

ARIANA DE SOUZA SOARES

**IMPREGNAÇÃO A VÁCUO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL DE  
QUITOSANA EM ABÓBORA MINIMAMENTE PROCESSADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S676i  
2015  
Soares, Ariana de Souza, 1989-  
Impregnação a vácuo de revestimento comestível de  
quitosana em abóbora minimamente processada / Ariana de  
Souza Soares. – Viçosa, MG, 2015.  
xvii, 85f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Afonso Mota Ramos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.72-85.

1. Abóbora - Conservação. 2. Alimentos - Revestimentos.  
3. Alimentos - Embalagens. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Tecnologia de Alimentos. Programa de  
Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. II. Título.

CDD 22. ed. 664.028

ARIANA DE SOUZA SOARES

**IMPREGNAÇÃO A VÁCUO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL DE  
QUITOSANA EM ABÓBORA MINIMAMENTE PROCESSADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 23 de julho de 2015.

---

Eliane Maurício Furtado Martins

---

Érica Nascif Rufino Vieira  
(Coorientadora)

---

Afonso Mota Ramos  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por iluminar meu caminho, sempre me guiando em todas as conquistas.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade da realização do Curso de Mestrado.

Ao meu orientador, professor Afonso Mota Ramos, por ter me apoiado na escolha do tema, pela orientação, ensinamentos, e pela excelente convivência e amizade.

À professora Érica pelas sugestões, ensinamentos, carinho e amizade que sempre teve comigo.

À professora Ellen, que mesmo distante e com todas as dificuldades, não deixou de dar suas sugestões e colaboração para o desenvolvimento do projeto.

À professora Edimar, pela ajuda na estatística.

À professora Eliane, por aceitar participar da minha banca.

Aos meus pais, Ernesto e Maria Rita, pelos ensinamentos, confiança, amor, dedicação depositados em mim todos esses anos.

Aos meus irmãos, Ana Carolina e Júnior, por sempre estarem ao meu lado, acreditando no meu potencial.

À minha sobrinha e afilhada Ana Luiza, por trazer mais alegria e amor pra minha Vida.

Ao meu sobrinho Ernesto, que mesmo dentro da barriga da mamãe já é muito amado pela madrinha.

À minha vó Dinah pelo carinho, apoio, preocupação durante toda minha vida.

Ao Diego, por sempre estar ao meu lado, me dando confiança, carinho, paciência, alegria e amor.

Aos amigos do laboratório, Dani, Patrícia, Mônica, Marcela, Carol, Aline, Bianca, Mari, Bruna, Teresa, Érik, meu agradecimento pela amizade, apoio e agradável convivência.

Aos demais amigos, em especial à Thyara, Marcinha e Danielle, sempre presentes, seja na alegria ou na tristeza.

Aos funcionários da fábrica, Helvécio, Zé Geraldo, Simião, pela ajuda e conversas que alegravam meus dias.

Ao Núcleo de Microscopia e Microanálise por terem nos auxiliado nas análises microscópicas.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para o meu crescimento pessoal e profissional.

## **BIOGRAFIA**

Ariana de Souza Soares, filha de Ernesto Lopes Soares Neto e Maria Rita de Souza Soares, nasceu em Coimbra, Minas Gerais no dia 17 de novembro de 1989.

Em março de 2013, graduou-se em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa. No período de 2010 a 2011 foi bolsista de iniciação científica e trabalhou com biocontrole de Salmonela pela utilização de bacteriófagos.

Em agosto de 2013, iniciou o curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	IX
LISTA DE TABELAS .....	XI
RESUMO .....	XIV
ABSTRACT .....	XVI
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivo geral .....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
3.1 Vegetais minimamente processados.....	4
3.2 Abóbora .....	6
3.3 Embalagens Comestíveis.....	7
3.3.1 Aplicação de revestimento comestível em vegetais minimamente processados .....	9
3.3.2 Quitosana .....	11
3.3 Técnicas de aplicação de revestimento em vegetais.....	13
3.3.1 Imersão.....	14
3.3.2 Impregnação a vácuo .....	14
3.4 Caracterização da solução formadora de revestimento .....	18
3.4.1 Reologia .....	18
3.4.2 Tensão superficial .....	19

3.4.3 Microscopia .....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	22
4.1 Esquema do experimento .....	22
4.2 Obtenção da matéria-prima .....	24
4.3 Preparo e caracterização das soluções formadoras do revestimento .....	24
4.4 Processamento mínimo da abóbora .....	24
4.5 Determinação do tempo de impregnação a vácuo (IV) .....	25
4.6 Aplicação dos revestimentos .....	25
4.6.1 Impregnação a vácuo .....	25
4.6.2 Imersão.....	26
4.7 Análises físico-químicas.....	27
4.7.1 Potencial hidrogeniônico (pH).....	27
4.7.2 Acidez total titulável (ATT) .....	27
4.7.3 Teor de sólidos solúveis totais (SST) .....	27
4.7.4 Teor de água e Perda de Massa.....	27
4.7.5 Carotenoides totais.....	28
4.8 Análise objetiva de cor .....	29
4.9 Avaliação da incorporação de componentes após a aplicação do revestimento .....	29
4.10 Determinação de firmeza.....	30
4.11 Espessura do revestimento .....	30
4.12 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) .....	31
4.12.1 Corte das amostras .....	31

4.12.2 Desidratação das amostras e metalização com ouro.....	31
4.13 Análises Microbiológicas .....	31
4.14 Análise Sensorial .....	32
4.15 Análise Estatística .....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	33
5.1 Caracterização das soluções formadoras de revestimento.....	33
5.2 Determinação do tempo de impregnação a vácuo de revestimento de quitosana em abóbora minimamente processada.....	35
5.3. Determinação das características físico-químicas .....	38
5.3.1. Determinação de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível.....	38
5.3.2. Determinação do teor de água e perda de massa em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível.....	41
5.3.3. Determinação de carotenoides totais em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível .....	45
5.4. Determinação de cor em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível por impregnação a vácuo e imersão .....	47
5.5. Avaliação da Incorporação de componentes após a impregnação a vácuo e imersão na aplicação de revestimento comestível em abóbora minimamente processada .....	58
5.6. Determinação de firmeza de abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível por impregnação a vácuo e imersão .....	60
5.7. Determinação da espessura dos revestimentos comestíveis aplicados em abóbora minimamente processada por impregnação a vácuo e imersão .....	62
5.8. Avaliação da microestrutura da superfície dos revestimentos aplicados em abóbora minimamente processada por impregnação a vácuo e imersão .....	64

5.9. Determinação das características microbiológicas.....	65
5.10 Avaliação sensorial.....	69
6. CONCLUSÕES .....	70
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura química da quitosana, sendo n o grau de polimerização.....	12
Figura 2. Representação das etapas de impregnação a vácuo com o mecanismo hidrodinâmico e o fenômeno de deformação-relaxação. ....	15
Figura 3. Esquema do debonding e ruptura da parede celular que podem ocorrer em tecidos vegetais. ....	17
Figura 4. Equilíbrio de forças entre as fases sólido/líquido/vapor proposta por Young. ....	20
Figura 5. Esquema do experimento.....	23
Figura 6. Esquema do equipamento utilizado para realizar a impregnação a vácuo. 26	
Figura 7. Reogramas com valores médios de tensão de cisalhamento ( $\tau$ , Pa) e taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ , s <sup>-1</sup> ) para solução formadora de revestimento comestível de Quitosana e Quitosana + ácido láurico a 25° C. Rampa ascendente e descendente. .	34
Figura 8. Variação do pH de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) ao longo do período de armazenamento a 5°C.....	39
Figura 9. Variação de acidez da abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) ao longo do período de armazenamento a 5°C.....	39
Figura 10. Variação do teor de água (%) de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C. ....	42
Figura 11. Variação da perda de massa (%) de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C. ....	43

Figura 12. Variação do teor de carotenoides totais da abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C. ....	46
Figura 13. Variação da coordenada L* de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C. ....	48
Figura 14. Variação da coordenada a* de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C. ....	51
Figura 15. Variação da coordenada b* de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C. ....	52
Figura 16. Variação do índice Chroma de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C. ....	54
Figura 17. Variação do Ângulo Hue de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C. ....	56
Figura 18. Variação da firmeza de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C. ....	61
Figura 19. Microfotografia (4x) de um corte transversal de abóbora com revestimento de quitosana corado com azul de metileno e aplicado por impregnação a vácuo. ....	63
Figura 20. Fotomicrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura mostrando a superfície das abóboras minimamente processadas dos tratamentos controle e contendo revestimento comestível por impregnação a vácuo e imersão com aumento de 600x. As setas indicam alguns poros dos revestimentos. ....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Equações de modelos matemáticos .....	19
Tabela 2. Caracterização das soluções formadoras de revestimento de quitosana e quitosana + ácido láurico. ....	33
Tabela 3. Firmeza (N) das abóboras minimamente processadas adicionadas de revestimento comestível de quitosana nos diferentes tempos de impregnação a vácuo. ....	35
Tabela 4. Espessura de revestimento comestível de quitosana nos diferentes tempos de impregnação a vácuo no tempo 0 dia. ....	36
Tabela 5. Teor de água (%) das abóboras minimamente processadas adicionadas de revestimento comestível de quitosana nos diferentes tempos de impregnação a vácuo. ....	37
Tabela 6. Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na análise de pH. ....	40
Tabela 7. Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na análise de acidez.....	40
Tabela 8. Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na análise do teor de água (%). ....	44
Tabela 9. Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na análise de perda de massa (%). ....	44
Tabela 10. Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na análise de carotenoides totais. ....	47
Tabela 11. Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na coordenada L*. ....	49
Tabela 12. Equação de regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na coordenada a*. ....	53

Tabela 13. Equação de regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na coordenada b*.....	53
Tabela 14. Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento do índice de Chroma. ....	55
Tabela 15. Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento do Ângulo Hue. ....	57
Tabela 16. Variação do índice de escurecimento ( $\Delta E$ ) de abóbora minimamente processada nos tratamentos controle e contendo revestimento comestível nos dias 0 e 16 após o processamento.....	57
Tabela 17. Valores médios do índice de incorporação de componentes (%) após as etapas de impregnação a vácuo e imersão de abóboras minimamente processadas adicionadas de revestimento comestível. ....	59
Tabela 18. Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na análise de firmeza. ....	62
Tabela 19. Espessura dos revestimentos comestíveis de quitosana e quitosana + ácido láurico aplicados pela impregnação a vácuo e imersão. ....	63
Tabela 20. Contagem média de micro-organismos psicrotróficos (Log UFC/g) em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível por IV e imersão imediatamente após o processamento e após 8 e 16 dias de estocagem a 5°C. ....	66
Tabela 21. Contagem média de fungos filamentosos e leveduras (Log UFC/g) em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível por IV e imersão imediatamente após o processamento e após 8 e 16 dias de estocagem a 5°C. ....	66
Tabela 22. Número Mais Provável (NMP/g) médio de coliformes a 30 e 45°C em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível por IV e imersão. ....	68

Tabela 23. Aceitação sensorial de abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível por IV e imersão.....	70
--	----

## RESUMO

SOARES, Ariana de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2015. **Impregnação a vácuo de revestimento comestível de quitosana em abóbora minimamente processada.** Orientador: Afonso Mota Ramos. Coorientadoras: Érica Nascif Rufino Vieira e Ellen Silva Lago Vanzela.

O aumento no consumo de vegetais minimamente processados está associado a procura dos consumidores por alimentos rápidos, práticos e saudáveis. No entanto, o processamento mínimo leva a dificuldades na manutenção das características sensoriais e nutricionais do produto. Assim o objetivo da pesquisa foi avaliar os métodos de impregnação a vácuo (IV) e imersão na aplicação de revestimento comestível de quitosana em abóbora minimamente processada. O tempo de IV (2, 4, 6 e 8 minutos) foi determinado através da aplicação de revestimento de quitosana pelas análises de textura, teor de água e espessura do revestimento nos tempos 0 e 16 dias de armazenamento a 5°C. Após a determinação do tempo de IV, os revestimentos comestíveis de quitosana e quitosana + ácido láurico foram aplicados por IV e imersão. Como controle, as abóboras foram imersas em uma solução 1% de ácido acético sendo também submetidas a impregnação a vácuo e imersão. Os produtos foram armazenados a 5 °C por 16 dias e submetidos as análises (nos tempos 0, 4, 8, 12 e 16 dias de armazenamento) de pH, acidez, sólidos solúveis totais (SST), teor de água, perda de massa, teor de carotenoides totais, cor, incorporação de componentes, firmeza, espessura do revestimento, coliformes a 30 e 45 °C, contagem de psicotróficos, fungos filamentosos e leveduras, aceitação sensorial e microscopia eletrônica de varredura (MEV). O tempo de IV influenciou significativamente as análises de textura, teor de água e espessura do revestimento, sendo 4 minutos o melhor tempo de vácuo, por não ocorrer perda de água e textura ao longo do período de estocagem, além de possuir uma espessura adequada. Verificou-se que a técnica de impregnação causou diminuição do pH e aumento na acidez para todos os revestimentos quando comparada com a imersão. Não houve efeito significativo da técnica, revestimento e tempo sobre os sólidos solúveis totais que apresentaram média de 8,18°Brix. Em relação ao teor de água e perda de massa, as abóboras não revestidas perderam mais água e portanto mais massa ao longo do período de

estocagem em ambas as técnicas. A adição do ácido láurico na formulação do revestimento não promoveu redução na perda de água, quando comparada com o revestimento de quitosana. A maior retenção de carotenoides totais ao longo do armazenamento foi observada nas abóboras aplicadas de revestimento comestível, independente da técnica utilizada. Verificou-se que a técnica de impregnação a vácuo, e os tratamentos controle influenciaram mais as características de cor das amostras. Constatou-se maior incorporação de componentes nas abóboras pela técnica de IV, justificando a maior retenção do revestimento sobre a superfície do produto com consequente formação de revestimentos mais espessos e uniformes. A técnica de impregnação a vácuo promoveu maior redução da firmeza ao longo do período de estocagem em relação a imersão em todos os tratamentos. As abóboras do tratamento controle e adicionadas de revestimento comestível, independente da técnica, apresentaram-se de acordo com a legislação vigente quanto a coliformes a 45°C, além de apresentarem baixas contagens de psicotróficos e fungos filamentosos e leveduras imediatamente após o processamento. Pelas fotomicrografias obtidas por MEV constatou-se maior uniformidade dos revestimentos aplicados por IV. No entanto, a técnica de imersão e a adição de revestimento comestível promoveram menores alterações nas características do produto, demonstrando que a aplicação de revestimento pode ser uma alternativa para o aumento da vida de prateleira de vegetais minimamente processados.

## ABSTRACT

SOARES, Ariana de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Vacuum Impregnation edible coating of chitosan in minimally processed pumpkin.** Adviser: Afonso Mota Ramos. Co-advisers: Érica Nascif Rufino Vieira and Ellen Silva Lago Vanzela.

The increase consumption of minimally processed vegetables are associated with the consumer demand for fast, practical and healthy foods. However, the minimum processing leads to difficulties in maintaining the sensory and nutritional characteristics of the product. The objective of the research was evaluate the impregnation vacuum methods (IV) and immersion in the application of eatable coating on minimally processed pumpkin. The time of IV (2, 4, 6 and 8 minutes) was determined by applying chitosan coating by texture analysis, water content and thickness of the coating at times 0 and 16 days of storage at 5 ° C. After determining the time IV, chitosan eatable coating and chitosan plus lauric acid were apply by IV and immersion. As a control, pumpkins were subjected to the same procedure without the presence of coating. The products were stored at 5 ° C for 16 days and subjected to pH analyses, acidity, Total Soluble Solids (TSS), water content, weight loss, carotenoid content, color, incorporating components, firmness, coating thickness, coliforms at 30 and 45 ° C, psychrotrophic, filamentous fungi and yeast count, sensory acceptance and Electron Microscopy Scanning (EMS). The IV time significantly influenced the analysis. Four minutes was the best vacuum time, due no loss of moisture and texture during the storage period, further having an appropriate thickness. It has been found that impregnation technique caused a decrease in pH and an increase in acidity for all coatings. For soluble solids, there was no significant effect of the technique, coating and time, and showing averaged of 8.18° Brix. In relation to water content and mass loss, the uncoated pumpkins lost more water and more mass over the storage period. The addition of lauric acid in the coating formulation did not cause a reduction in water loss compared with the chitosan coating. Most carotenoids retention during storage was found in the pumpkins with applied eatable coating, regardless of the technique used. It has been found that the

vacuum impregnation technique, and the control treatments were the most important factors that influence the color characteristics of the samples. It was been found that greater incorporation of components of pumpkins through the IV technique, justifying the higher retention of coating on the food surface with consequent formation of thicker and uniform coating. The vacuum impregnation technique promoted greater loss of firmness during the storage period in relation of immersion in all treatments. The pumpkins of control treatment and thus that was added eatable coating were in accordance with the law in relation to coliform at 45 ° C, besides having low psychrotrophic count, filamentous fungi and yeast immediately after processing. For the photomicrographs obtained by MEV was found a greater uniformity of coatings applied by IV. Therefore, the immersion technique and the addition of eatable coating promoted minor variations in the product characteristics, demonstrating that the coating application can be an alternative for increasing the shelf life of vegetables minimally processed.

