quitosana modificada e (B) controle durante estocagem à temperatura ambiente. (a) L^* (luminosidade) da região vermelha, (b) L^* (luminosidade) da região amarela, (c) razão de b^*/a^* da região vermelha e (d) razão de b^*/a^* da região amarela.

Em relação à razão b^*/a^* podemos observar nas Figuras 6c e 6d que as maçãs de ambos os tratamentos apresentaram valores praticamente constantes até 21 dias de estocagem. A partir dos 28 dias de estocagem houve um aumento muito expressivo da razão b^*/a^* nas maçãs de ambos os tratamentos, indicativo do processo de amadurecimento das frutas devido à evolução da cor da epiderme das maçãs, que escureceram, com modificação da cor verde devido à degradação da estrutura da clorofila, associada com a síntese de pigmentos amarelos e vermelhos (FAKHOURI & GROSSO, 2003). Muitos desses pigmentos são carotenóides sintetizados durante os últimos estádios de amadurecimento ou durante o desenvolvimento da fruta ainda na planta (MACDOUGALL, 2002). Vale salientar que o aumento da razão b^*/a^* , tanto na região em que predomina a coloração vermelha como na região em que predomina a coloração amarela, ocorrida a partir dos 28 dias de estocagem, é indicativo de estágio de maturação muito avançado das maçãs.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados referentes à avaliação dos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) da polpa das maçãs ‘Royal Gala’ revestidas com quitosana modificada e das usadas como controle, durante o período de estocagem à temperatura ambiente.

Tabela 3 – Médias e desvios-padrão dos parâmetros L^* , a^* e b^* da polpa das maçãs ‘Royal Gala’ durante estocagem à temperatura ambiente.

		Tempo de estocagem (dias)					
Tratamento		0	7	14	21	28	35
L^*	A	81,77 ^a ±0,44	80,85 ^a ±0,43	78,60 ^a ±1,93	79,57 ^a ±0,76	78,99 ^a ±0,55	78,59 ^a ±2,30
	B	79,77 ^b ±0,86	79,75 ^a ±1,99	79,57 ^a ±0,96	79,16 ^a ±0,69	78,63 ^a ±2,92	78,39 ^a ±0,88
a^*	A	-2,96 ^a ±0,56	-2,55 ^a ±0,29	-3,22 ^a ±0,53	-2,01 ^a ±0,35	-2,14 ^a ±0,43	-1,94 ^a ±0,43
	B	-2,25 ^a ±0,65	-2,81 ^a ±0,95	-2,76 ^a ±0,57	-2,63 ^a ±0,68	-1,92 ^a ±1,62	-1,89 ^a ±0,72
b^*	A	21,07 ^a ±0,37	26,09 ^a ±1,79	23,77 ^a ±1,36	26,53 ^a ±0,70	27,29 ^a ±0,91	27,75 ^a ±1,96
	B	22,22 ^a ±1,40	22,55 ^b ±0,23	23,59 ^a ±0,83	25,79 ^a ±2,98	26,46 ^a ±1,79	27,61 ^a ±0,71

(A) Revestidas com quitosana modificada; (B) Controle.

Letras minúsculas iguais na mesma coluna para cada parâmetro não diferem entre si no teste t de Student ($p \leq 0,05$).

Os valores de L^* (luminosidade) da polpa das maçãs revestidas com quitosana modificada variaram entre 81,77 e 78,59 e das maçãs usadas como controle ficaram entre

79,77 e 78,39. Apenas aos zero dias de estocagem ocorreu diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação à luminosidade entre as maçãs de ambos os tratamentos (Tabela 3). Os valores de L^* , que variam na faixa de 100 (branco) a 0 (preto), indicaram que as polpas das maçãs de ambos os tratamentos apresentaram escurecimento ao longo da estocagem à temperatura ambiente devido à redução de L^* . O escurecimento da polpa pode ser devido ao amadurecimento das frutas, ou ainda à degenerescência senescente, quando o tecido afetado se apresenta com uma coloração marrom clara (CANTILLANO, 2004).

Os valores dos parâmetros a^* variaram entre -3,22 e -1,94 para as maçãs revestidas com quitosana modificada e entre -2,81 e -1,89 para as maçãs usadas como controle. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) em relação aos valores de a^* entre as frutas durante toda a estocagem (Tabela 3). O parâmetro a^* , que indica variação na intensidade das cores do verde (-) ao vermelho (+), aumentou nas maçãs de ambos os tratamentos durante a estocagem, indicando escurecimento das polpas das maçãs, pois a combinação do verde e vermelho resulta numa coloração levemente marrom. Segundo Monsalve-González et al., (1993), a diminuição no valor de L^* e aumento no valor de a^* são indicativos de escurecimento. O parâmetro b^* apresentou variações entre 21,07 e 27,75 para as maçãs revestidas com quitosana modificada e entre 22,22 e 27,61 para as maçãs usadas como controle. Só houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) aos 7 dias de estocagem (Tabela 3). O parâmetro b^* , que indica variação na intensidade das cores do azul (-) ao amarelo (+), apresentou aumento nas maçãs de ambos os tratamentos durante a estocagem à temperatura ambiente, indicando que a coloração das polpas das maçãs ficou mais amarelada, devido ao amadurecimento das frutas.