## 1. INTRODUÇÃO

O consumo de frutas e hortaliças tem aumentado em todo o mundo pelo fato da sociedade moderna buscar hábitos de vida mais saudáveis e naturais. A conveniência e a praticidade na hora da compra e do consumo têm levado consumidores a demandar produtos prontos para o consumo ou que necessite de pouco preparo adicional para serem consumidos. Portanto, o mercado para produtos hortícolas minimamente processados é crescente e promissor, e pode diminuir as perdas pós-colheita, aumentar o consumo e agregar valor (SILVA, et al., 2013).

As abóboras de forma geral são hortaliças grandes e, por isso, apresentam dificuldades na comercialização, armazenamento e manuseio, o que acaba ocasionando muitas perdas (SASAKI, 2005). Dessa forma, visando reduzir o desperdício e agregar valor ao produto, tem aumentado o interesse no uso das abóboras como matéria-prima para elaboração de minimamente processados. Porém, durante as etapas de processo para obtenção destes produtos, injúrias mecânicas provenientes do corte e fatiamento, aceleram respostas fisiológicas do vegetal como a elevação da atividade respiratória e da produção de etileno, além de promover a exposição de enzimas que antes estavam compartimentalizadas, favorecendo reações que diminuem a vida útil do produto, podendo também favorecer o crescimento microbiano (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Com o crescimento do segmento, a indústria de alimentos busca novas estratégias para aumentar a vida útil e a segurança microbiológica desses produtos. A aplicação de revestimentos comestíveis pode ser uma alternativa por promover barreira a gases, a umidade e a micro-organismos, além de protegerem contra impactos mecânicos. Um dos componentes muito utilizados para a formação de revestimentos é a quitosana, que é um polímero catiônico, não tóxico, com capacidade de formar filmes com excelente barreira ao oxigênio e dióxido de carbono, porém possui uma elevada permeabilidade ao vapor de água, propriedade que pode ser melhorada através de sua combinação com outros hidrocolóides ou componentes lipídicos.

A aplicação de revestimento em vegetais pode ser realizada por diferentes técnicas, onde a imersão é a mais utilizada. No entanto, dependendo da viscosidade da solução e da extensibilidade na superfície da amostra, a retenção da solução para formar um revestimento é baixa (VARGAS et al., 2009). Dessa forma, outras

técnicas vêm sendo estudadas, sendo a impregnação a vácuo uma alternativa para obtenção de revestimentos mais espessos e com melhor aderência, podendo então ser mais efetiva na manutenção da qualidade do produto. Essa técnica consiste na troca do gás e ou líquido aprisionado nos poros dos alimentos por um líquido externo, através da ação do mecanismo hidrodinâmico (HDM) promovido pelas mudanças de pressão (FITO, 1994).

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é avaliar e comparar as técnicas de impregnação a vácuo e imersão na aplicação de revestimento comestível de quitosana em abóbora minimamente processada, a fim de aumentar a vida de prateleira do produto.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar e comparar as técnicas de impregnação a vácuo e imersão na aplicação de revestimento comestível de quitosana em abóbora minimamente processada a fim de aumentar a vida útil do produto.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Determinar a viscosidade e tensão superficial dos materiais de revestimento;
- Avaliar o melhor tempo de pressão de vácuo para aplicação do revestimento comestível de quitosana em abóbora minimamente processada;
- Avaliar as características físico-químicas (pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), teor de água, perda de massa, carotenoides totais) da abóbora minimamente processada sem e com aplicação do revestimento de quitosana e revestimento de quitosana adicionado de ácido láurico, por impregnação a vácuo e imersão ao longo do período de armazenamento (16 dias) a temperatura de 5°C;
- Avaliar as características de cor e firmeza da abóbora minimamente processada ao longo do período de armazenamento;
- Avaliar o efeito da adição do ácido láurico no revestimento de quitosana com relação à permeabilidade ao vapor de água;
- Determinar a espessura dos revestimentos aderidos na abóbora minimamente processada por impregnação a vácuo e imersão;
- Avaliar qualidade microbiológica (coliformes a 30 e 45 °C e contagem de microorganismos psicotróficos e fungos filamentosos e leveduras) da abóbora minimamente processada ao longo do período de armazenamento;
- Verificar por microscopia eletrônica de varredura a adesão e uniformidade dos revestimentos por impregnação a vácuo e imersão na abóbora minimamente processada;
- Avaliar a aceitabilidade das abóboras minimamente processadas adicionadas de revestimento comestível.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 Vegetais minimamente processados**

Segundo o Anuário Brasileiro de Hortaliças (2014), o Brasil é responsável pela produção de 18,77 milhões de toneladas de hortaliças (referente a 32 culturas), com uma área de cultivo de 800,1 mil hectares, e uma produtividade de 23,45 toneladas por hectare, em 2012 (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2014). De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 2008, o consumo médio de hortaliças foi de 27,08 kg por habitante por ano (IBRAHORT, 2012).

As regiões Sudestes e Sul são responsáveis por 75% do volume de produção, enquanto o Nordeste e o Centro-Oeste respondem pelos 25% restantes. Em 2011 o estado de São Paulo produziu 4,1 milhões de toneladas de hortaliças, em uma área de 145,3 mil hectares, com 53 espécies (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2014). O Estado possui o maior setor produtivo de olerícolas no Brasil, com 21,3% da produção e 22% do mercado consumidor (FILHO; CAMARGO, 2011).

Embora o consumo médio de hortaliças seja baixo, a sociedade moderna buscar hábitos de vida mais saudáveis e naturais. O tempo disponível para o preparo de alimentos nos lares tem sido bastante reduzido devido ao estilo de vida adotado pela sociedade globalizada e fatores oriundos da globalização como as mudanças de paradigmas, avanços tecnológicos, maior participação da mulher no mercado de trabalho, maior número de pessoas morando sozinhas entre outros fatores, fazem com que os consumidores procurem alimentos práticos, rápidos, saudáveis e seguros. Neste contexto, a demanda por frutas e hortaliças minimamente processadas vem crescendo (ALMEIDA, 2013).

Tecnicamente, estes vegetais são colhidos e submetidos a um processo industrial que envolve as etapas de seleção e classificação da matéria prima, pré-lavagem, processamento (corte, fatiamento dentre outros), sanitização, enxague, centrifugação e embalagem, desejando obter um produto prático, saudável, semelhante no frescor, que na maioria das vezes não necessita de nenhum preparo adicional para ser consumido (MORETTI, 2007).

Os produtos minimamente processados são comercializados nos Estados Unidos desde a década de 30, porém, o processamento mínimo começou a crescer a

partir da década de 50 com o surgimento das redes de alimentação rápida como os “fast food”. Com a expansão dessas redes na década de 70, os alimentos minimamente processados passaram a ter maior relevância em vários países, incluindo o Brasil (MORETTI, 2007). O fortalecimento desta atividade somente ocorreu na década de 90, e atualmente, as redes de supermercados já vêm alocando espaço nas prateleiras para esses produtos.

Assim, as cadeias agroalimentares de hortaliças e frutas vêm sendo beneficiadas pelo uso da tecnologia de processamento mínimo, uma vez que permite aos produtores agregar valor aos produtos agrícolas e, conseqüentemente, aumentar a renda familiar. Além disso, contribui para a redução do desperdício e de perdas pós-colheita, um problema recorrente no setor (CENCI et al., 2006).

Acredita-se que a principal resistência na compra destes produtos pelo consumidor é ainda o preço superior quando comparado ao produto na forma in natura (SATO, 2009). Outro obstáculo a ser superado pelas indústrias de alimentos na cadeia produtiva de minimamente processados é a dificuldade de manter as características sensoriais e nutricionais desses produtos o mais próximo possível do produto in natura, uma vez que as injúrias provocadas nos tecidos, por ocasião do processamento, geram respostas fisiológicas como a elevação da atividade respiratória e a produção de etileno. Além disso, a etapa de corte ou descascamento remove a proteção natural da epiderme dos vegetais, o que favorece a perda de água para o ambiente e destrói a compartimentalização das células que separa as enzimas endógenas de seus substratos. A liberação dessas enzimas, especialmente as oxirredutases como polifenol oxidase e peroxidase, desencadeia reações indesejáveis no tecido celular das frutas ou hortaliças, o que diminui drasticamente a vida útil dos produtos e, por conseguinte, pode favorecer o crescimento microbiano (BRECHT, 1995). Os principais sintomas visuais de deterioração são o amolecimento causado pela perda de água e pela ação de enzimas, mudanças de coloração, especialmente o escurecimento do tecido vegetal, e a contaminação microbiana. Assim, tem aumentado a busca das indústrias de alimentos pelo desenvolvimento tecnológico de novas estratégias para minimizar esses problemas, bem como aumentar o prazo de validade e a segurança microbiológica desses produtos. Dentre as possíveis formas para alcançar estes objetivos, a aplicação de revestimentos comestíveis tem sido considerada uma alternativa viável (LIN et al., 2007; LACETA et al., 2014).

### 3.2 Abóbora

Há no Brasil grande diversidade de frutas e hortaliças ricas em compostos com possíveis alegações de propriedades funcionais com potencial para processamento pela indústria de alimentos (ALMEIDA et al., 2011; CLERICI; CARVALHO-SILVA, 2013; COSTA; JIMENEZ; SILVA, 2013; LI et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2012; SILVA et al., 2014; SOUZA et al., 2012; WILLIAMS et al., 2013). Dentre as hortaliças, as abóboras se destacam, devido seu elevado conteúdo de carotenoides, cuja composição já foi investigada por pesquisadores de vários países (ARIMA; RODRIGUEZ - AMAYA, 1988; 1990; AZEVEDO-MELEIRO, 2003; RODRIGUEZ- AMAYA, 2002) demonstrando diferenças dependendo da variedade, região de cultivo e provavelmente tempo de estocagem (LAGO, 2007).

Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis que conferem as abóboras coloração que varia do amarelo ao vermelho. Segundo Rodriguez-Amaya (2002), as abóboras são importantes fontes dos carotenoides pró-vitamínicos A  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -caroteno. Acredita-se que os carotenoides, provitamina A ou não, têm efeitos benéficos à saúde humana, pois proporcionam um aumento nas respostas imunológicas e reduzem riscos de doenças degenerativas, como o câncer, doenças cardiovasculares e catarata. A ação dos carotenoides sobre as doenças tem sido atribuída a sua propriedade antioxidante, uma vez que estes sequestram o oxigênio singlete e interagem com os radicais livres presentes no organismo (RODRIGUEZ-AMAYA, 2002).

Pertencente à família das Curcubitaceae que engloba mais de 800 espécies de plantas agrupadas em cerca de 80 gêneros, muitas têm grande importância econômica na horticultura mundial (BALDIN, 2002). Essa hortaliça possui como origem a região central do México e da América do Sul (WILSON et al., 1992). O termo abóbora é utilizado para frutos de diferentes espécies do gênero Cucurbita: Cucurbita Pepo L., Cucurbita Máxima Duchesne, Cucurbita Moschata Duchesne, Cucurbita Argyrosperma Huber e Cucurbita Ficifolia Bouché. Além de diferentes espécies, existem mais de cem variedades diversificando na forma, tamanho e cor do fruto (CAILI; HUAN; QUANHONG, 2006).

Segundo dados da FAO, a produção mundial de abóbora, no ano de 2010, foi de 22,4 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de 1,67 milhões de hectares, proporcionando uma produtividade média de 13,4 toneladas por hectare. No

Brasil, os dados são escassos, sendo o ano de 2006 a última informação disponível com área colhida de 88.203 hectares, 384.916 toneladas produzidas, que proporcionaram uma produtividade média de 4,4 toneladas por hectare com valor de produção de 1,52 milhões de reais (RESENDE; BORGES; GONÇALVES, 2013).

No Brasil, existem muitas variedades de abóbora que se diferenciam pelo formato, tamanho, cor da casca e da polpa, firmeza, teor de amido, teor de matéria seca, capacidade de armazenamento e sabor. Podem ser consumidas verde ou madura, sendo a verde mais utilizada em pratos salgados e a madura na fabricação de doces caseiros e industrializados, podendo também ser utilizada em pratos salgados. Os tipos de abóboras mais encontrados são a seca e a rajada seca, que se caracterizam por serem vegetais grandes de até 15 kg e 40 Kg, respectivamente; baianinha, que possui frutos pequenos com casca rajada; e a japonesa, que apresenta gomos e casca verde escuro (MARCELINO; MARCELINO, 2012).

As abóboras de forma geral são hortaliças grandes, e por isso apresentam dificuldades na comercialização, armazenamento e manuseio, o que acaba ocasionando muitas perdas (SASAKI, 2005). Dessa forma, visando reduzir esses problemas e agregar valor ao produto, tem aumentado o interesse no uso das abóboras como matéria-prima para elaboração de minimamente processados. Sasaki et al., 2006, Silva et al., 2009, Alves et al., 2010, Cortez-Vega et al., 2014, são alguns exemplos de trabalhos que utilizaram a abóbora como matéria-prima para minimamente processado.

### **3.3 Embalagens Comestíveis**

O uso de embalagens comestíveis vem tornando-se tema de grande interesse devido ao seu potencial de evitar a deterioração dos alimentos por degradação oxidativa e reações respiratórias, mantendo dessa forma, a qualidade e vida de prateleira dos alimentos (AZEREDO, 2012). Além disso, pesquisas tem se intensificado especialmente em função da necessidade de substituição de materiais não biodegradáveis, que causam um grande impacto ambiental. As embalagens comestíveis são formadas à base de biopolímeros, que sejam GRAS, ou seja, compostos reconhecidos como seguros para o consumo humano pelo FDA (Food and Drug Administration) e biodegradados em um curto tempo, contribuindo dessa forma

para a diminuição da poluição ambiental (GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996).

As embalagens comestíveis são apresentadas de duas formas: filmes ou revestimento. O filme é uma película formada separadamente do alimento e depois aplicada sobre ele, enquanto o revestimento é uma suspensão ou emulsão aplicada por imersão ou aspersão diretamente sobre a superfície do alimento, ocorrendo à formação de uma película sobre o produto (GENNADIOS; WELLER, 1990).

Na indústria de alimentos utilizam-se, principalmente os revestimentos. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) não descreve legislação específica para revestimentos comestíveis. Dessa forma, estes revestimentos são considerados ingredientes, quando melhoram a qualidade nutricional do produto, ou aditivo, quando não incrementam o seu valor nutricional, devendo obedecer a todos os regulamentos sobre aditivos e coadjuvantes (LUVIELMO; LAMAS, 2012).

As embalagens comestíveis são classificadas de acordo com sua matriz estrutural, que pode ser a base de lipídeos polissacarídeos, proteínas ou uma mistura destes compostos.

Os lipídeos, devido a sua natureza hidrofóbica, apresentam boa barreira à umidade e podem melhorar a aparência do produto. Entretanto, apresentam uma superfície gordurosa e podem ocasionar propriedades sensoriais indesejáveis nos produtos, como sabor de ranço (GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996). Entre os lipídeos mais utilizados na elaboração de embalagens comestíveis estão às ceras de abelha (TARAZAGA; MASSA; GAGO, 2011; VELICKOVA et al., 2013), parafina e carnaúba (BARMAN; ASREY; PAL, 2011; PINHEIRO, 2012).

Os polissacarídeos são hidrofílicos devido à presença de grupos altamente polares como a hidroxila, apresentando dessa forma, baixa barreira ao vapor d'água. Alguns possuem boa propriedade de barreira ao oxigênio e dióxido de carbono e excelente propriedades mecânicas e estruturais (KESTER; FENNEMA 1986, FALGUERA et al., 2011). Dentre os polissacarídeos mais utilizados, encontram-se o amido e seus derivados (VILLADIEGO, 2004; VANZELA et al., 2013), alginato (AZARAKHSH et al., 2014; GUERREIRO et al., 2015), pectina (MAFTOONAZAD et al., 2007; KANG et al., 2007), carragena (HAMZAH et al., 2013), quitosana (VARGAS et al., 2006; SUSENO et al., 2014) e derivados da celulose (OSORIO et al., 2011; AMON et al., 2014).

Os revestimentos comestíveis a base de proteínas, animais e vegetais (gelatina (FAKHOURI; GROSSO, 2003), caseína (BUSTILLOS et al., 1994; BUONOCORE et al., 2003), glúten de trigo (TANADA; GROSSO, 2005) e zeína (CHO; LEE; RHEE, 2010), exibem excelente barreira ao oxigênio, dióxido de carbono e lipídeos. Similar ao revestimento de polissacarídeo, possui uma baixa barreira ao vapor de água devido a sua natureza hidrofílica (GENNADIOS; HANNA; KURTH, 1997). São frágeis e possuem baixa flexibilidade, tornando-se quebradiços principalmente com alterações de temperatura e umidade. Para essa formulação, há quase sempre a necessidade da adição de plastificantes para elevar a flexibilidade e alongamento do filme (ASSIS; BRITO; FORATO, 2009).

Os compostos podem ser à base de proteínas associadas a lipídeos, ou polissacarídeos mais lipídeos, podendo existir como camadas separadas, ou associadas. Este tipo de embalagem tem sido mais pesquisada por combinar as vantagens e reduzir as desvantagens de cada componente (KROCHTA; BALDWIN; NISPEROS-CARRIEDO, 1994).