3.3 Avaliação da ocorrência de podridões e degenerescência senescente

Na Figura 7 está apresentada a distribuição da ocorrência de podridão e de degenerescência senescente das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana modificada e das usadas como controle, durante estocagem à temperatura ambiente. As maçãs

revestidas com quitosana modificada apresentaram menor porcentagem de ocorrência de podridões em relação às maçãs usadas como controle, ao longo do tempo. Ocorreu desenvolvimento do fungo *Penicillium expansum* (podridão azul), com 11,1% de crescimento nas maçãs revestidas com quitosana modificada, somente aos 35 dias de estocagem, enquanto que nas frutas controle o crescimento ocorreu já aos 7 dias de estocagem, com 11,1% das frutas afetadas e, ainda, aos 28 e 35 dias de estocagem, com crescimento de 20 e 50%, respectivamente. O fungo *Pezicula malicorticis* (podridão olho-de-boi) ocorreu nas frutas revestidas com quitosana modificada aos 21 e 28 dias de estocagem, com 11,1% em ambos os períodos, e também com 30 e 20% nas frutas usadas como controle, respectivamente. Em relação ao patógeno *Botrytis cinerea* (podridão cinza) houve crescimento em 11,1% das frutas revestidas com quitosana modificada e em 20% nas frutas usadas como controle aos 35 dias de estocagem.

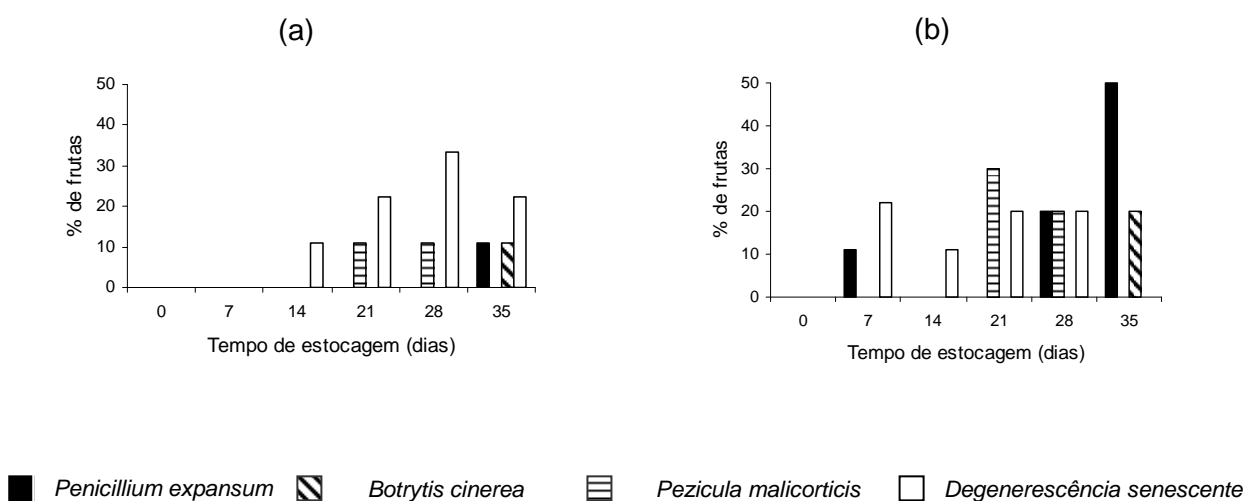


Figura 7 – Distribuição da ocorrência de podridão e de degenerescência senescente das maçãs ‘Royal Gala’ (a) revestidas com quitosana modificada e (b) usadas como controle durante estocagem à temperatura ambiente.

A incidência de frutas com degenerescência senescente foi observado praticamente em todo período, exceto no início da estocagem. Nas frutas usadas como controle ocorreu aos 7, 14, 21 e 28 dias de estocagem afetando as frutas em 22,2; 11,1; 20 e 20%, respectivamente. Nas frutas revestidas com quitosana modificada ocorreu aos 14, 21, 28 e

35 dias de estocagem, afetando as frutas em 11,1; 22,2; 33,3 e 22,2%, respectivamente. Segundo Cantillano (2004), um dos fatores predisponentes para a ocorrência deste distúrbio fisiológico é o armazenamento das frutas com alta umidade relativa por longos períodos, se agravando com a remoção das frutas do armazenamento à atmosfera controlada e baixa temperatura e exposição às altas temperaturas durante a comercialização. Brackmann et al. (2004) relataram ocorrência de incidência de degenerescência senescente na polpa de maçãs 'Gala' de 9 a 21% após 14 dias à temperatura de 20 °C, depois de terem sido armazenadas sob refrigeração a 0,5 °C por 180 dias.

3.4 Avaliação sensorial

A equipe que participou da avaliação sensorial foi composta por 79 julgadores, sendo 70% do sexo feminino e 30% do sexo masculino (Figura 8a). A maioria dos julgadores (56%) tinha idade entre 20 e 29 anos, 18% tinham idade entre 40 e 49 anos, 11% entre 30 e 39 anos, 10% entre 50 e 59 anos e 5% entre idade de 17 e 19 anos (Figura 8b).

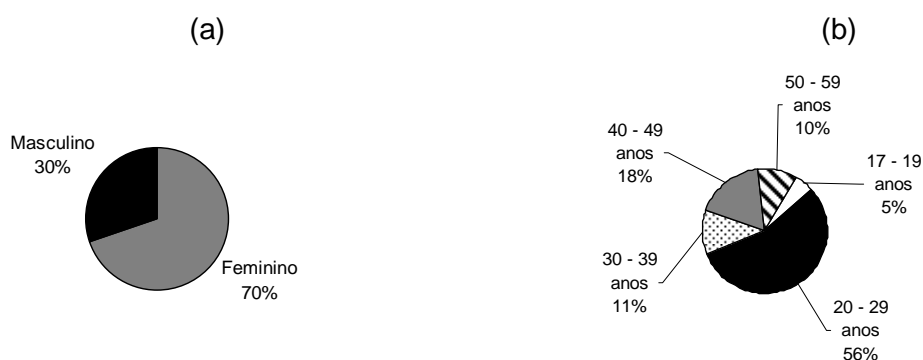


Figura 8 – Distribuição dos julgadores por (a) sexo e (b) idade.

Os julgadores foram recrutados dentre os alunos de graduação (34%), pós-graduação (32%), funcionários (23%), professores (6%) e estagiários ou alunos de pós-doutorado (5%) da FCF/UNESP, Araraquara, SP (Figura 9a). Quanto ao nível de escolaridade, 39% cursavam o ensino superior e 29% a pós-graduação. Possuíam o curso

de pós-graduação, ensino superior e ensino médio concluídos 15, 6 e 8%, respectivamente. Apenas 3% possuíam ensino médio incompleto (Figura 9b).