### **3.3.1 Aplicação de revestimento comestível em vegetais minimamente processados**

O uso de embalagens comestíveis em frutas não é um assunto novo. Os chineses aplicavam cera em laranja e limão no século 12 e 13 por perceberem que as frutas revestidas apresentavam maior vida de prateleira, apesar de não saberem que uma das funções do revestimento era desacelerar as trocas gasosas. Em 1930 as ceras de parafina, abelha e carnaúba se tornaram comercialmente disponíveis como revestimento comestíveis de frutas frescas como maçã e pera (PARK, 1999).

Dependendo da composição do revestimento comestível, sua aplicação em vegetais minimamente processados pode proporcionar diversos benefícios (ROONEY, 2005) tais como:

- 1) Barreira à umidade, o que minimiza o problema de perda de umidade durante o armazenamento e, por conseguinte, a perda de peso e alterações indesejáveis na textura, sabor e aparência dos produtos;

- 2) Barreira a gases suficiente para controlar as trocas gasosas entre o produto e a atmosfera, o que diminui a respiração e produção de etileno e, conseqüentemente, pode retardar o amadurecimento, a deterioração do produto, bem como retardar a oxidação enzimática protegendo o produto de descoloração, escurecimento e

amolecimento durante o armazenamento. O revestimento cria uma atmosfera modificada com níveis elevados de CO<sub>2</sub> e reduzido de O<sub>2</sub>. Contudo, essa atmosfera não deve criar condições de anaerobiose que permitiria o crescimento de microorganismos anaeróbios e formação de sabores indesejáveis devido à produção de etanol, acetaldeído e ácidos orgânicos. (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Ao proporcionar a barreira a gases, também restringe a troca de compostos voláteis entre o produto e o ambiente, impedindo assim a perda de compostos aromáticos voláteis naturais e componentes responsáveis pela cor e aroma, além de impedir a absorção de odores estranhos.

3) Proteção parcial contra danos físicos, como impactos mecânicos. As propriedades mecânicas dos revestimentos (força de tensão, alongamento, resistência à tração, módulo elástico, flexibilidade dentre outras) são tão importantes como as de barreira. Os revestimentos devem ser resistentes à quebra e abrasão, para proteger a estrutura do alimento, e flexíveis para que possam se adaptar a possível deformação do alimento sem se romperem (GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996). Dessa forma, na composição dos revestimentos geralmente adiciona-se plastificantes que possuem a capacidade de melhorar as propriedades físicas ou mecânicas do revestimento. Os plastificantes são agentes de baixa massa molar que uma vez incorporados na cobertura são capazes de se posicionar entre as moléculas do polímero interferindo nas interações, o que leva a um decréscimo nas forças intermoleculares entre as cadeias poliméricas melhorando a flexibilidade e mobilidade da cadeia, tornando o revestimento menos quebradiço (PINHEIRO et al., 2010). Em contrapartida, estudos demonstram que o uso de plastificantes pode aumentar a permeabilidade de gases, solutos ou vapor d'água. Os mais utilizados são o glicerol e o sorbitol (JUNIOR et al., 2010).

4) Redução do crescimento microbiano, já que é mais uma barreira que os microorganismos precisam ultrapassar;

5) Pode servir como meio de transporte de outros ingredientes funcionais como agentes anti-microbianos, antioxidantes, vitaminas, aromatizantes, dentre outros.

Para alcançar plenamente as vantagens de sua aplicação, o revestimento deve aderir à superfície do alimento. A maioria das frutas e hortaliças possui uma camada de cera natural, de natureza hidrofóbica, na superfície chamada cutícula. A aplicação de um revestimento externo realçará esta barreira natural ou substituirá nos

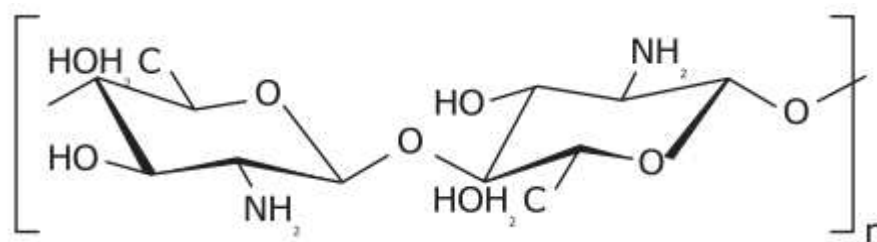
casos onde esta camada foi parcialmente removida ou alterada durante a manipulação ou processamento (LIN; ZHAO, 2007). Revestimentos à base de cera mostram boa aderência em vegetais. No entanto, em alguns vegetais a adesão de revestimentos hidrofílicos pode ficar comprometida devido à diferença de natureza química entre as superfícies. Para melhorar a aderência e molhabilidade de revestimentos hidrofílicos, surfactantes são adicionados na formulação (LIN; KROCHTA, 2005).

A otimização da composição do revestimento comestível é um dos passos mais importantes durante sua elaboração, uma vez que ele deve ser formulado de acordo com as propriedades das frutas e hortaliças em que serão aplicados. A escolha do revestimento depende de diversos fatores como custo, disponibilidade, atributos funcionais, propriedades mecânicas, propriedades ópticas (brilho e opacidade), efeito de barreira contra gases, resistência a micro-organismos e aceitabilidade sensorial. Essas características são influenciadas por parâmetros tais como o tipo de material estrutural, condições sob as quais o revestimento será formado (tipo de solvente, pH, concentração e temperatura) e tipo e concentração dos aditivos (plastificantes, tensoativos, agentes microbianos, antioxidantes dentre outros (ROJAS-GRAU et al., 2009).

Desta maneira, existem vários revestimentos comestíveis que podem ser aplicados em vegetais. Dentre eles, a quitosana é muito usada devido sua propriedade de permeabilidade seletiva a gases, ação antimicrobiana e por formar coberturas e filmes geralmente inodoros, insípidos e transparentes. Além disso, os filmes de quitosana são resistentes, de longa duração, flexíveis e difíceis de rasgar (ELSABEE; ABDU, 2013).

### **3.3.2 Quitosana**

A quitosana é um polímero natural derivado do processo de desacetilação da quitina em meio alcalino. Sua estrutura é formada pela repetição de unidades beta (1-4) 2-amino-2-desoxi-D-glucose (Figura 1) apresentando cadeia similar a celulose. (ASSIS, 2002). A quitina (2-acetamido-2-dexosi-D-glucose) é o segundo polissacarídeo mais abundante da natureza, sendo amplamente encontrada em exoesqueleto de crustáceos e na parede celular de fungos filamentosos e leveduras (RINAUDO, 2006).



**Figura 1.** Estrutura química da quitosana, sendo n o grau de polimerização.

A completa desacetilação da quitina raramente é realizada, pois são necessárias muitas reações consecutivas, que favorecem a sua progressiva despolimerização. Não há limites bem definidos em termos dos conteúdos de unidades de 2-acetamido-2-desoxi-D-glucose e 2-amino-2-desoxi-D-glucose para a distinção de quitina e quitosana, mas em função de sua composição exibem propriedades bem diferentes. Do ponto de vista prático, é a solubilidade que permite a distinção mais simples e rápida, pois a quitosana é solúvel em soluções aquosas diluídas em vários ácidos, mas a quitina não é solúvel nesse meio, sendo dissolvida apenas em poucos solventes. Assim, o polímero é chamado de quitosana quando contém ao menos 50-60% de unidades 2-amino-2-desoxi D-glucose (FILHO et al., 2007).

A quitosana é um polímero catiônico, não tóxico, biodegradável de elevada massa molar, com capacidade de formação de filme e atividade antimicrobiana. (ZHENG; ZHU, 2003; RINAUDO, 2006). O filme derivado da quitosana possui uma excelente barreira ao oxigênio e dióxido de carbono, porém, uma elevada permeabilidade ao vapor de água, embora a baixa permeabilidade seja desejada a fim de evitar processos de desidratação durante o armazenamento de vegetais (CARNER; VERGANO; WILES, 1998). Essa propriedade pode ser melhorada, através da combinação com outros hidrocolóides ou com matérias lipídicas (XU et al., 2005).

O mecanismo da atividade antimicrobiana da quitosana ainda não foi completamente elucidado, mas existem várias hipóteses, e a mais aceita é a mudança da permeabilidade celular. O grupo amino em ambiente ácido é protonado promovendo uma interação eletrostática com cargas negativas presentes na superfície microbiana. Essa interação proporciona mudança na permeabilidade e conduz a perda de eletrólitos e de componentes proteicos intracelulares. A quitosana pode

também atuar como agente quelante ligando-se a metais e inibindo, dessa forma, a produção de toxinas e crescimento microbiano. Além disso, pode interagir com o DNA microbiano, o que leva a inibição do RNA mensageiro e síntese proteica (DEVLIEGHIERE; VERMEULLEN; DEBEVERE, 2004, KONG et al., 2010).

Sua propriedade antimicrobiana depende de vários fatores:

- 1) grau de desacetilação e polimerização. O número de grupos amino é importante na interação eletrostática, assim, um quitosano com maior grau de desacetilação mostra um efeito inibidor mais forte do que moléculas com menor grau de desacetilação (KONG, et al., 2010);
- 2) Massa molar. Quitosana com massa molar média inferior a 10 kDa têm maior atividade antimicrobiana, porém são necessários ao menos sete unidades monoméricas para obter efeito significativo (AIDER, 2010).
- 3) tipo de micro-organismo. Apesar de possuir um amplo espectro de atividade antimicrobiana, pode-se ressaltar que os fungos são mais sensíveis à ação da quitosana do que as bactérias. Segundo Lauzurdo et al. 2008, a quitosana impede a esporulação e a germinação dos esporos de fungos, e no caso das bactérias, o modo de ação é mais complexo devido a diferença entre as bactérias gram negativas e positivas;
- 4) Condições ambientais, tais como pH, temperatura e composição de nutrientes da matriz alimentar. Em valores abaixo de seu pka (6,3-6,5), por exemplo, a molécula se torna solúvel ao adquirir cargas positivas e, conseqüentemente, apresenta capacidade para formação do revestimento sobre o vegetal (LIM; HUDSON, 2004).

São vários os estudos que utilizam a quitosana na aplicação de revestimento comestível de quitosana em vegetais minimamente processados. Vargas et al., 2006, Simões et al., 2008, Cortez-Veja et al., 2010, Ansorena; Marcovich; Roura, 2011; Qi et al., 2011, Fonseca, 2012, aplicaram revestimento comestível de quitosana em morango, cenoura, abóbora, brócolis, maçã, uva respectivamente, com o objetivo de aumentar a vida de útil dos produtos.

### **3.3 Técnicas de aplicação de revestimento em vegetais**

A aplicação de revestimento em vegetais pode ser realizada por diferentes métodos, sendo a imersão a mais utilizada. No entanto, dependendo da viscosidade da solução e da extensibilidade na superfície da amostra, a retenção no vegetal para

formar um revestimento é baixa. Dessa forma, outros métodos vêm sendo estudados no intuito de obter revestimentos mais espessos e com melhor aderência (VARGAS et al., 2009).

### **3.3.1 Imersão**

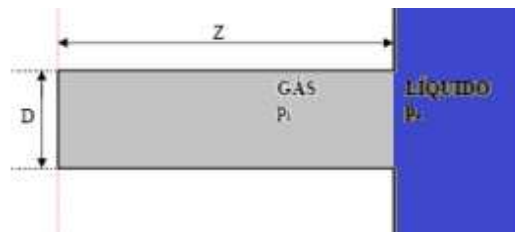
Neste método, o produto é imerso em uma solução filmogênica em um curto intervalo de tempo e, em seguida, o excesso de material de revestimento é drenado (LUIVIELMO, 2012). Após a drenagem, o produto revestido pode ser seco ou deixado em repouso para que ocorra a solidificação do material de revestimento sobre a superfície do alimento. Em produtos porosos, como é o caso dos vegetais minimamente processados, a aderência do revestimento na superfície ocorre por capilaridade, fazendo com que uma pequena porção do material de revestimento fique retida no produto, mesmo após a drenagem (OLIVEIRA, 2014).

### **3.3.2 Impregnação a vácuo**

A impregnação a vácuo é utilizada para acelerar a penetração de um líquido ou soluto de interesse em uma estrutura porosa, seja esta vegetal ou animal, de forma controlada (ZHAO et al., 2004). Essa técnica consiste na troca do gás e ou líquido aprisionado nos poros dos alimentos por um líquido externo, através da ação do mecanismo hidrodinâmico (HDM) promovido pelas mudanças de pressão (FITO, 1994). Esse mecanismo é o maior responsável pela penetração, no entanto, ele normalmente ocorre junto com o fenômeno de deformação-relaxação (DRP) da matriz sólida (FITO et al., 1996).

Essa operação ocorre depois que o produto é imerso no líquido que se deseja impregnar, como mostrado na Figura 2. No primeiro passo, caracterizado pela duração e nível de vácuo, o produto imerso na solução de impregnação é exposto a pressão de vácuo, promovendo assim a expansão e saída do gás interno do produto pelos poros, em combinação com os fenômenos de deformação e relaxamento da matriz sólida. Quando a pressão interna se iguala à pressão de vácuo aplicada, uma quantidade de líquido penetra nos poros, devido à ação das forças capilares. A liberação de gás pelos poros arrasta líquido nativo do produto para o meio externo. No segundo passo, a pressão atmosférica é restaurada e o gás residual da amostra se comprime devido à diferença de pressão ocorrendo mais uma vez o fenômeno de deformação-relaxação. A compressão conduz à impregnação dos poros do produto

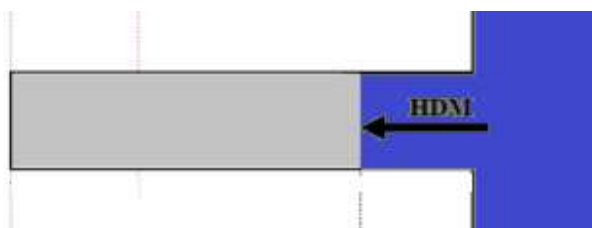
pela solução externa, até que o equilíbrio de pressão seja atingido (FITO, 1994; FITO et al., 2001).



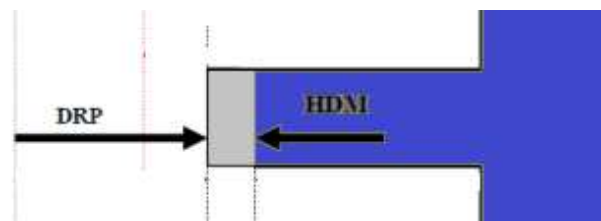
**Etapa 1.** Situação inicial onde a pressão externa ( $P_e$ ) é igual a pressão atmosférica ( $P_{atm}$ ).



**Etapa 2.** Aplicação do vácuo ( $P_i > P_e$ ) que promove a expansão e saída do gás presente no poro.



**Etapa 3.** Pressão interna se iguala a pressão externa ( $P_i = P_e < P_{atm}$ ) ocorrendo entrada da solução por capilaridade.



**Etapa 4.** Reestabelecimento da pressão atmosférica, o que leva a compressão do gás residual e uma maior penetração da solução.

**Figura 2.** Representação das etapas de impregnação a vácuo com o mecanismo hidrodinâmico e o fenômeno de deformação-relaxação.

Adaptado de Fito (1996).

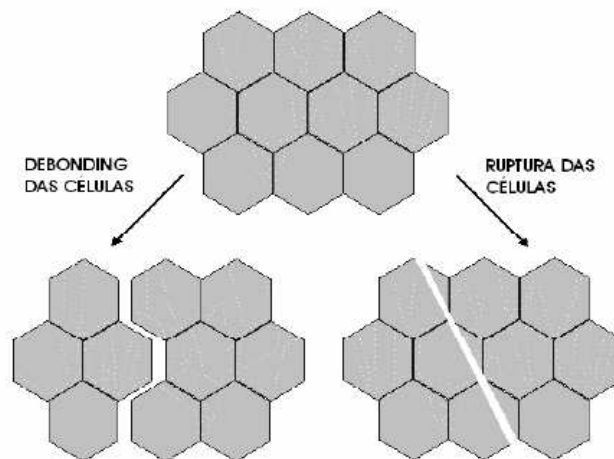
O volume de líquido penetrante pode ser representado basicamente pelo volume total do espaço intercelular, que inicialmente estava preenchido com gás

(FITO, 1994). Mesmo em processos de imersão de tecidos vegetais porosos em um líquido, essa solução flui pelos poros da superfície devido à ação de forças capilares (ZHAO; XIE, 2004).

A impregnação alcançada bem como a deformação de uma amostra depende da estrutura do material, de suas propriedades mecânicas e das condições de operação. A estrutura dos tecidos exerce uma importante influência no processo de transferência de massa, não somente pela porosidade, mas também pelo tamanho e distribuição dos poros. Isso significa que a resistência dos poros ao fluxo de gás e líquido é determinante para a deformação e impregnação do material. Dessa forma, a impregnação a vácuo de um material poroso está relacionada com a estrutura do tecido (tamanho dos poros e sua distribuição); tempo de relaxação da matriz sólida, como uma função das propriedades mecânicas do material; taxa de transferência do mecanismo hidrodinâmico, como uma função da estrutura (tamanho e forma dos poros) e da viscosidade da solução; tamanho e forma das amostras (FITO et al., 1996). A intensidade do vácuo também afeta o processo. O aumento do vácuo aumenta o ganho da solução externa, pois um gradiente de pressão maior promove maior saída do gás e maior fluxo de solução externa para dentro dos poros (PAES, 2005).