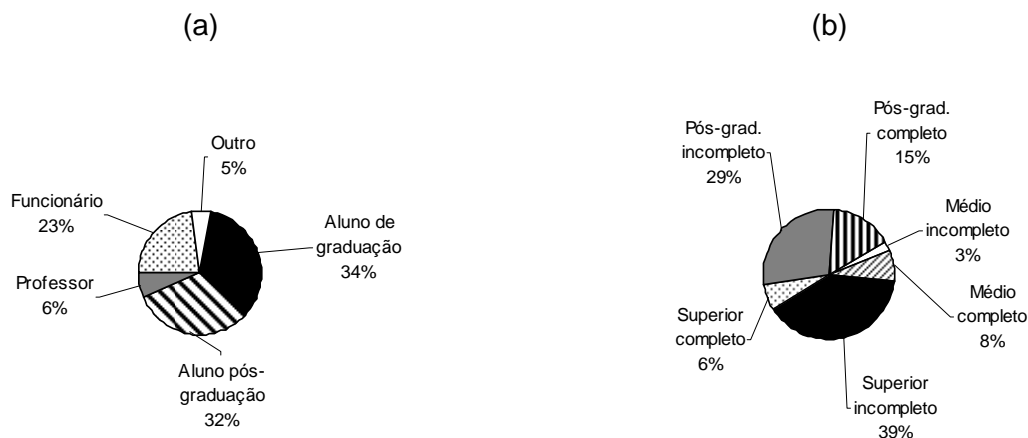


Figura 9 – Distribuição dos julgadores por (a) categoria e (b) nível de escolaridade.

Catorze por cento dos julgadores responderam gostar muitíssimo, 40% responderam gostar muito, 38% responderam gostar moderadamente e 8% responderam gostar ligeiramente de maçã *in natura* (Figura 10a). Quanto à frequência de consumo, 42% dos julgadores relataram consumir maçã uma vez por semana, 38% duas a três vezes por semana, 11% quatro vezes por semana ou mais e 9% uma vez por quinzena (Figura 10b).

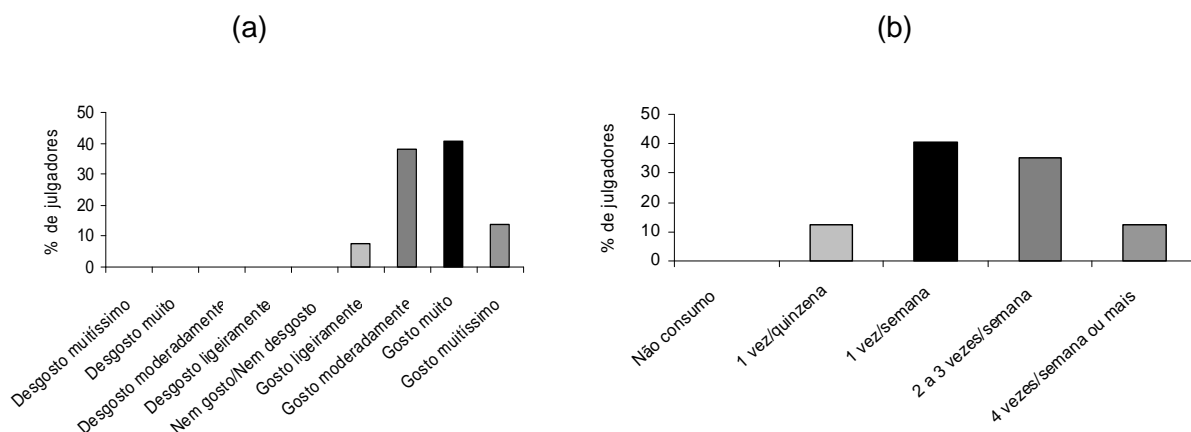


Figura 10 – Distribuição da frequência (a) do quanto cada julgador gostava de maçã *in natura* e (b) de consumo de maçã *in natura* pelos julgadores.

Na Tabela 4 estão apresentadas as médias de aceitação das maçãs ‘Royal Gala’ revestidas com quitosana modificada e usadas como controle durante a estocagem à temperatura ambiente. No tempo zero de estocagem as médias de aceitação foram entre 6,20 e 7,84, correspondendo aos termos “gostei ligeiramente” a “gostei muito”, para as frutas de ambos os tratamentos. As maçãs revestidas com quitosana modificada e as usadas como controle não diferiram ($p>0,05$) entre si em relação aos atributos aparência, cor, impressão global e aroma. As maçãs revestidas com quitosana modificada tiveram a maior média de aceitação e diferiram ($p\leq 0,05$) das maçãs controle em relação aos atributos sabor e textura (Tabela 4).

Aos 7, 14 e 21 dias de estocagem as médias de aceitação das maçãs ficaram entre 6,16 e 7,94, correspondendo na escala hedônica aos termos “gostei ligeiramente” a “gostei muito”. Para os atributos cor, impressão global, aroma, sabor e textura não houve diferença ($p>0,05$) entre as maçãs de ambos os tratamentos. Para aparência, as maçãs revestidas com quitosana modificada apresentaram a maior média de aceitação e diferiram ($p\leq 0,05$) das maçãs usadas como controle (Tabela 4).

Tabela 4 – Médias e desvios-padrão de aceitação dos atributos avaliados na análise sensorial das maçãs ‘Royal Gala’ durante estocagem à temperatura ambiente.