A impregnação a vácuo pode provocar danos na estrutura de células vegetais. Esses danos estão relacionados com o fenômeno de deformação-relaxação e se devem a expansão e saída do gás e líquido nativo, na etapa de vácuo. Esse líquido que é arrastado para fora pela expansão do gás pode levar a efeitos irreversíveis devido a força mecânica que leva a perda de rigidez da estrutura pelo debonding (desligamento) ou ruptura da parede celular como mostrado na Figura 3 (CHIRALT et al., 2001).

Essa técnica pode ser aplicada como um pré-tratamento para operações de secagem, desidratação osmótica, congelamento, bem como na prevenção do escurecimento oxidativo em frutas por remover oxigênio dos poros (MORAGA et al., 2009). Pode ser útil também para introduzir substâncias dissolvidas ou dispersas diretamente na estrutura porosa da matriz dos alimentos, em processos nos quais as operações de sólido-líquido estão presentes, como a salga, desidratação osmótica, adição de agentes de textura, antioxidantes e antimicrobianos, entre outros (MERLIN, 2007).



**Figura 3.** Esquema do debonding e ruptura da parede celular que podem ocorrer em tecidos vegetais.

Fonte: Chiralt et al., (2001).

A manutenção da qualidade de alimentos porosos pelo pré-tratamento com impregnação a vácuo se deve a utilização de baixas temperaturas, o que minimiza os danos pelo calor, preservando a cor, aroma, sabor e outros componentes que são termossensíveis (TORREGGIANI; BERTOLO., 2001).

Aumentar a vida de prateleira de produtos minimamente processados é um desafio para a indústria de alimentos. A baixa temperatura e embalagem que cria uma atmosfera modificada são utilizados para diminuir a taxa de respiração desses produtos (CASTELLÓ; FITO; CHIRALT, 2006). Dessa forma, tentando associar a utilização de revestimentos comestíveis com a impregnação a vácuo, um estudo foi desenvolvido no intuito de aplicar revestimento comestível em cenoura minimamente processada pela técnica de impregnação a vácuo. Segundo Vargas et al. (2009), essa técnica possibilita uma maior retenção do material de revestimento, obtendo-se dessa forma um revestimento mais espesso, mais uniforme, com maior aderência e mais eficaz na manutenção das características do produto.

### **3.4 Caracterização da solução formadora de revestimento**

#### **3.4.1 Reologia**

A reologia é a ciência que estuda a deformação e escoamento de um material quando submetido a uma força externa (TOLEDO, 1991). Segundo a reologia clássica, o sólido elástico é um material com forma definida que, quando deformado por uma força externa dentro de certos limites, irá retornar à sua forma e dimensões originais, após a remoção dessa força. O líquido viscoso não tem forma definida e irá escoar, irreversivelmente, com a aplicação de uma força externa (STANLEY et al., 1995). Dessa forma, a propriedade reológica de interesse no caso dos sólidos é a elasticidade e no caso dos líquidos, viscosidade (RAO, 1999).

Viscosidade é definida como a resistência ao escoamento de um fluido quando aplicada uma tensão de cisalhamento, a uma determinada temperatura (SCHRAMM, 2006). Ela é dependente da natureza físico-química da substância, da temperatura, da pressão, da taxa de deformação e do tempo. Para definir a viscosidade em função de um desses fatores os outros devem ser mantidos constantes e bem definidos (CASTRO, 2007).

Os fluidos são classificados de acordo com seu comportamento reológico por meio da análise da relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para condições de temperatura e pressão estabelecidas. Reologicamente, os fluidos são divididos em duas categorias: newtonianos e não-newtonianos (STEFFE, 1996).

De acordo com Castro et al. (2001), fluidos newtonianos são aqueles que apresentam uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação. Os materiais não-newtonianos podem ser classificados em dois grupos, independentes do tempo e dependentes do tempo. Os fluidos não-newtonianos independentes do tempo são divididos em dilatantes, pseudoplásticos e plásticos de Bingham e os dependentes do tempo em tixotrópicos e reopéticos (EGAWA, 2007).

Para os fluidos não newtonianos independentes do tempo, quando se tem uma diminuição da viscosidade conforme aumenta a taxa de deformação aplicada, estes fluidos são classificados como pseudoplásticos (CHHABRA; RICHARDSON, 2008). Nos fluidos dilatantes, a viscosidade aumenta com o aumento da taxa de deformação. Os plásticos de Bingham comportam-se como sólido em condições estáticas ou de repouso e após aplicação de uma força começam a escoar, possuindo propriedades de fluidos viscosos e sólidos elásticos mesclados (SALDARRIAGA,

2007). Um fluido tixotrópico é aquele no qual a viscosidade aparente diminui com o tempo quando o fluido é submetido a uma taxa de deformação constante. Em fluidos reopéticos, a viscosidade aparente do fluido aumenta com o tempo quando sujeito a uma taxa de deformação constante (SHARMA; MULVANEY; RIZVI, 2000).

Diversos modelos matemáticos auxiliam na caracterização reológica das amostras analisadas (Tabela 1), sendo que a escolha do modelo a ser utilizado depende das informações e da característica do fluido.

**Tabela 1.** Equações de modelos matemáticos

Modelo Matemático	Equação do modelo
Newtoniano	$\tau = \mu \dot{\gamma}$
Ostwald Waale ( Lei da Potência)	$\tau = K\dot{\gamma}^n$
Dilatante	$\tau = K\dot{\gamma}^n$ $n > 1$
Bingham	$\tau = \tau_0 + \mu \dot{\gamma}$
Plástico (Herschel-Bulkley)	$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n$

Fonte: Adaptado de Castro; Covas; Diogo (2001),  $\tau$  = Tensão de cisalhamento;  $\mu$  = viscosidade;  $\dot{\gamma}$  = taxa de deformação;  $n$  = índice de comportamento do escoamento;  $k$  = índice de consistência;  $\tau_0$  = tensão crítica de cisalhamento.

### 3.4.2 Tensão superficial

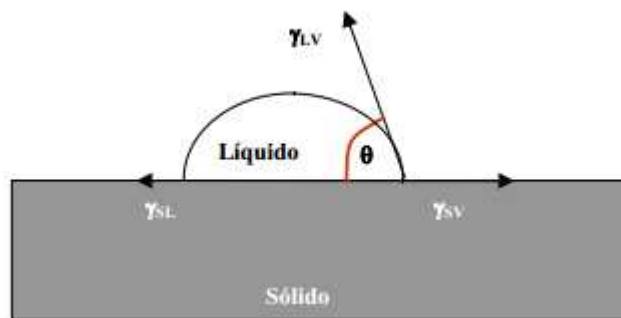
Para entender melhor esse fenômeno considere a interface de um líquido com o ar. Cada molécula no interior do líquido é atraída pelas demais moléculas igualmente em todas as direções, enquanto que as moléculas da superfície são atraídas para o interior do líquido mais fortemente do que em direção do ar, ocorrendo uma contração espontânea da superfície, causando a chamada tensão superficial, que funciona como uma fina camada, película, como se fosse uma membrana elástica na superfície do líquido (RAGONE, 1995).

Os primeiros estudos sobre tensão superficial foram realizados por Thomas Young em 1805. Este pesquisador propôs o equilíbrio de forças entre três fases: líquido, sólido e vapor quando uma gota líquida esta sobre a superfície sólida, em um ambiente de vapor (Figura 4). Com esse pensamento, Young descreveu a equação de Young (equação 1) que prevê valores de tensão superficial em função do ângulo de contato que o líquido faz com a superfície sólida (BURKARTER, 2006).

$$\gamma_{lv} \cos\theta = \gamma_{sv} - \gamma_{sl} \quad (1)$$

em que :  $\gamma$  = tensão superficial

$\theta$  = ângulo de contato



**Figura 4.** Equilíbrio de forças entre as fases sólido/líquido/vapor proposta por Young.

A tensão superficial de um material de revestimento está relacionada com sua capacidade molhante. A eficiência dos revestimentos depende da capacidade molhante da solução formadora do revestimento. As formulações deverão molhar e espalhar-se uniformemente na superfície do produto (PARK, 1999). A capacidade molhante de um líquido é determinada pelo balanço entre as forças adesivas ( $W_a$ ) e as forças coesivas ( $W_c$ ) do líquido, enquanto as forças adesivas fazem com que o líquido se espalhe sobre a superfície sólida, as forças coesivas fazem com que o líquido se contraia (PINHEIRO et al., 2010). As forças coesivas e adesivas são dadas pelas equações abaixo:

$$W_a = \gamma_{lv} + \gamma_{sv} + \gamma_{sl} \quad (2)$$

$$W_c = 2\gamma_{lv} \quad (3)$$

Um dos métodos mais utilizados para determinar a tensão superficial é o método de gota pendente, que consiste na determinação do perfil de uma gota pendente em ar. O perfil da gota, quando está em equilíbrio mecânico, é determinado por um balanço entre a força de gravidade e as forças de superfície (ARASHIRO, 1998).

### 3.4.3 Microscopia

A microscopia tem por objetivo a obtenção de imagens ampliadas de um objeto, que permite observar detalhes não revelados a olho nu (MANNHEIMER, 2002). O microscópio é um dos principais instrumentos para análise do tamanho de partículas por sua precisão, sendo utilizado também para uma completa caracterização da partícula, como sua forma, morfologia (superfície), cor e mineralogia. Para uma correta seleção da técnica de microscopia e uma correta interpretação é importante ter em mente o objetivo que se quer alcançar e conhecimento do processo de formação de imagem (VANETTI; CEOTTO; ANDRADE, 2008).

O microscópio eletrônico de varredura (MEV) trouxe uma nova dimensão ao estudo da morfologia de amostras sólidas, por produzir imagens tridimensionais de alta resolução e ampliação (até 300.000 x). Diferentemente das imagens geradas pelo microscópio óptico, as formadas por MEV são virtuais. As amostras não são vistas diretamente e suas imagens são formadas em um monitor através da codificação de sinais gerados pela interação entre a amostra e elétrons (MANNHEIMER, 2002).

O princípio do funcionamento do MEV consiste na emissão de um feixe de elétrons gerado em filamento de tungstênio por efeito termoiônico. Os elétrons gerados sob alto vácuo são acelerados por uma diferença de potencial que varia entre 0,3 keV a 30 keV. Os elétrons têm seu percurso e diâmetro corrigido por um conjunto de lentes eletromagnéticas que agem como condensadoras. Estas lentes alinham os feixes na direção da abertura da objetiva, que ajusta o foco do feixe antes deste atingir a amostra. Logo acima da objetiva, duas bobinas eletromagnéticas são as responsáveis pela varredura das amostras. Da colisão dos elétrons com a amostra, são gerados uma série de sinais diferentes que são captados por detectores específicos e transformados em sinais elétricos (MANNHEIMER, 2002).

O MEV é um dos mais versáteis instrumentos disponíveis para a observação e análise de características microestruturais de objetos sólidos. Os elétrons “varrem” apenas a superfície externa do material, sendo então uma técnica que permite somente a observação da superfície da amostra (MARCHI; CASTRO, 2005).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

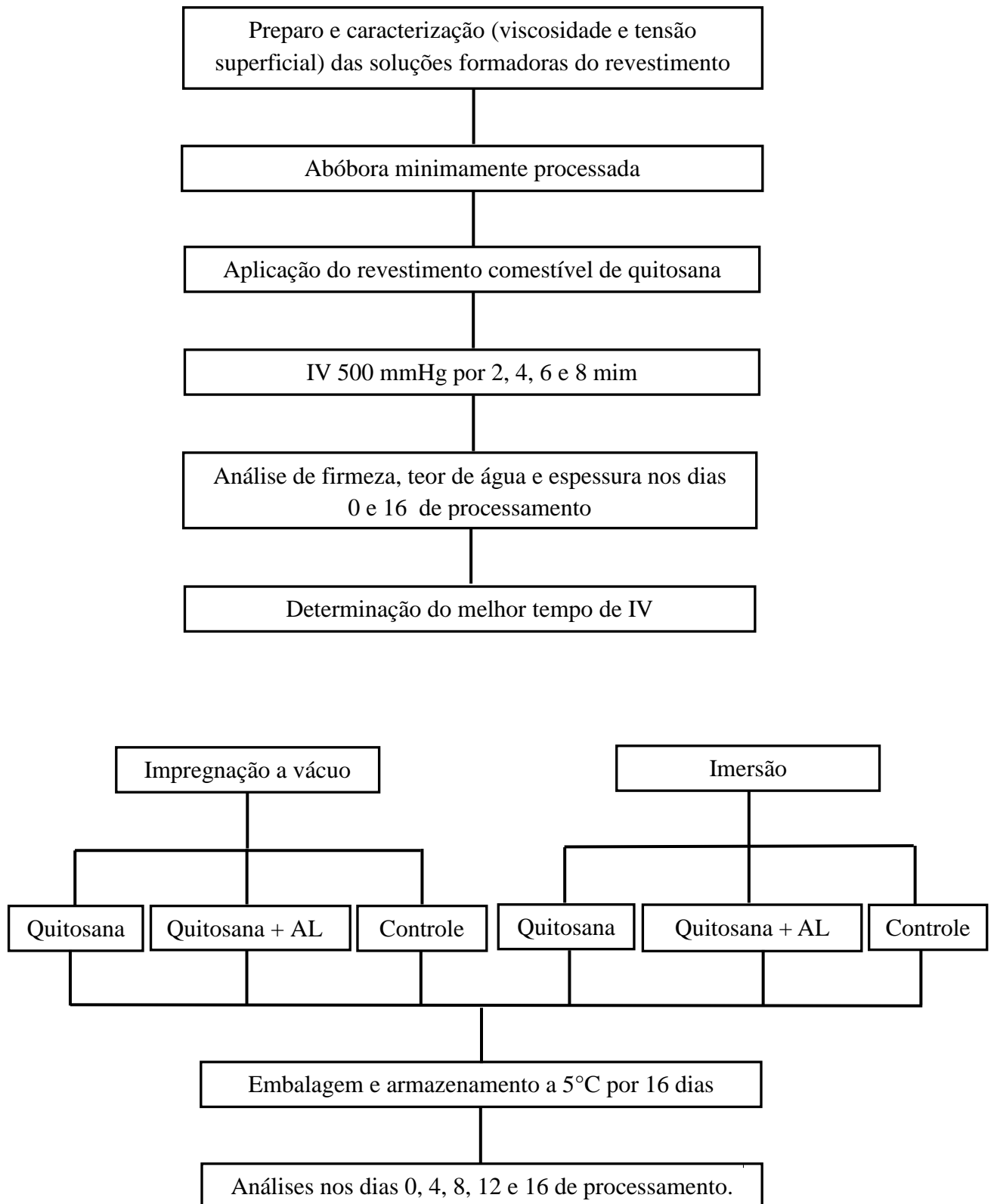
Os experimentos foram realizados na Planta Piloto de Processamento de Frutas e Hortaliças, no Laboratório de Ciência de Produtos de Frutas e Hortaliças e no Núcleo de Microscopia Eletrônica e Microanálise, da Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa, Minas Gerais.

### **4.1 Esquema do experimento**

No estudo da aplicação de revestimento comestível de quitosana e revestimento comestível de quitosana adicionado de ácido láurico por impregnação a vácuo e imersão em abóbora minimamente processada, o experimento foi dividido em duas etapas. A primeira consistiu na determinação do melhor tempo de impregnação a vácuo para aplicação dos revestimentos a base de quitosana. Foram testados os tempos de 2, 4, 6 e 8 minutos. A segunda etapa consistiu na comparação dos métodos de impregnação a vácuo e imersão na aplicação dos revestimentos (quitosana e quitosana + ácido láurico) em abóbora minimamente processada, pelo melhor tempo determinado na etapa anterior. O esquema do experimento encontra-se na Figura 5.

Os tratamentos controles consistiram das abóboras minimamente processadas imersas em solução tampão de ácido acético (1% v/v), com pH previamente calibrado para 4,5, submetidas ao processo de imersão e impregnação a vácuo.

Todo o experimento foi realizado em três repetições e as análises foram realizadas em duplicata.



**Figura 5.** Esquema do experimento

IV – Impregnação a vácuo.

AL – Ácido láurico.

## **4.2 Obtenção da matéria-prima**

Abóboras da variedade Japonesa (Cucurbita Máxima Duchesne x Cucurbita Moschata Duchesne) foram adquiridas no comércio local da cidade de Viçosa, Minas Gerais, no estádio de maturação comercial para consumo. A quitosana (baixo peso molecular, com 75-85% de grau de desacetilação e viscosidade 20-300 mPa.s) foi adquirida na Sigma-Aldrich.

## **4.3 Preparo e caracterização das soluções formadoras do revestimento**

A quitosana (1,5% p/v) foi dispersa em uma solução aquosa de ácido acético (1% v/v) a temperatura de 25°C. Durante um período de aproximadamente 16 horas, a solução filmogênica de quitosana permaneceu sobre agitação a temperatura ambiente para obtenção de uma solução homogênea. Após a homogeneização, tween 40 a 0,1% (v/v) foi adicionado para melhorar a molhabilidade, permanecendo por 30 minutos sobre agitação (ASSIS, 2002; VARGAS et al., 2009). Em seguida, a solução foi filtrada a vácuo a temperatura ambiente com o objetivo de retirar as impurezas. O ácido láurico em uma concentração de 2% (p/v) foi adicionado em parte da solução contendo quitosana e a mistura foi emulsionada à temperatura ambiente usando Ultra turrax Ika 25 a 15000 rpm durante 4 minutos. (VARGAS et al., 2009).

O comportamento reológico das soluções formadoras de revestimento foi determinado em reômetro rotativo marca Brookfield, modelo R/S plus SST 2000, programável, com interface acoplada para microcomputador, conectada ao programa RHEOCALC V 1.1. Foi utilizado sensor CC45 (cilindros concêntricos) com taxa de deformação variando de 0 a 300 s<sup>-1</sup>, durante 2 min em rampa de subida e 2 min em rampa de descida, com medições a cada 4 segundos (PAULA, 2015). A tensão superficial foi determinada por meio do método de gota pendente no equipamento Goniômetro (Kruss<sup>®</sup>, Germany), selecionando a aproximação de Laplace-young como método de cálculo. As análises foram realizadas logo após o preparo das soluções filmogênicas (VARGAS; AMPARO: MARTINEZ, 2008).

## **4.4 Processamento mínimo da abóbora**

As abóboras foram lavadas em água potável e sanitizadas em solução clorada (Sumaveg<sup>®</sup>) a 200 mg.L<sup>-1</sup> de cloro ativo por um período de 15 minutos. Após a sanitização, as hortaliças foram enxaguadas em solução clorada a 20 mg.L<sup>-1</sup> por 5 minutos. Em seguida, as abóboras foram cortadas, descascadas, separadas das

sementes, e então cortadas em cubos de aproximadamente 2 x 2 x 2 cm. Facas de aço inoxidável, previamente higienizadas em solução clorada, foram utilizadas na etapa de descascamento e corte do vegetal.

#### **4.5 Determinação do tempo de impregnação a vácuo (IV)**

As abóboras minimamente processadas foram imersas na solução filmogênica de quitosana. Essa solução, com as hortaliças imersas, foi submetida a uma pressão de vácuo de 500 mmHg por 2, 4, 6 e 8 min e, em seguida, a pressão atmosférica foi restabelecida pelo mesmo tempo aplicado na etapa de pressão de vácuo. Em seguida as abóboras foram embaladas em bandejas de polietileno tereftalato (PET) com tampa do mesmo material e armazenadas a 5°C por 16 dias. Após, foi realizada no tempo 0 dia de armazenamento a determinação da firmeza, teor de água e espessura do revestimento e no tempo 16 dias de armazenamento foi determinado a firmeza e teor de água, a fim de estabelecer o tempo que foi utilizado na etapa de aplicação do revestimento por impregnação a vácuo e nos tratamentos por imersão e controle.

#### **4.6 Aplicação dos revestimentos**

##### **4.6.1 Impregnação a vácuo**

Após o processamento mínimo, as abóboras foram imersas nas soluções filmogênicas de quitosana e quitosana + ácido láurico. As soluções, contendo as hortaliças imersas, foram submetidas a uma pressão de vácuo de 500 mmHg pelo período determinado no item 4.5, e em seguida, a pressão atmosférica foi restabelecida pelo mesmo tempo utilizado na etapa de pressão de vácuo. Após a IV, as abóboras foram drenadas em peneiras para remover o excesso do material de revestimento e, em seguida, foram dispostas em telas de aço inoxidável, sendo submetidas à secagem sob circulação de ar forçado a 25°C por 1 hora. Na Figura 6 está o equipamento utilizado para a realização da impregnação a vácuo na aplicação dos revestimentos comestíveis nas abóboras minimamente processadas.

Após este tratamento, as abóboras minimamente processadas foram embaladas em bandejas de polietileno tereftalato (PET) com tampa do mesmo material e armazenadas a 5 °C por 0, 4, 8, 12, 16 dias para acompanhar a vida de prateleira por meio de análises físico-químicas, de cor, textura e microbiológicas. Também foram avaliadas a espessura e a microestrutura dos revestimentos por

microscopia eletrônica de varredura logo após a sua aplicação. Como controle, as abóboras minimamente processadas foram imersas em solução de ácido acético (1% v/v), com pH calibrado para 4,5, e foram submetidas ao mesmo processo de impregnação a vácuo.



**Figura 6.** Esquema do equipamento utilizado para realizar a impregnação a vácuo.

#### **4.6.2 Imersão**

As abóboras minimamente processadas foram imersas nas soluções filmogênicas durante o mesmo período definido no item 4.5 para a impregnação a vácuo. Em seguida, as abóboras foram drenadas em peneiras para remover o excesso do material de revestimento sendo então dispostas em telas de aço inoxidável, sendo submetidas à secagem sob circulação de ar forçado a 25°C por 1 hora.

Após este tratamento, as abóboras minimamente processadas foram embaladas em bandejas de polietileno tereftalato (PET) com tampa do mesmo material e armazenadas a 5 °C por 0, 4, 8, 12, 16 dias para acompanhar a vida de prateleira por meio de análises físico-químicas, cor, textura e microbiológicas. Também foram avaliadas, a espessura e a microestrutura dos revestimentos por microscopia eletrônica de varredura logo após a sua aplicação. Como controle, as abóboras minimamente processadas foram imersas em solução de ácido acético (1% v/v), previamente calibrada com pH 4,5, pelo mesmo tempo da impregnação a vácuo.

## **4.7 Análises físico-químicas**

As análises físico-químicas foram realizadas nos tempos 0, 4, 8, 12 e 16 dias de armazenamento do produto, nos tratamentos adicionados de revestimento por impregnação a vácuo e imersão e também nos tratamentos controles.

### **4.7.1 Potencial hidrogeniônico (pH)**

Cada 10 g de amostra foram pesadas, trituradas e diluídas em 100 mL de água destilada. O pH foi determinado por leitura direta em potenciômetro (Tecnopon), previamente calibrado com soluções padrão de pH 4,0 e 7,0 conforme a AOAC (2000).

### **4.7.2 Acidez total titulável (ATT)**

A acidez total titulável foi determinada por meio da maceração de 10 g das amostras diluídas em 100 mL de água destilada. A solução foi titulada com uma solução padronizada de  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  de NaOH (AOAC, 2000) até pH 8,2, que foi monitorado com o auxílio de um pHmetro. Os resultados da ATT foram expressos em g de ácido cítrico/ 100 g de abóbora.

### **4.7.3 Teor de sólidos solúveis totais (SST)**

A determinação do teor de sólidos solúveis totais foi realizada diretamente em refratômetro de bancada modelo ABBÉ, a temperatura de 25 °C, sendo os resultados expressos em °Brix, de acordo com a AOAC (2000). O refratômetro foi previamente calibrado com água destilada.

### **4.7.4 Teor de água e Perda de Massa**

O teor de água foi determinado utilizando o método gravimétrico, com base na perda de peso das amostras submetidas ao aquecimento em estufa à 105°C, conforme descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2004). Para esta análise, 2g das amostras homogeneizadas foram pesadas e espalhadas uniformemente em cápsula de metal, previamente tarada. As amostras foram secas durante 3 horas, retiradas da estufa e resfriadas em dessecador até temperatura ambiente para serem pesadas. A operação foi repetida até se obter peso constante.

A perda de massa das abóboras minimamente processadas adicionadas de revestimento por IV e imersão e do tratamento controle foi determinada por meio de pesagem em balança analítica, estabelecendo-se a relação entre o peso inicial das

hortaliças minimamente processadas após a etapa de impregnação a vácuo e imersão, e durante o período de armazenamento a 5°C. A perda de massa foi expressa em porcentagem.

#### 4.7.5 Carotenoides totais

O teor de carotenoides foi determinado por análise espectrofotométrica, conforme metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (2001) com adaptações. As amostras foram trituradas e 1 g foi pesado para realização da análise. Em cada amostra foi adicionado 50 mL de acetona refrigerada para extração dos carotenoides. Em seguida, as amostras foram filtradas e transferidas para um funil de separação onde foram adicionados 40 mL de éter de petróleo. Água destilada e água destilada com sal foram adicionadas vagarosamente (para evitar a formação de emulsão) para obtenção de duas fases, água + acetona e éter + carotenoide. Essa etapa foi repetida 3 vezes ou até que a fase acetona fosse totalmente removida. O extrato em éter de petróleo foi então recolhido em um béquer contendo sulfato de sódio anidro que então foi filtrado e transferido para um balão volumétrico completando o volume para 50 mL com éter de petróleo. A leitura foi realizada em espectrofotômetro digital (modelo UV 1800) no comprimento de onda de 450 nm. Para o cálculo do teor de carotenoides totais foi utilizada a fórmula abaixo:

$$CT \left( \frac{\mu m}{g} \right) = \frac{A \cdot V \cdot 10^4}{A_{1cm}^{1\%} \cdot P}$$

Em que,

A = absorvância da solução no comprimento de onda de 450 nm;

V = volume final da solução (mL);

CT = Carotenoides totais;

P = peso da amostra (g);

$A_{1cm}^{1\%}$  = coeficiente de extinção ou coeficiente de absorvidade molar do  $\beta$ -caroteno em éter de petróleo, coeficiente de absorvidade molar de 2592 (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

#### 4.8 Análise objetiva de cor

A cor superficial das abóboras sem revestimento e com revestimento aplicados por impregnação a vácuo e imersão foi avaliada utilizando-se o equipamento Color Reader CR-10 (Minolta). A determinação de cor foi realizada pela leitura direta de reflectância das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  empregando a escala CIELAB  $L^*$ , por ser adotada como padrão pela Comissão Internacional de Iluminação. Esse é um sistema de coordenadas retangulares que define a cor em termos de  $L^*$ , que numa escala de 0 a 100 representa a luminosidade, variando desde o preto (0) ao branco (100);  $a^*$ , que representa a variação entre o verde (valores negativos) e o vermelho (valores positivos); e por fim, o eixo  $b^*$ , que representa a variação de azul (valores negativos) ao amarelo (valores positivos). Para cada amostra foram realizadas três leituras em diferentes pontos do produto a fim de se obter o resultado médio. Além das coordenadas base, foram medidas as seguintes coordenadas:

- Ângulo Hue ( $H^\circ$ ), que corresponde à tonalidade, mostra a localização da cor em um diagrama, onde o ângulo  $0^\circ$  representa o vermelho puro, o de  $90^\circ$  representa o amarelo puro, o ângulo de  $180^\circ$  o verde puro e o de  $270^\circ$  o azul (McGUIRE et al., 1992).

$$H^\circ = \arctg(b^*/a^*), \text{ onde } a^* > 0 ; b^* > 0$$

$$H^\circ = 180^\circ + \arctg(b^*/a^*), \text{ onde } a^* < 0 ; b^* > 0$$

$$H^\circ = 270^\circ + \arctg(b^*/a^*), \text{ onde } a^* < 0 ; b^* < 0$$

$$H^\circ = 360^\circ + \arctg(b^*/a^*), \text{ onde } a^* > 0 ; b^* < 0$$

- Índice Chroma ( $C^*$ ), que expressa a saturação ou intensidade da cor:

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

- Diferença de cor total ( $\Delta E$ ):  $\sqrt{((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)}$

A análise foi realizada após 0, 4, 8, 12, 16 dias de armazenamento do produto a  $5^\circ\text{C}$ .

#### 4.9 Avaliação da incorporação de componentes após a aplicação do revestimento

A incorporação foi determinada por meio de pesagem em balança analítica, estabelecendo-se a relação entre o peso das abóboras minimamente processadas antes e após a etapa de aplicação dos revestimentos seja por impregnação a vácuo ou

imersão. Os resultados foram expressos em porcentagem e foram determinados a partir da equação:

$$IC = \frac{m_i - m \times 100}{m}$$

Em que:

IC: índice de incorporação;

$m_i$ : peso das abóboras minimamente processadas antes da etapa de impregnação ou imersão (gramas);

$m$ : peso das abóboras minimamente processadas após a etapa de impregnação ou imersão (gramas).

#### **4.10 Determinação de firmeza**

A firmeza da abóbora minimamente processada adicionada de revestimento (quitosana ou quitosana mais ácido láurico) e do tratamento controle mantidos a 5 °C foi determinada em texturômetro TA-TX (Texture Technologies Corp./Stable Micro systems), com sonda cilíndrica de 25 mm de diâmetro (Aluminum Cylinder Probe SMS, P/25). As amostras foram comprimidas em 20 % da altura original, em um ciclo de compressão, com velocidade de 1 mm·s<sup>-1</sup> e 0,05 N de força de área. Os índices de firmeza foram calculados a partir das curvas características do perfil de textura gerado no programa Texture Expert Stable Micro Systems (OLIVEIRA, 2014).

#### **4.11 Espessura do revestimento**

A espessura foi determinada de acordo com Botrel et. al (2007) com adaptações. Após a aplicação dos revestimentos por imersão e por impregnação a vácuo nas abóboras minimamente processadas, um corte transversal foi feito na amostra para determinação da espessura. Fotos foram tiradas a partir de um microscópio óptico com aumento de 4x, mediante a coloração do revestimento com Azul de Metileno. A medida da espessura foi realizada utilizando o software de imagem ImageJ.

#### **4.12 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

Após adicionar os revestimentos comestíveis à abóbora, foi realizada análise de microscopia eletrônica de varredura a fim de verificar a microestrutura da superfície dos revestimentos.

##### **4.12.1 Corte das amostras**

As hortaliças foram fatiadas em secção de 0,5 cm x 0,5 cm com aproximadamente, 1 a 2 mm de espessura. Para realização da análise, a parte externa das abóboras ficou voltada em direção ao feixe de elétrons.

##### **4.12.2 Desidratação das amostras e metalização com ouro**

Para a fixação das células e do tecido vegetal, os cortes de abóbora foram transferidos para solução de glutaraldeído 5 % (v/v) em tampão fosfato 0,1 mol·L<sup>-1</sup>, 1:1, de forma que a concentração final fosse 2,5 % de glutaraldeído e 2,5% de tampão fosfato 0,05 mol·L<sup>-1</sup>. Os fragmentos da hortaliça permaneceram nesta solução por 18 horas a 7 °C. Em seguida, foi realizada lavagem de 1 minuto em tampão PBS 0,05 mol·L<sup>-1</sup>, pH 7,2. A etapa de desidratação consistiu de tratamentos seriados em acetona, nas graduações de 30 °GL, 50 °GL, 70 °GL e 90 °GL, por 10 minutos cada e três tratamentos de 10 min, em acetona 100 °GL. Os cortes de abóboras foram transferidos para o secador ao ponto crítico (Critical Point Dryer – modelo CPD020, Balzers, Liechtenstein) para a desidratação total e, então metalizados em metalizador (modelo FDU 010, Bal-Tec, Balzers, Liechtenstein) para posterior observação ao microscópio eletrônico de varredura (modelo LEO 1430 VP Zeiss, Cambridge, Inglaterra) e registro das imagens (OLIVEIRA, 2014).

#### **4.13 Análises Microbiológicas**

Foram realizadas análises de micro-organismos psicrotróficos, coliformes a 30 °C e coliformes a 45 °C e fungos filamentosos e leveduras.

A contagem de micro-organismos psicrotróficos foi determinada segundo Cousin; Jay; Vasavada (2001) utilizando-se Ágar Padrão para Contagem (PCA). A partir de diluições seriadas as amostras de abóbora minimamente processadas adicionadas ou não de revestimento comestível foram plaqueadas em profundidade, onde 1 mL de cada diluição em duplicada foi plaqueado em PCA e, em seguida, incubadas a 7 °C por 10 dias. Para a contagem das colônias de psicrotróficos, foram

selecionadas as placas contendo de 25 a 250 colônias e, posteriormente, foi calculado o número de UFC (unidades formadoras de colônias) por grama do produto.

As análises microbiológicas de coliformes a 30 °C e coliformes a 45 °C foram realizadas pela técnica do Número Mais Provável (NMP) de acordo com Kornacki; Johnson (2001), utilizando-se caldo Lauril Sulfato Triptose para o teste presuntivo, Caldo Bile Verde Brilhante para confirmar coliformes a 30 °C e Caldo EC para confirmar coliformes que fermentam a 45 °C. Os resultados foram expresso em NMP por grama de abóbora.

A contagem de fungos filamentosos e leveduras foi realizada utilizando o meio de cultura Agar Batata Dextrose (BDA). A partir de diluições seriadas, 0,1 ml das amostras de abóbora minimamente processadas adicionadas ou não de revestimento comestível foram plaqueadas utilizando a técnica “Spread Plate” em duplicata e, em seguida, incubadas a 25°C por 5 dias (MATOS et al., 2011).

As amostras dos tratamentos controle, impregnação a vácuo e imersão na aplicação das soluções filmogênicas foram analisados após armazenamento a 5°C nos dias 0, 8 e 16, a fim de avaliar as condições do produto no início, meio e fim de sua vida de prateleira.

#### **4.14 Análise Sensorial**

A aceitabilidade sensorial das amostras de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle, impregnados a vácuo e imersos em revestimento comestível de quitosana e quitosana + ácido láurico em relação aos atributos cor, aroma e impressão global foi realizada nos tempos 0 e 8 dias de armazenamento, por 50 provadores não treinados, em cabines individuais e sob luz branca, usando escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de “desgostei extremamente” (1) a “gostei extremamente” (9), segundo Minim (2013).

#### **4.15 Análise Estatística**

Os dados obtidos para determinar o tempo de vácuo que foi utilizado foram interpretados por análise de variância (ANOVA) utilizando teste F e teste de Tukey para comparação de médias ao nível de 5 % de probabilidade.