Atributos	T	Tempo de estocagem (dias)				
		0	7	14	21	28
Aparência	A	7,84 ^a ±1,56	7,94 ^a ±1,25	7,67 ^a ±1,37	6,78 ^a ±1,58	6,09 ^a ±1,90
	B	7,54 ^a ±1,36	7,51 ^b ±1,24	6,96 ^b ±1,51	6,16 ^b ±1,80	5,96 ^a ±1,92
Cor	A	6,73 ^a ±1,84	6,72 ^a ±1,90	6,63 ^a ±1,85	6,95 ^a ±1,68	7,11 ^a ±1,46
	B	6,48 ^a ±1,89	6,67 ^a ±1,87	6,62 ^a ±1,81	6,46 ^a ±1,93	6,86 ^a ±1,63
Impressão Global	A	6,82 ^a ±1,85	6,66 ^a ±1,91	6,68 ^a ±1,73	7,01 ^a ±1,56	6,81 ^a ±1,41
	B	6,47 ^a ±1,72	6,72 ^a ±1,72	6,65 ^a ±1,89	6,89 ^a ±1,78	6,85 ^a ±1,49
Aroma	A	6,43 ^a ±1,54	6,70 ^a ±1,54	6,61 ^a ±1,46	6,86 ^a ±1,66	6,75 ^a ±1,37
	B	6,29 ^a ±1,69	6,59 ^a ±1,64	6,35 ^a ±1,84	6,71 ^a ±1,82	6,66 ^a ±1,54
Sabor	A	6,91 ^a ±1,70	6,51 ^a ±2,03	6,67 ^a ±1,91	7,13 ^a ±1,84	6,78 ^a ±1,58
	B	6,23 ^b ±1,85	6,56 ^a ±1,87	6,73 ^a ±1,89	6,85 ^a ±1,75	6,72 ^a ±1,87
Textura	A	6,84 ^a ±1,90	6,84 ^a ±2,11	6,51 ^a ±2,12	6,62 ^a ±1,88	6,68 ^a ±1,87
	B	6,20 ^b ±1,94	6,48 ^a ±1,83	6,87 ^a ±1,73	6,59 ^a ±2,03	6,15 ^a ±1,84

T – Tratamento. (A) Revestidas com quitosana modificada; (B) Controle.

Letras minúsculas iguais na mesma coluna, para cada atributo avaliado, não diferem entre si no teste t de Student ($p\leq 0,05$).

Aos 28 dias de estocagem, as médias de aceitação das maçãs ficaram entre 5,96 e 7,11, correspondendo aos termos “nem gostei/nem desgostei” a “gostei muito”. Não houve diferença ($p>0,05$) entre as maçãs em relação a todos os atributos avaliados, porém se observa que as maçãs revestidas com quitosana modificada apresentaram as maiores médias de aceitação (Tabela 4).

Durante o período de estocagem o atributo aparência apresentou uma queda acentuada nas médias de aceitação em ambas as frutas (Figura 11a). A aparência é o atributo que causa maior impacto na escolha do produto, constituindo-se no primeiro critério para sua aceitação ou rejeição, de acordo com Miguel et al., (2010). A aparência da maçã está relacionada com a qualidade, índice de maturação e deterioração da fruta.

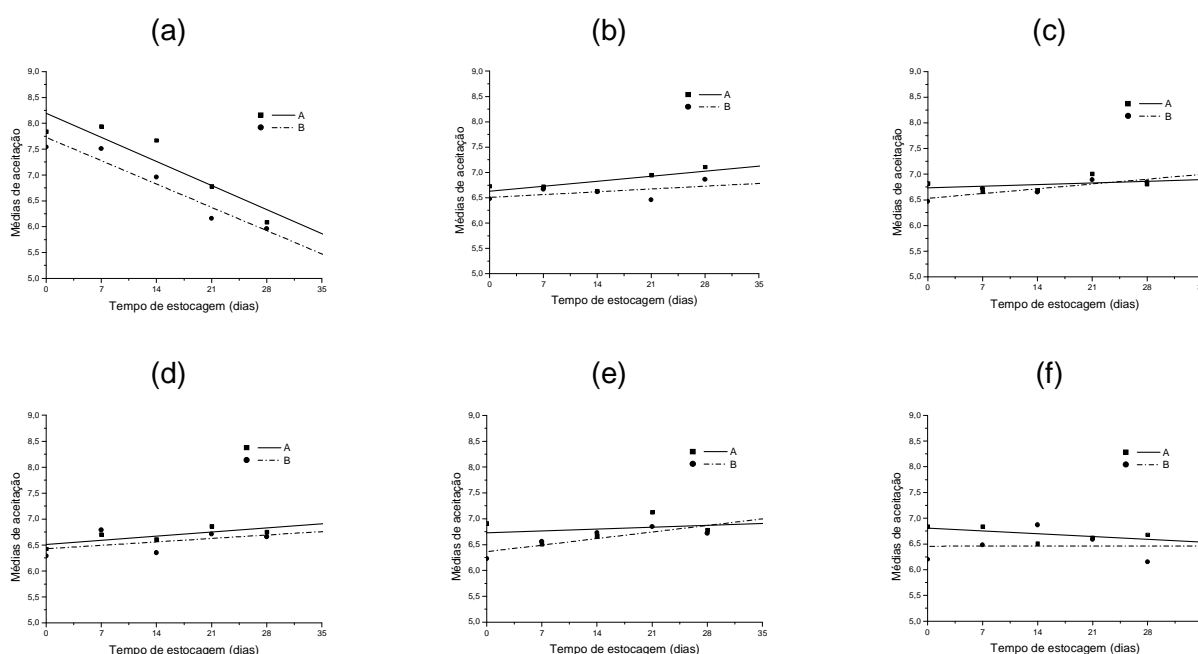


Figura 11 – Gráficos de tendência para os atributos (a) aparência, (b) cor, (c) impressão global, (d) aroma, (e) sabor e (f) textura das maçãs ‘Royal Gala’ (A) revestidas com quitosana modificada e (B) usadas como controle durante estocagem à temperatura ambiente.

A cor (Figura 11b) e aroma (Figura 11d) das maçãs revestidas com quitosana modificada e das maçãs usadas como controle apresentaram um leve aumento durante a estocagem. Em relação à impressão global (Figura 11c) e sabor (Figura 11e), houve

aumento da aceitação ao longo da estocagem para as maçãs de ambos os tratamentos, mais acentuado para as maçãs controle. Houve redução da aceitação da textura das maçãs revestidas com quitosana modificada durante a estocagem, enquanto que as maçãs usadas como controle se mantiveram constante (Figura 11f). Vale ressaltar que ao final da estocagem, a média de aceitação das maçãs revestidas com quitosana modificada foi maior do que a das maçãs controle (Tabela 4).

A atitude de compra relativa à aparência teve maior porcentagem (> 50%) de respostas entre “provavelmente e certamente compraria” até 21 dias de estocagem para as maçãs revestidas com quitosana modificada, enquanto que para as maçãs controle foi até 14 dias. Aos 21 dias de estocagem as maçãs usadas como controle tiveram 43,0% dos julgadores com atitude de compra entre “provavelmente e certamente compraria”, e ainda 30,4% na região de dúvida. No final da estocagem (28 dias), as maçãs revestidas com quitosana modificada e as maçãs controle apresentaram a atitude de compra entre “certamente e provavelmente não compraria”, com 41,1 e 31,8% das respostas, respectivamente, e na região de dúvida com 31,6 e 22,8%, respectivamente (Figura 12).

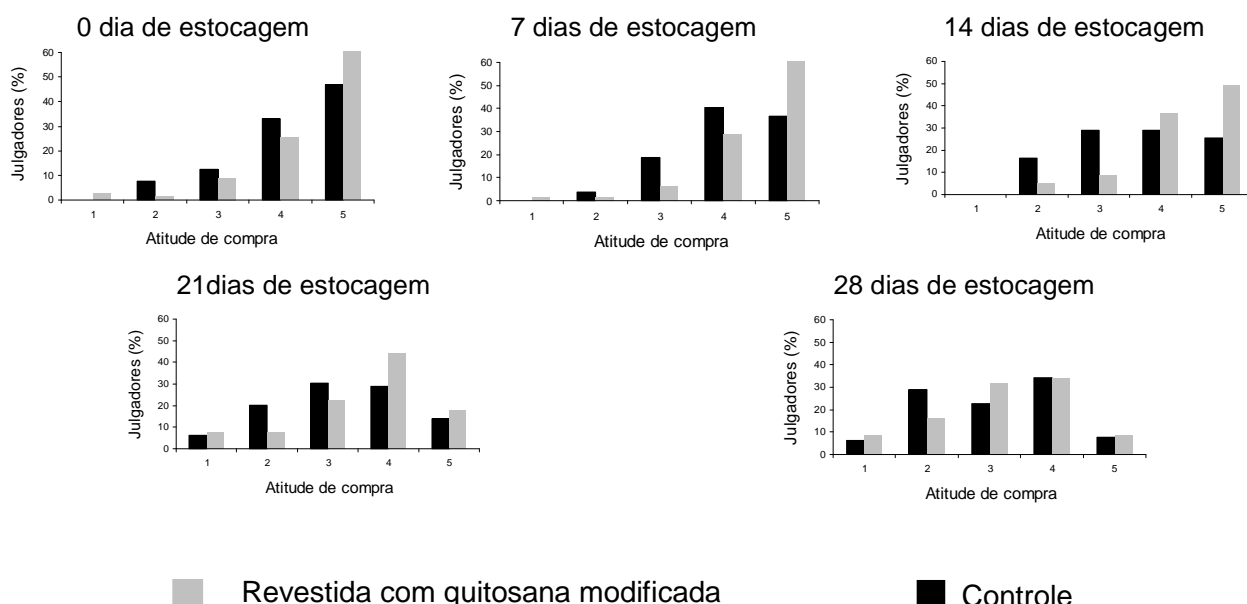


Figura 12 - Histogramas de atitude de compra dos julgadores para aparência das maçãs ‘Royal Gala’ revestidas com quitosana modificada e usadas como controle. (1=certamente não compraria o produto; 2=provavelmente não compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente compraria o produto; 5=certamente compraria o produto).

A atitude de compra referente à cor, à impressão global, ao aroma, ao sabor e à textura teve maior porcentagem (> 50%) de respostas entre “provavelmente e certamente compraria” até 28 dias de estocagem para as maçãs revestidas com quitosana modificada e controle. Aos zero dias de estocagem, as maçãs usadas como controle tiveram 46,8% dos julgadores com atitude de compra entre “provavelmente e certamente compraria”, além de 30,4% na região de dúvida. No final da estocagem (28 dias), as maçãs revestidas com quitosana modificada tiveram a maior porcentagem de julgadores (43,0%) com atitude de compra de “provavelmente compraria”, e 29,1% na região de dúvida, enquanto que as maçãs controle tiveram maior porcentagem de respostas (36,7%) entre “certamente compraria”, com 22,8%, e “provavelmente não compraria” com 20,3% (Figura 13).