Na segunda parte do experimento, que consistiu na comparação das técnicas de imersão e impregnação a vácuo, foi aplicado um esquema de parcela subdivididas, tendo nas parcelas um esquema fatorial 2x3 e nas sub parcelas os tempos de

avaliação (0, 4, 8, 12 e 16 dias após o processamento), no delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste “t” adotando-se 5 % de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2 = \text{SQRegressão}/\text{SQtratamento}$ ) e no fenômeno em estudo. Para isso foi utilizado o programa Statistical Analysis Systems (SAS), versão 9.2, licenciado pela Universidade Federal de Viçosa.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Caracterização das soluções formadoras de revestimento

As soluções formadoras de revestimento de quitosana e quitosana adicionada de ácido láurico foram caracterizadas quanto à tensão superficial e a viscosidade aparente ( $\dot{\gamma}=100 \text{ s}^{-1}$ ) a 25°C (tabela 2).

**Tabela 2.** Caracterização das soluções formadoras de revestimento de quitosana e quitosana + ácido láurico.

	Revestimento	
	Quitosana	Quitosana + ácido láurico
<b>Tensão ( nN/m)</b>	45,62±2,89 A	31,15±0,148 B
<b>Viscosidade Aparente (Pas)</b>	0,172±0,002A	0,178±0,008A

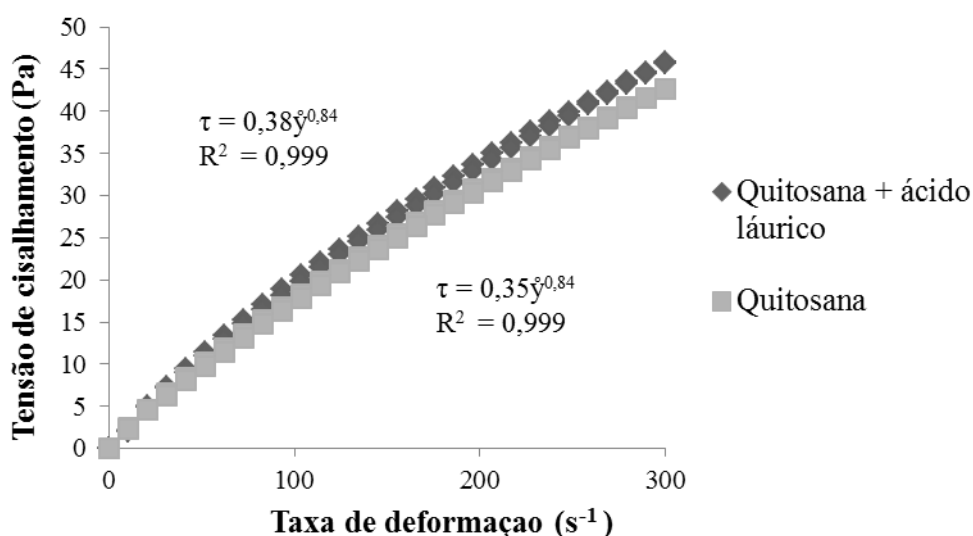
Letras maiúsculas iguais na linha não se diferem estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

No interior dos líquidos, as moléculas interagem umas com as outras em todas as direções, enquanto que na superfície a interação ocorre com moléculas que estão em suas laterais ou logo abaixo. Isso faz com que as moléculas da superfície sejam atraídas para o interior do líquido, gerando, por meio desse desequilíbrio de forças, a tensão superficial. Dessa forma, a tensão superficial depende diretamente das forças intermoleculares, portanto, moléculas que possuem fortes interações intermoleculares geram elevadas tensões, como é o caso da água (72nN/m a 20°C) em virtude das ligações de hidrogênio (OLIVEIRA; FERNANDES, 2006).

A tensão superficial das soluções formadoras de revestimento diferiu significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 2). A adição do ácido láurico diminuiu a força das interações intermoleculares, causando uma diminuição na tensão superficial. A quitosana é um polímero formado pela repetição do monômero beta (1-4) 2- amino -2- desoxi -D-glucose, de caráter polar. Ao adicionar o ácido láurico (apolar), interações intermoleculares mais fracas, dipolo-dipolo induzido, passam a ocorrer, o que resulta na diminuição da tensão superficial.

De acordo com a Tabela 2 não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) na viscosidade aparente entre as formulações do revestimento. Ambas as soluções apresentaram índice de comportamento ao escoamento ( $n$ ) igual a 0,84, possuindo dessa forma, um comportamento não Newtoniano e pseudoplástico (Figura 7), uma vez que a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de deformação aplicada (SCHRAMM, 2006).

A retenção dos revestimentos na superfície dos vegetais, geralmente é melhor quando eles têm alta viscosidade e baixa tensão superficial, promovendo dessa forma melhor aderência e revestimentos mais espessos.



**Figura 7.** Reogramas com valores médios de tensão de cisalhamento ( $\tau$ , Pa) e taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ,  $s^{-1}$ ) para solução formadora de revestimento comestível de Quitosana e Quitosana + ácido láurico a 25° C. Rampa ascendente e descendente.

## 5.2 Determinação do tempo de impregnação a vácuo de revestimento de quitosana em abóbora minimamente processada

De acordo com a Tabela 3, não houve diferença significativa na firmeza ( $p>0,05$ ) nos diferentes tempos de impregnação a vácuo nos os dias de armazenamento avaliados, exceto para o tempo de 8 minutos de vácuo onde verificou-se uma redução significativa ( $p<0,05$ ) da firmeza ao longo do tempo, e por isso esse tempo foi descartado.

**Tabela 3.** Firmeza (N) das abóboras minimamente processadas adicionadas de revestimento comestível de quitosana nos diferentes tempos de impregnação a vácuo.

Tempo de vácuo (minutos)	Firmeza (N)	
	Tempo de armazenamento (dias)	
	0	16
2	31,10 ± 2,82Aa	29,50 ± 1,02Aa
4	31,67 ± 0,08Aa	32,99 ± 1,78Aa
6	34,60 ± 1,21Aa	32,36 ± 1,89Aa
8	34,43 ± 1,78Aa	30,31 ± 1,41Ba

Letras maiúsculas iguais na linha e minúsculas na coluna não se diferem estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

A impregnação a vácuo pode provocar danos na estrutura das células vegetais. Esses danos estão relacionados com a expansão e saída do gás e líquido nativo na etapa de vácuo. Esse líquido ao ser arrastado para fora pela expansão do gás pode gerar forças mecânicas que levam a perda de rigidez da estrutura pelo debonding (desligamento) ou ruptura da parede celular (CHIRALT et al., 2001). Rodrigues (2013), após avaliar a adição de bactérias probióticas em goiaba minimamente processada por impregnação a vácuo sob pressão de vácuo de 500 mmHg e tempo de vácuo de 30 minutos, também observou redução significativa ( $p<0,05$ ) da firmeza ao longo do período de armazenamento.

Em relação à espessura do revestimento comestível de quitosana aplicado nas abóboras minimamente processadas, houve diferença significativa ( $p<0,05$ ) entre os tempos (Tabela 4). O tempo de vácuo de 2 minutos apresentou uma espessura de

21,33  $\mu\text{m}$ , menor quando comparado com os demais tratamentos, e por isso esse tempo foi excluído.

A espessura é um parâmetro importante uma vez que afeta diretamente a função dos revestimentos, principalmente em relação a permeabilidade aos gases e a água. A impregnação a vácuo pode ser uma alternativa para formar revestimentos mais espessos e conseqüentemente mais eficazes (VARGAS et al., 2009). De acordo com Fito (1994), a técnica de impregnação a vácuo consiste na troca de um gás interno ou líquido ocluso nos poros de um alimento poroso, por uma solução externa, devido a ação de mecanismos hidrodinâmicos promovidos por mudança de pressão. Dessa forma, quanto maior o tempo de impregnação a vácuo, maior poderá ser essa troca e conseqüentemente maior a espessura do revestimento conforme observado no presente trabalho.

**Tabela 4.** Espessura de revestimento comestível de quitosana nos diferentes tempos de impregnação a vácuo no tempo 0 dia.

Tempo de vácuo (minutos)	Espessura( $\mu\text{m}$ )
2	21,33 $\pm$ 0,47a
4	23,77 $\pm$ 1,11b
6	24,25 $\pm$ 0,44b
8	25,41 $\pm$ 0,39b

Letras minúsculas iguais na coluna não se diferem estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para a análise do teor de água, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os diferentes tempos de impregnação a vácuo nos dias 0 e 16 de armazenamento. No entanto o tempo de vácuo de 2 minutos percebeu-se uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ao longo do período de armazenamento, como apresentado na Tabela 5.

**Tabela 5.** Teor de água (%) das abóboras minimamente processadas adicionadas de revestimento comestível de quitosana nos diferentes tempos de impregnação a vácuo.

Tempo de vácuo (minutos)	Teor de água (%)	
	Tempo de armazenamento (dias)	
	0	16
2	84,56 ± 0,62Aa	80,38 ± 1,57Ba
4	84,92 ± 1,06Aa	83,39 ± 1,58Aa
6	84,10 ± 1,09Aa	83,19 ± 2,65Aa
8	86,48 ± 3,31Aa	84,12 ± 0,65Aa

Letras maiúsculas iguais na linha e minúsculas na coluna não se diferem estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os vegetais minimamente processados, apresentam certa dificuldade na manutenção de suas características sensoriais e nutricionais. Injúrias provocadas nos tecidos, por ocasião do processamento, geram respostas fisiológicas como a elevação da atividade respiratória e a produção de etileno. Além disso, a etapa de corte ou descascamento remove a proteção natural da epiderme dos vegetais, o que favorece a perda de água para o ambiente e descompartimentalização das células que separa as enzimas endógenas de seus substratos (BRECHT, 1995).

A aplicação de revestimento comestível proporciona barreira à água, minimizando dessa forma a perda de massa, alterações de textura, sabor e aparência. Esse resultado da análise de teor de água pode estar relacionado com o encontrado para espessura, uma vez que o tempo de impregnação a vácuo de 2 minutos apresentou uma espessura menor e perda de água significativa ( $p < 0,05$ ) ao longo do tempo de armazenamento.

Diante disso, estabeleceu-se o tempo de 4 minutos de aplicação de vácuo a uma pressão de vácuo de 500 mmHg, uma vez que, após aplicação do revestimento comestível de quitosana nas abóboras minimamente processadas por esse período de menor tempo, não ocorreram perdas significativas na textura e no teor de água do produto.

### **5.3. Determinação das características físico-químicas**

#### **5.3.1. Determinação de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível**

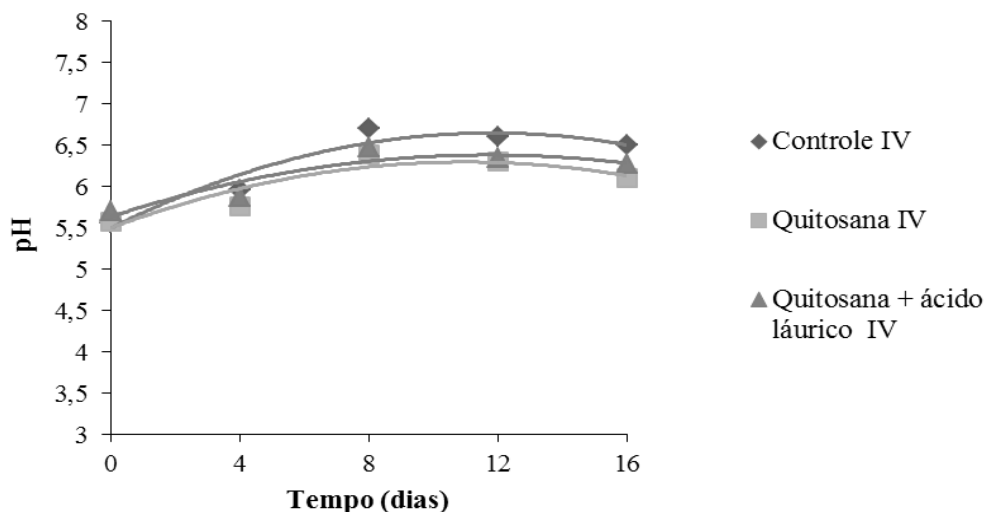
A técnica de impregnação a vácuo promoveu, imediatamente após o processamento, uma diminuição do pH e aumento da acidez das abóboras minimamente processadas de todos os tratamentos, quando comparada com a técnica de imersão ( $p < 0,05$ ), no entanto, entre os revestimentos aplicados, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

A quitosana apresenta solubilidade em soluções ácidas e, de acordo com Fito (1994), quando o vácuo é aplicado ao sistema, o ar do interior do tecido flui para o exterior por meio do espaço poroso do alimento, esses espaços são preenchidos por uma maior quantidade de solução externa (solução ácida) devido a ação do mecanismo hidrodinâmico, o que não ocorre na técnica de imersão, uma vez que não promove essa remoção do ar, por que não há utilização do vácuo.

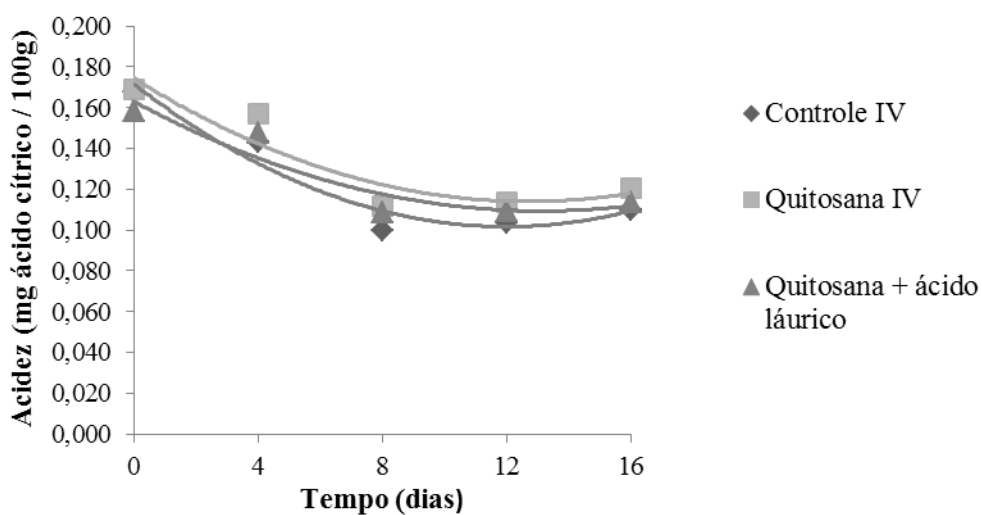
Até o oitavo dia de estocagem, verificou-se apenas para a técnica de impregnação a vácuo um aumento do pH, e diminuição da acidez, (equações de regressão nas tabelas 6 e 7), não apresentando diferença independente do revestimento aplicado ( $p > 0,05$ ) (Figuras 8 e 9). Normalmente, os ácidos orgânicos tendem a diminuir no decorrer do armazenamento, a medida que são utilizados durante a respiração ou são convertidos em açúcares, explicando dessa forma o aumento do pH até o dia 8.

Comportamento semelhante foi encontrado por Bezerra et al. (2002), que estudaram o efeito do branqueamento na conservação de mandioca minimamente processada armazenada por 18 dias a 8°C e Gioppo et al. (2012), que avaliaram a vida de prateleira de repolho roxo minimamente processado armazenado em diferentes embalagens a 5°C por 12 dias.

Nas abóboras adicionadas de revestimento comestível pela técnica de imersão, não constatou-se efeito significativo do tempo para o pH e acidez, independente do revestimento aplicado ( $p > 0,05$ ), obtendo média de 6,86 e 0,096mg ácido cítrico /100g respectivamente.



**Figura 8.** Variação do pH de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) ao longo do período de armazenamento a 5°C.



**Figura 9.** Variação de acidez da abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) ao longo do período de armazenamento a 5°C.

**Tabela 6.** Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na análise de pH.

<b>Tratamento</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Controle IV	$Y = -0,008x^2 + 0,194x + 5,497$	0,926
Quitosana IV	$Y = -0,007x^2 + 0,145x + 5,499$	0,841
Quitosana + ácido láurico IV	$Y = -0,005x^2 + 0,128x + 5,633$	0,846

**Tabela 7.** Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na análise de acidez

<b>Tratamento</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Controle IV	$Y = 0,0005x^2 - 0,012x + 0,171$	0,939
Quitosana IV	$Y = 0,0004x^2 - 0,010x + 0,174$	0,873
Quitosana + ácido láurico IV	$Y = 0,0003x^2 - 0,128x + 0,163$	0,885

Para o teor de sólidos solúveis, verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos independente da técnica e do revestimento aplicado, bem como ao longo dos 16 dias de estocagem ( $p > 0,05$ ), apresentando média de  $8,18 \pm 0,07$  °Brix, o que é desejável e foi similar ao encontrado por outros autores, tais como Costa et al. (2011), que encontram valores variando de 7,52 a 8,2 °Brix.

Em geral, o conteúdo de sólidos solúveis tende a aumentar com o amadurecimento devido ao aumento do teor de açúcares simples do fruto, seja por biossíntese, pela degradação de polissacarídeos ou pela perda de água dos frutos resultando em maior concentração dos mesmos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; BENÍTEZ et al., 2013)

Resultado semelhante foi encontrado por Botreli et al. (2010), utilizando a técnica de imersão para aplicação de revestimento comestível de amido na conservação pós-colheita de pêra minimamente processada, não verificando diferença no teor de sólidos solúveis totais após 6 dias de armazenamento a 7°C.