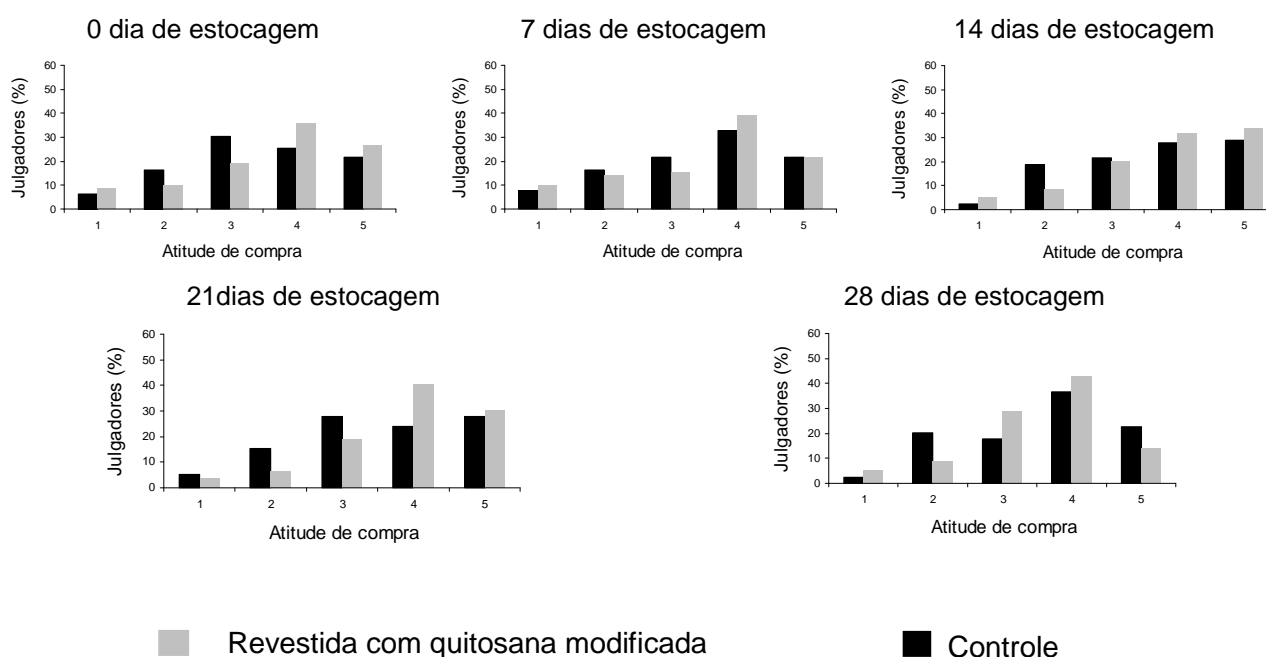


Figura 13 - Histogramas de atitude de compra dos julgadores para cor, impressão global, aroma, sabor e textura das maçãs 'Royal Gala' revestidas com quitosana modificada e usadas como controle. (1=certamente não compraria o produto; 2=provavelmente não compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente compraria o produto; 5=certamente compraria o produto).

Dentre os comentários espontâneos dos julgadores em relação à aparência das maçãs de ambos os tratamentos, quanto ao que mais gostaram e que menos gostaram, no

tempo zero e 7 dias de estocagem, destaca-se a cor e o brilho da casca das frutas, aparência, firmeza e formato. Para as maçãs revestidas com quitosana modificada, 62% dos comentários dos julgadores relataram que gostaram da região em que predominava a cor vermelha, enquanto que para as maçãs controle 57%. Além disso, as maçãs revestidas com quitosana modificada tiveram relatos como “firmeza boa” (14%), “aparência saudável” (20%) e brilho da casca da maçã (16%). As maçãs controle também tiveram comentários sobre “aparência saudável” (15%), “firmeza boa” (11%) e brilho da casca (19%). Quanto aos relatos de “menos gostou” na maçã, o lado da fruta na qual predominava a coloração amarela foi o mais comentado para as maçãs revestidas com quitosana modificada (11%) e para as maçãs controle, 14% dos comentários foram também sobre “cor amarela”, além de “formato não muito redondo”. Embora os julgadores tivessem relatado que a presença da coloração da casca amarela era indesejável, deve-se ressaltar que essa é uma característica da maçã ‘Royal Gala’, que possui epiderme vermelho-rajada sobre fundo amarelo podendo apresentar pequenas manchas esverdeadas ou amareladas. Aos 14 dias de estocagem, as maçãs revestidas com quitosana modificada tiveram relatos dos julgadores de “mais gostou” na maçã como “cor vermelha” (56%), “brilho da maçã” (24%), aparência (16%) e formato (13%). Para as maçãs controle os relatos mais frequentes dos julgadores foram sobre a cor (49%) e o brilho (11%) da casca das frutas. Nos comentários que “menos gostou” destaca-se a “cor amarela” (13%) para as maçãs revestidas com quitosana modificada, e para as maçãs controle evidenciou-se a “aparência enrugada” (13%) e o formato (16%). Nos períodos de 21 e 28 dias de estocagem, os comentários de “mais gostou” nas maçãs revestidas com quitosana modificada e controle, foram “o lado da cor vermelha” com 35 e 40%, respectivamente. Em relação ao que “menos gostou” na maçã, a “aparência de velha” foi bastante citada durante este período, com 24% para as maçãs revestidas com quitosana modificada, além de 14% sobre “cor apagada”. Para as maçãs controle, os comentários dos julgadores foram sobre “aparência murcha/amassada” (29%) e presença de machucados e arranhões (10%), o que provavelmente contribuiu para redução das médias de aceitação das maçãs nesses períodos (Tabela 4).

Nos comentários espontâneos dos julgadores nas fichas de avaliação da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura, os relatos dos julgadores ficaram divididos quanto ao que “mais gostou” e “menos gostou” na maçã de ambos os tratamentos em relação ao sabor e a textura, durante todo o período de estocagem (0 a 28 dias), além de observações isoladas de “menos gostou” do “aroma fraco” (< 3%). Os relatos favoráveis dos julgadores para as maçãs revestidas com quitosana modificada ficaram para “sabor doce/suculenta” (24%) e comentários desfavoráveis para “sabor fraco” (14%), enquanto que para a textura 24% dos julgadores gostaram e 18% de comentários foram desfavoráveis indicando “textura muito macia” e “textura desmancha na boca”. Para as maçãs controle tiveram relatos favoráveis de “sabor docinho” (22%) e “textura boa” (19%), contra relatos desfavoráveis de “sabor fraco” (14%) e “textura arenosa/murcha” (18%).