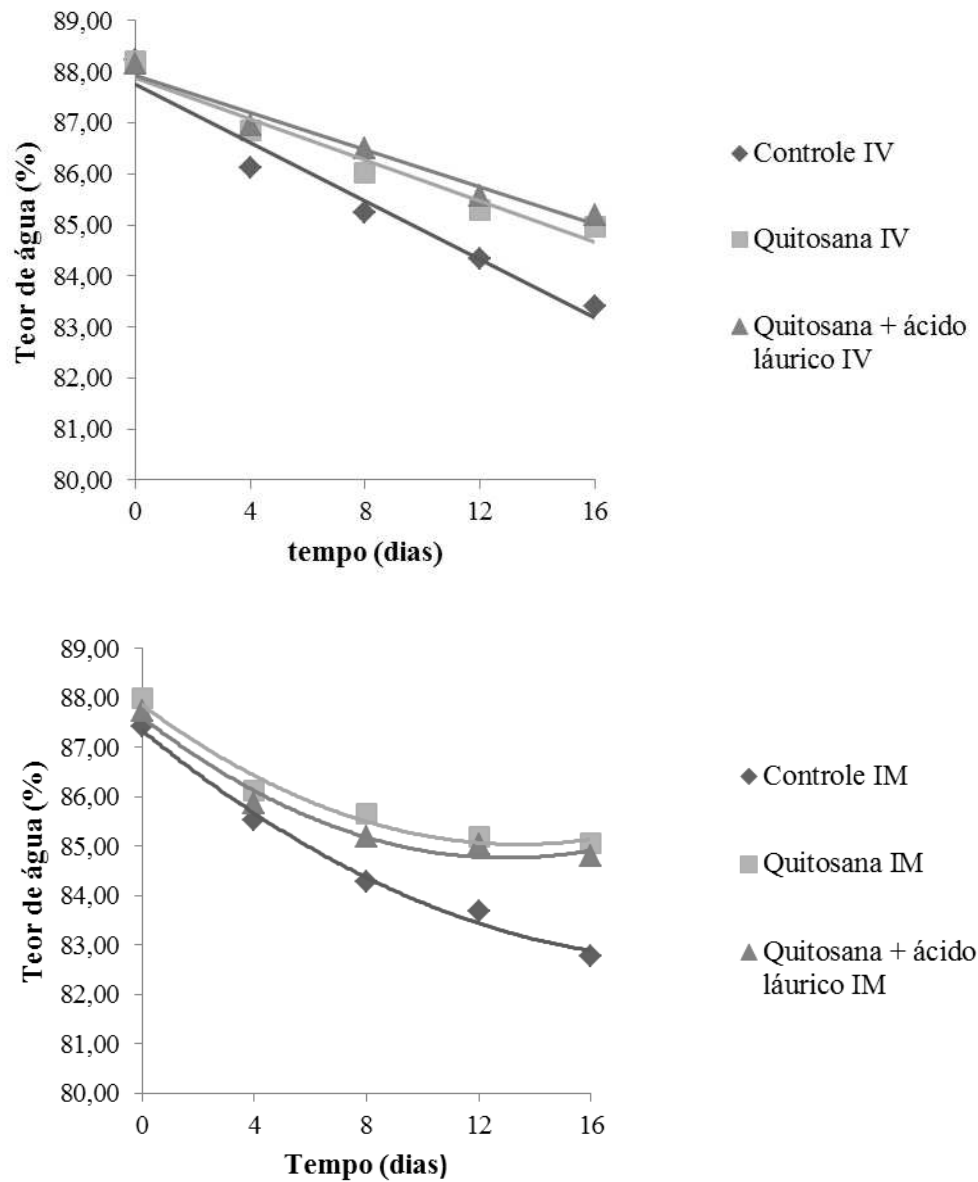
Martins (2012) em seu trabalho com salada de frutas minimamente processada adicionada de diferentes bactérias probióticas por imersão também não constatou diferença significativa para sólidos solúveis entre os tratamentos (controle, *L. rhamnosus*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*) durante 5 dias armazenamento a 8°C.

### **5.3.2. Determinação do teor de água e perda de massa em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível**

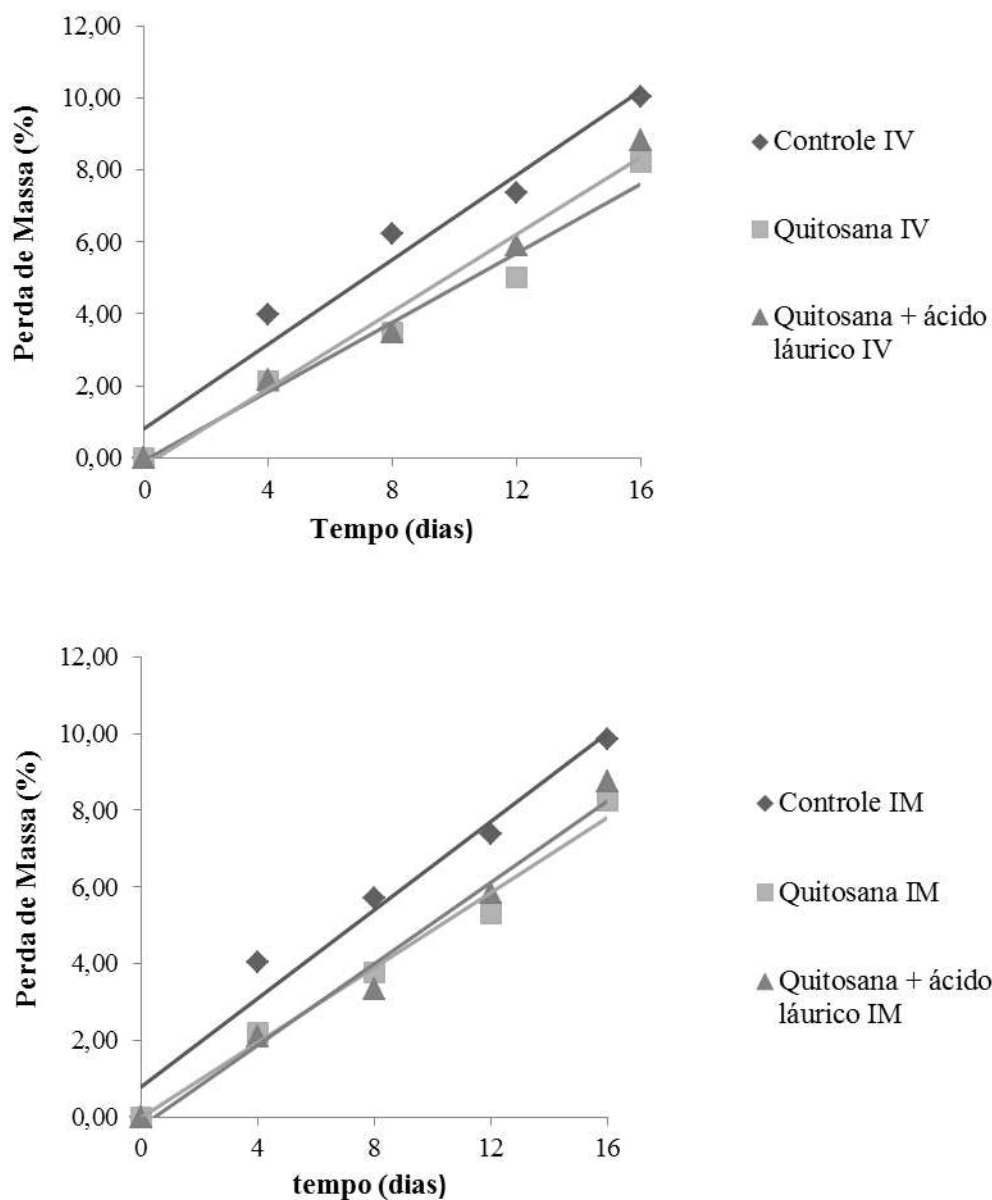
Verificou-se que não houve diferença significativa entre as técnicas de aplicação do revestimento ( $p>0,05$ ). No entanto houve diferença ( $p<0,05$ ) entre as abóboras do tratamento controle e as aplicadas de revestimento comestível de quitosana e quitosana + ácido láurico, sendo as amostras com revestimento as que apresentaram maior teor de água e menor perda de massa (%). Em relação ao tempo de armazenamento, todos os tratamentos apresentaram perda de água e aumento da perda de massa (%), entretanto as amostras tratadas com revestimento apresentaram perda inferior quando comparadas com os tratamentos controle (Figuras 10 e 11). As equações de regressão de cada tratamento e seus respectivos coeficientes de determinação para o teor de água e perda de massa encontram-se nas tabelas 8 e 9 respectivamente.

A perda de água não só resulta na perda de massa, mas também leva a uma perda de qualidade do produto, principalmente quanto a textura. Segundo Finger; Vieira (1997), a perda de massa máxima, para que não ocorra murchamento e enrugamento varia de 5 a 10% dependendo do produto e do nível de exigência do consumidor. A perda de massa total dos produtos hortícolas é um resultado do somatório da perda de água pela transpiração e perda de matéria seca pela respiração que pode chegar até 5% da perda total.

Dependendo da composição do revestimento, sua aplicação em vegetais minimamente processados pode proporcionar diversos benefícios, sendo alguns deles a barreira à água e a gases, minimizando o problema de perda de água durante o armazenamento e, conseqüentemente, a perda de peso e a taxa respiratória (ROONEY, 2005). Portanto, a aplicação do revestimento comestível de quitosana e quitosana + ácido láurico, foi eficiente na barreira a perda de umidade, por proporcionar menores perdas de água e massa nas abóboras durante o período de estocagem quando comparadas com o tratamento controle, independente da técnica de aplicação. (Figuras 10 e 11).



**Figura 10.** Variação do teor de água (%) de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C.



**Figura 11.** Variação da perda de massa (%) de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C.

Resultado similar foi encontrado por Castaneda (2013), ao avaliar a aplicação por imersão de revestimentos comestíveis de quitosana em maçãs a temperatura de 0°C e 20°C. de armazenamento por 15 dias. Em ambas as temperaturas as maçãs que receberam revestimento, obtiveram menor perda de massa (%), quando comparada com maçãs não revestidas.

**Tabela 8.** Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na análise do teor de água (%).

<b>Tratamento</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Controle IV	$Y = -0,286x + 87,751$	0,959
Quitosana IV	$Y = -0,200x + 87,869$	0,949
Quitosana + ácido láurico IV	$Y = -0,182x + 87,928$	0,967
Controle IM	$Y = 0,012x^2 - 0,467x + 87,349$	0,992
Quitosana IM	$Y = 0,016x^2 - 0,420x + 87,864$	0,972
Quitosana + ácido láurico IM	$Y = 0,017x^2 - 0,439x + 87,613$	0,971

**Tabela 9.** Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na análise de perda de massa (%).

<b>Tratamento</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Controle IV	$Y = 0,586x + 0,825$	0,964
Quitosana IV	$Y = 0,482x - 0,089$	0,974
Quitosana + ácido láurico IV	$Y = 0,534x - 0,207$	0,983
Controle IM	$Y = 0,576x + 0,787$	0,968
Quitosana IM	$Y = 0,489x - 0,013$	0,986
Quitosana + ácido láurico IM	$Y = 0,532x - 0,244$	0,981

Os resultados demonstraram que a adição de 2% de ácido láurico na formulação do revestimento comestível não foi suficiente para melhorar a permeabilidade ao vapor de água da quitosana, uma vez que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) no teor de água (%) e na perda de massa (%) das abóboras minimamente processadas tratadas com quitosana e quitosana + ácido láurico. Vargas et al. (2009) estudaram a resistência ao vapor de água de filme de quitosana e quitosana adicionada de 1% de ácido oleico em cenoura minimamente processadas e também não encontraram diferença significativa entre os revestimentos. Por outro

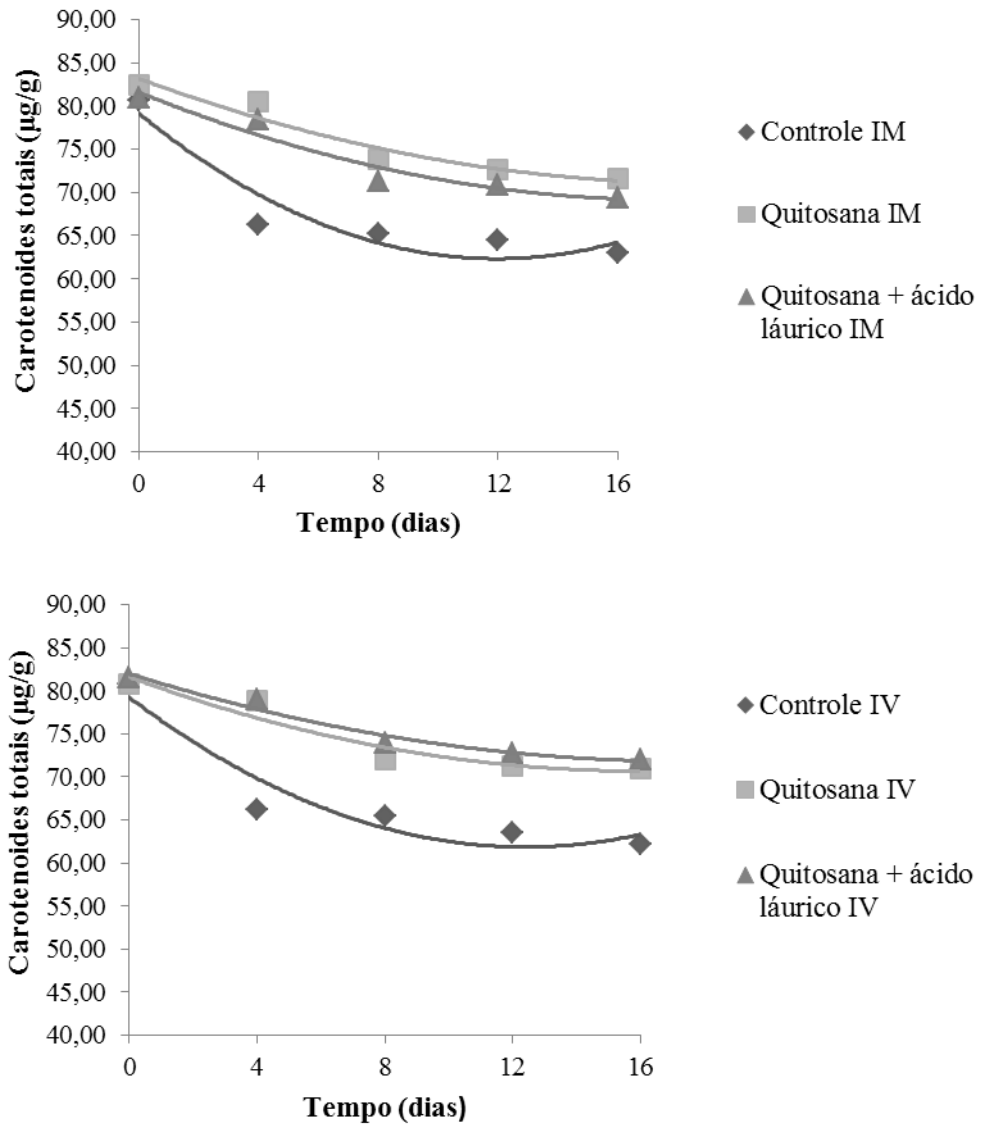
lado, Vargas et al. (2006), perceberam que a adição de 2% de ácido oleico na formulação de revestimento comestível de quitosana aplicado em morangos melhorou a resistência ao vapor de água das amostras revestidas com quitosana.

### **5.3.3. Determinação de carotenoides totais em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível**

Os teores de carotenoides totais não diferiam em relação as técnicas de aplicação do revestimento ( $p>0,05$ ), no entanto, observou-se uma diferença entre os tipos de revestimentos aplicados ( $p<0,05$ ), tendo o tratamento controle média inferior (67,78  $\mu\text{g/g}$ ) em relação aos revestimentos de quitosana (76,03  $\mu\text{g/g}$ ) e quitosana + ácido láurico (75,10  $\mu\text{g/g}$ ). Ao longo do período de armazenamento, todos os tratamentos perderam carotenoides, porém os tratamentos controle tanto por imersão como por impregnação a vácuo apresentaram uma queda mais acentuada (Figura 12). As equações de regressão para todos os tratamentos encontram-se na tabela 10.

É consenso geral que o teor de carotenoides geralmente reduz com o processamento e tende a diminuir com o armazenamento. Os carotenoides presentes nos alimentos in natura encontram-se naturalmente protegidos pela complexa estrutura do tecido vegetal. Entretanto, o rompimento da estrutura celular dos alimentos devido ao descascamento e corte, inevitável para os alimentos minimamente processados, aumentam a área superficial e, por consequência à exposição dos carotenoides ao oxigênio, luz e a enzimas oxidativas, dando início a uma série de reações de degradação (isomerização, oxidação). A isomerização dos compostos trans-carotenoides, configuração mais abundante na natureza, aos isômeros cis é promovida pelo contato com ácidos, calor e exposição à luz. A oxidação, principal causa da degradação de carotenoides, depende da disponibilidade de oxigênio, exposição à luz, calor, presença de enzimas, metais e peróxidos (RODRIGUEZ AMAYA, 2002).