Pelos comentários gerais conclui-se que os relatos que mais se destacaram na análise da aparência das maçãs foram a cor da casca e a firmeza da fruta, confirmando os resultados obtidos nas médias de aceitação. Para os comentários dos julgadores relativos à aceitação, evidenciou-se a textura e o sabor. Além disso, não foi observado qualquer relato dos julgadores sobre sabor estranho nas maçãs revestidas com quitosana, durante todos os períodos de avaliação, indicando que as maçãs revestidas foram aceitas. As sessões de análises sensoriais só puderam ser realizadas até 28 dias de estocagem, devido ao descarte das maçãs impróprias para o consumo ao longo do experimento pela ocorrência de degenerescência senescente e de podridões. Na Figura 14 pode ser observada a degenerescência senescente encontrada na polpa das maçãs ‘Royal Gala’, quando cortadas para análise sensorial. Apesar de não apresentar alteração na epiderme das maçãs, a polpa se apresentava alterada, sendo então a fruta descartada.



Figura 14 – Maçãs 'Royal Gala' com degenerescência senescente.

4. CONCLUSÕES

O emprego do revestimento de quitosana foi efetivo na redução de perdas de ácido ascórbico, e na manutenção dos açúcares totais durante toda a estocagem. As maçãs revestidas com quitosana modificada apresentaram menor variação do teor de açúcares redutores e menor ocorrência de podridão ao longo da estocagem.

A aceitação da cor, da impressão global, do aroma, do sabor e da textura das maçãs não apresentou grande variação ao longo da estocagem, indicando que o revestimento de quitosana praticamente não provocou alteração na aceitação da fruta. A aparência foi considerada o atributo mais importante para a aceitação das maçãs revestidas com quitosana modificada, que apresentaram as maiores médias em todo o período. A atitude de compra foi praticamente mantida entre “provavelmente e certamente compraria” ao longo do período de estocagem, enquanto aquela de aparência apresentou deslocamento para níveis inferiores somente aos 21 dias de estocagem nas maçãs revestidas com quitosana modificada e aos 14 dias nas maçãs controle. Não houve variação expressiva nas avaliações da firmeza da polpa e nos parâmetros de cor da epiderme e polpa das maçãs.

COMITÊ DE ÉTICA

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FCF/UNESP (Protocolo nº 05/2009 e Parecer nº 35/2009) por estar de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa concedida.

À Embrapa Instrumentação Agropecuária de São Carlos, SP pelo apoio técnico e programa estatístico SAS® usado nos resultados deste trabalho.

Ao Dr. Odílio Benedito Garrido de Assis pelo incentivo e fornecimento da quitosana (Sigma-Aldrich) e quitosana modificada, e uso do colorímetro Minolta.

À Jackeline Salmeirão de Rizzo pela colaboração no revestimento das maçãs e nas análises de cor.

À empresa Fischer S/A pelo fornecimento das maçãs 'Royal Gala', avaliação da ocorrência de podridões e firmeza da polpa das maçãs.

REFERÊNCIAS

ALLEONI, A. C. C.; JACOMINO, A. P.; ROSA, A. S. Recobrimento de laranja 'Pêra' com filme de concentrado protéico de soro de leite associado a plastificantes. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 41, n. 8, p. 1221-1226, 2006.

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. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 17-22, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington, D.C., 1990. p. 910-928.

ASTM. **Standard guide for the shelf life determination of consumer products by sensory evaluation**. Philadelphia, 1993. 10 p. (ASTM 18.06.07)

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.

BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M.; PEREIRA, R. M.; FONTES, E. A. F. Qualidade de alho (*Allium sativum*) minimamente processado envolvido com revestimento comestível antimicrobiano. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 32-38, 2007.

- BRACKMANN, A.; SESTARI, I.; STEFFENS, C. A. Qualidade da maçã cv. Gala tratada com 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1415-1420, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº5, de 9 de fevereiro de 2006. Regulamento técnico de identidade e qualidade da maçã. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 fev. 2006.
- BRITTO, D.; ASSIS, O. B. G. A novel method for obtaining a quaternary salt of chitosan. **Carbohydrate Polymers**, v. 69, n. 2, p. 305-310, 2007.
- CAMILI, E. C.; BENATO, E. A.; PASCHOLATI, S. F.; CIA, P. 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.
- CANTILLANO, F. F. Distúrbios Fisiológicos. In: GIRARDI, C. L. **Maçã: pós-colheita**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. (Frutas do Brasil, 39). 45 p.
- CIA, P. **Avaliação de agentes bióticos e abióticos na indução de resistência e no controle pós-colheita da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em mamão (*Carica papaya*)**. 2005. 197 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- DONG, H.; CHENG, L.; TAN, J.; ZHENG, K.; JIANG, Y. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. **Journal of Food Engineering**, Califórnia, v. 64, n. 3, p. 355-358, 2004.
- DURANGO, A. M.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J. Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. **Food Control**, v. 17, n. 5, p. 336-341, 2006.
- EXCEL[®]: Microsoft, Inc., 2007.
- FAKHOURI, F. M.; GROSSO, C. Efeito de coberturas comestíveis na vida útil de goiabas *in natura* (*Psidium guajava* L.) mantidas sob refrigeração. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 203-211, 2003.
- FERRI, V. C.; RISTOW, N. C.; SILVA, P. R.; PEGORARO, C.; FERRAREZE, J. P. Uso do composto fenólico natural de resveratrol para a manutenção da qualidade em pós-colheita de maçã 'Catarina' e 'Fuji' mantidas em temperatura ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 1., 2007, Porto Alegre, RS. **Anais...** v. 2, p. 698-702.
- GIRARDI, C. L.; BRACKMANN, A.; PARUSSOLO, A. Colheita e armazenamento. In: NACHTIGALL, G. R. **Maçã produção**. Brasília – DF: Embrapa informação tecnológica, 2004. Cap 14, p. 148-154.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE 2009**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em: 28 jul. 2009.
- JACOMETTI, G. A.; MENEGHEL, R. F.A.; YAMASHITA, F. Aplicação de revestimentos comestíveis em pêssego (*Prunus persica*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, n. 23, p. 95-00, 2003.
- LIMA, L. C.; BRACKMANN, A.; CHITARRA, M. I. F.; BOAS, E. V. B. V.; Características de qualidade da maçã 'Royal Gala' armazenada sob refrigeração e atmosfera controlada.

Ciênc. agrotec., Lavras, v. 26, n. 2, p. 354-361, 2002.

LIN, L.; WANG, B.; WANG, M.; CAO, J.; ZHANG, J.; WU, Y.; JIANG, W. Effects a chitosan-based coating with ascorbic acid on post-harvest quality and core browning 'Yali' pears (*Pyrus bertschneideri* Rehd). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Liverpool, v. 88, n. 5, p. 877-884, 2008.

MACDOUGALL, D. B. **Colour in food**. New York: CRC Press, 2002. 378 p.

MENEGHEL, R. F. A.; BENASSI, M. T.; YAMASHITA, F. Revestimento comestível de alginato de sódio para frutos de amora-preta (*Rubus ulmifolius*). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 609-618, 2008.

MICROCAL SOFTWARE INC. ORIGIN®: Version 5.0. [S. l.], 1997.

MIGUEL, A. C. A.; ABRAHÃO, C.; DIAS, J. R. P. S.; SPOTO, M. H. F. Modificações sensoriais em abacaxi 'Pérola' armazenado à temperatura ambiente. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 30, supl. 1, 2010.

MONSALVE-GONZÁLEZ, G. V.; BARBOSA-CÁNOVAS, R. P.; CAVALIERI, A. J.; IYENGAR, R. Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods, 4-hexylresorcinol as antibrowning agent. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, p. 797-800, 1993.

RIBEIRO, C. M. C. P. **Estudo de estratégias para a valorização industrial do morango**. 2005. 91 f. Tese (Mestrado em Biotecnologia) - Departamento de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Braga, 2005.

RIGO, L. N. **Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis**. 2006. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2006.

SANBUEZA, R. M. V. Colheita e armazenamento. In: NACHTIGALL, G. R. **Maçã produção**. Brasília – DF: Embrapa informação tecnológica, 2004. Cap. 11, p. 116-134.

STEFFENS, C. A. **Respiração de frutos e permeabilidade de filmes poliméricos** 2006. 88 p Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal) - Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2nd ed. London: Academic Press, 1993. 338 p.

TESSMER, M. A. **Características anatômicas e físico-químicas de frutos de macieira (*Malus domestica* Borkh.) e sua relação com a lenticelose** 2009. 75 f. Tese (Dissertação em Ciências) - Fisiologia e Bioquímica de Plantas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2009.

ZANIN, S. R. Engenheiro Agrônomo da empresa Fischer S/A (comunicação pessoal, 15 de abril de 2009).

CONCLUSÕES GERAIS

CONCLUSÕES GERAIS

A quitosana é empregada na área de alimentos, na indústria química e na área da saúde. Seu uso como revestimento de frutas e vegetais *in natura* modifica a atmosfera ao redor, retarda a senescência, diminui perdas por transpiração, desidratação e o escurecimento enzimático e minimiza a permeação de umidade, oxigênio e dióxido de carbono, sendo por isso muito utilizado para prolongar a vida de prateleira dos alimentos.

O emprego do revestimento de quitosana comercial retardou a maturação das maçãs estocadas à temperatura ambiente e atenuou perdas de firmeza da polpa, quando comparado às frutas controle, além de ter sido efetivo na redução de perdas de ácido ascórbico e de água e apresentou menor variação de açúcares redutores ao longo do tempo, quando comparado às frutas dos demais tratamentos. O revestimento de quitosana praticamente não alterou a aceitação das frutas, embora a textura tenha sido considerada o atributo mais importante para a aceitação. Maçãs revestidas com quitosana foram aceitas até 28 dias de estocagem, enquanto as maçãs controle e branco foram aceitas até 21 dias de estocagem, indicando que o revestimento com quitosana estendeu a aceitação das frutas em no mínimo 7 dias.

O emprego do revestimento de quitosana comercial reduziu perdas de ácido ascórbico e apresentou menor variação de açúcares redutores das maçãs armazenadas durante 6 meses sob atmosfera controlada, à baixa temperatura e submetidas à temperatura ambiente. A perda de água das maçãs revestidas com quitosana também foi praticamente constante no decorrer do tempo. A firmeza da polpa das maçãs revestidas com quitosana comercial também se manteve praticamente constante e a luminosidade foi mais elevada, indicando que o revestimento de quitosana intensificou o brilho das frutas. A ocorrência de podridões foi menor nas maçãs revestidas com quitosana, que também não apresentaram degenerescência senescente ao longo do período. O revestimento de quitosana não influenciou na aceitação da maçã. A aparência foi considerada o atributo mais importante

para a aceitação das maçãs revestidas com quitosana, que apresentaram as maiores médias ao longo do tempo. A atitude de compra ficou entre “provavelmente e certamente compraria” ao final da estocagem.

O emprego do revestimento de quitosana modificada também foi efetivo na redução de perdas do teor de ácido ascórbico, além de manter constante o teor de açúcares totais durante toda a estocagem das maçãs à temperatura ambiente durante 35 dias. As maçãs revestidas com quitosana modificada também apresentaram menor variação do teor de açúcares redutores e menor ocorrência de podridão ao longo do tempo. O revestimento de quitosana praticamente não provocou alteração na aceitação da fruta. A aparência foi considerada o atributo mais importante para a aceitação das maçãs revestidas com quitosana modificada, que apresentaram as maiores médias em todos os períodos. A atitude de compra foi praticamente mantida entre “provavelmente e certamente compraria” ao longo do período de estocagem, com níveis mais baixos para aparência somente aos 21 dias de estocagem. Não houve variação expressiva na firmeza da polpa e nos parâmetros de cor da epiderme e da polpa das maçãs.