Dessa forma, a aplicação de revestimento comestível promove barreira a gases suficiente para controlar as trocas gasosas entre o produto e a atmosfera, criando uma atmosfera modificada com elevado nível de  $\text{CO}_2$  e reduzido de  $\text{O}_2$  (BALDWIM et.al., 1995). Dessa forma, a disponibilidade de oxigênio diminuiu o que retarda a degradação por oxidação dos carotenoides.



**Figura 12.** Variação do teor de carotenoides totais da abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C.

Resultado semelhante foi encontrado por Brasil et al. (2012), que relataram uma perda de 50% no conteúdo de carotenoides totais em mamão minimamente processado não revestido armazenado por 15 dias a 4°C, enquanto que os mamões revestidos a base de quitosana e pectina obtiveram redução menor.

**Tabela 10.** Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na análise de carotenoides totais.

<b>Tratamento</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Controle IV	$Y = 0,113x^2 - 2,804x + 79,226$	0,906
Quitosana IV	$Y = 0,042x^2 - 1,363x + 81,589$	0,927
Quitosana + ácido láurico IV	$Y = 0,033x^2 - 1,159x + 81,952$	0,967
Controle IM	$Y = 0,117x^2 - 2,813x + 79,114$	0,896
Quitosana IM	$Y = 0,033x^2 - 1,272x + 83,152$	0,942
Quitosana + ácido láurico IM	$Y = 0,039x^2 - 1,398x + 81,576$	0,939

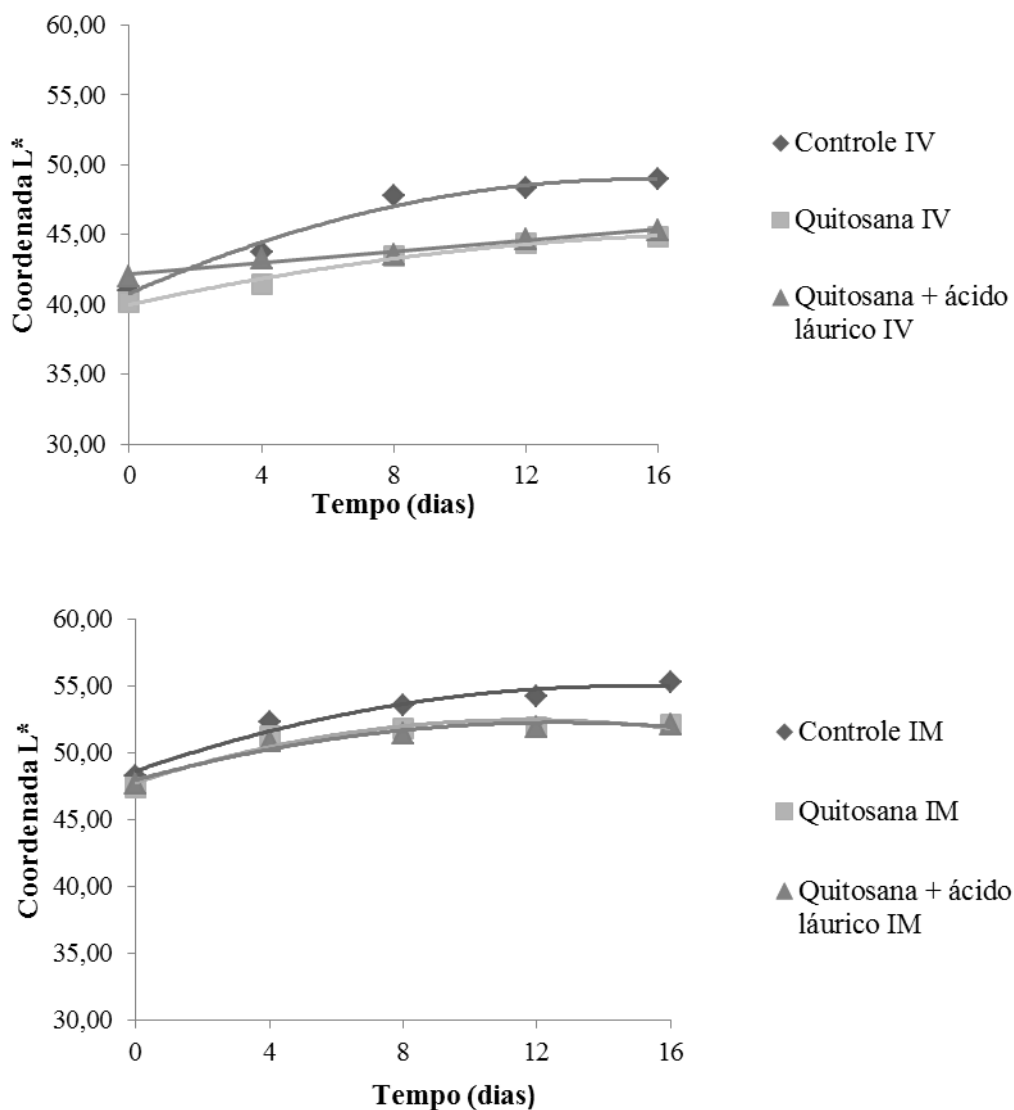
Rodriguez-Amaya; Kimur; Amaya-Farfan (2008) relatou que os alimentos que contêm um teor de carotenoides superior a 0,02 mg/g são fontes ricas deste pigmento. De acordo com De-Ancos et al. (2011), não existe recomendação para consumo diário de carotenoides, mas estudos sugerem a ingestão de 5 a 6 mg diariamente. Dessa forma, considerando os resultados obtidos, mesmo após o período de estocagem onde todos os tratamentos perderam carotenoides, os tratamentos controle, aplicados de quitosana e quitosana + ácido láurico obtiveram média de 0,067; 0,076; 0,075 mg/g respectivamente, e o consumo de 100g dessas abóboras, resultariam em uma ingestão diária maior do que o recomendando, demonstrando que as abóboras minimamente processadas são uma boa fonte de carotenoides.

#### **5.4. Determinação de cor em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível por impregnação a vácuo e imersão**

Imediatamente após o processamento, verificou-se que as abóboras submetidas ao processo de imersão apresentaram médias superiores em relação a coordenada L\* em comparação com as abóboras submetidas à impregnação a vácuo ( $p < 0,05$ ) (Figura 13).

Desta forma, destaca-se que a impregnação a vácuo resultou em redução inicial da luminosidade. A maior expansão e liberação do gás no interior do tecido vegetal provocada pelo vácuo aumenta a porosidade. Após a restauração da pressão atmosférica, um volume maior de líquido penetrará nos poros do vegetal por meio

dos fenômenos de impregnação (DEROSSÌ; PILLI; SEVERINI, 2010), com isso, menor o número de poros vazios ou bolhas de ar no tecido, resultando em uma menor reflectância dos feixes de luz o que pode ter promovido a redução da luminosidade do produto.



**Figura 13.** Variação da coordenada L\* de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C.

Cabrera (2011) e Rodrigues (2013) verificaram que após a impregnação a vácuo fatias de pêra e de goiaba, respectivamente, tornaram-se mais escuras, ratificando que a impregnação a vácuo reduz a luminosidade das frutas devido à remoção de gases dos poros com a diminuição da reflectância.

Observou-se diferença significativa entre os tratamentos controle, adicionados de quitosana e quitosana + ácido láurico ( $p < 0,05$ ), sendo o controle o tratamento que apresentou média superior, independente da técnica de aplicação. Além disso, após 16 dias de estocagem, verificou-se que as abóboras apresentaram diferença significativa para a coordenada  $L^*$ , apresentando um aumento ao longo do tempo (Figura 13).

O aumento da luminosidade está relacionado com o esbranquiçamento das abóboras que acontece ao longo do período de armazenamento (SAKAKI, 2005). Esse esbranquiçamento é resultado da desidratação parcial das células superficiais, devido ao processamento (TATSUMI et al., 1991). Observou-se menores valores da coordenada  $L^*$  para as amostras revestidas, as quais foram iguais estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade. Esse resultado indica a capacidade dos revestimentos de evitar ou retardar a perda de água do produto para o ambiente, resultado já constatado nas análises de teor de água e perda de massa.

Perreira; Minin; Chaves (2007) e Vargas et al. (2009), também constataram um aumento no esbranquiçamento ao longo do período de armazenamento em cenouras, sendo que as cenouras revestidas, apresentaram-se menos branca, quando comparadas com o tratamento controle.

Na tabela 11 abaixo, encontram-se as equações de regressão e seus respectivos coeficiente de determinação de cada tratamento para a coordenada  $L^*$ .

**Tabela 11.** Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na coordenada  $L^*$ .

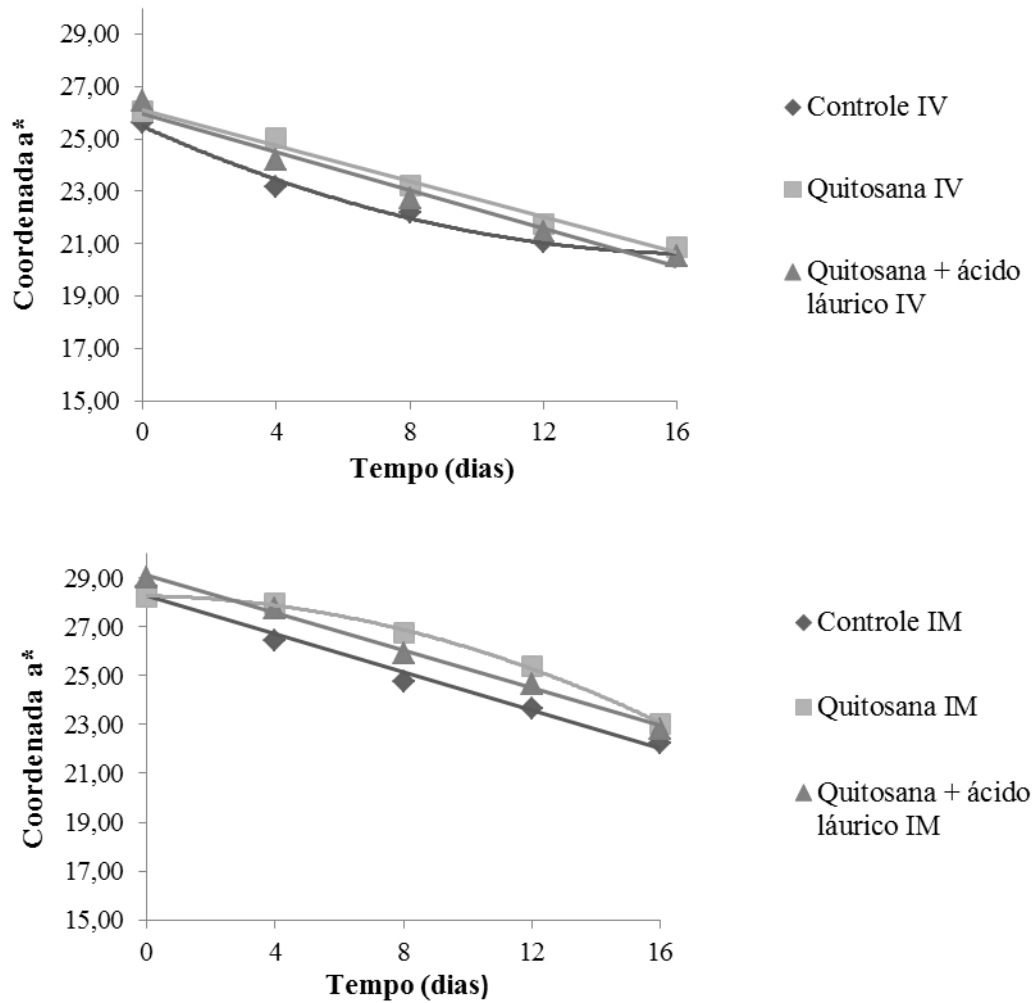
<b>Tratamento</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Controle IV	$Y = -0,034x^2 + 1,051x + 40,759$	0,975
Quitosana IV	$Y = -0,013x^2 + 0,516x + 39,967$	0,983
Quitosana + ácido láurico IV	$Y = -0,202x + 42,117$	0,968
Controle IM	$Y = -0,029x^2 + 0,862x + 48,625$	0,962
Quitosana IM	$Y = -0,034x^2 + 0,801x + 47,776$	0,915
Quitosana + ácido láurico IM	$Y = -0,027x^2 + 0,681x + 47,956$	0,949

Para a coordenada  $a^*$ , também verificou-se diferença significativa entre as técnicas ( $p < 0,05$ ) e não observou-se efeito do revestimento aplicado ( $p > 0,05$ ). As abóboras adicionadas de revestimento pela técnica de imersão apresentaram média superior de 25,80, portanto mais vermelhas, enquanto as abóboras adicionadas de revestimento por impregnação a vácuo obtiveram média de 22,96 (Figura 14).

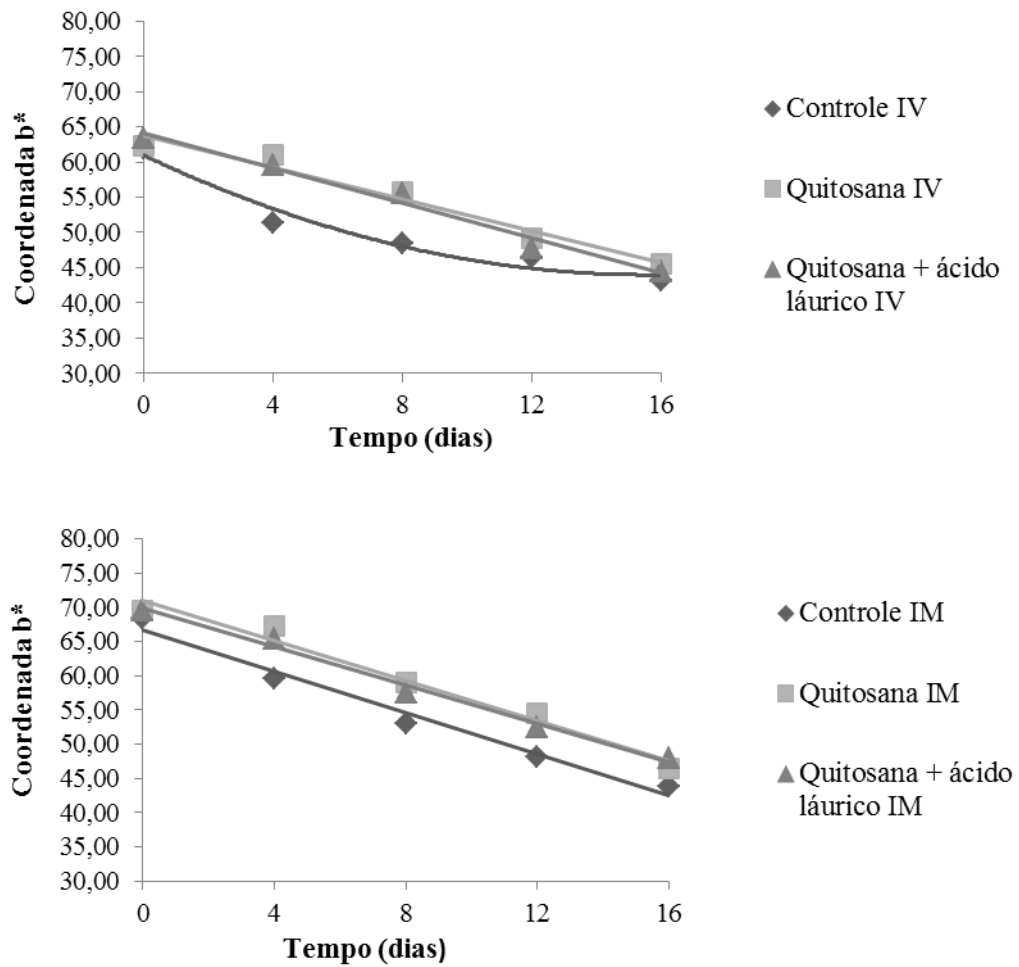
Já os resultados para a coordenada  $b^*$ , tanto a técnica de aplicação, como o tipo de revestimento adicionado tiveram efeito significativo ( $p < 0,05$ ) sobre os resultados. As abóboras adicionadas de revestimento pela técnica de imersão obtiveram, mais uma vez, média superior (57,29) quando comparada com a técnica de impregnação a vácuo (53,05) sendo, portanto, são mais amarelas. Os tratamentos controles, independente da técnica de aplicação, obtiveram média inferior quando comparados com as abóboras revestidas de quitosana e quitosana + ácido láurico (Figura 15), demonstrando a eficiência da aplicação dos revestimentos na manutenção da cor. Esse resultado está de acordo com os obtidos para o teor de carotenoides totais, que apresentaram uma maior perda nas abóboras não revestidas, tendo em vista que os carotenoides são responsáveis também pela cor característica do produto.

Puende; Betoret; Cortés (2009) verificaram que, após a impregnação a vácuo, fatias de maçã apresentaram valores de  $a^*$  e  $b^*$  menores quando comparadas com fatias de maçã fresca, reforçando os resultados encontrados nesse trabalho. Por outro lado, Rodrigues (2013), obteve resultado diferente, e não verificou redução nas coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  em goiaba minimamente processada após a impregnação a vácuo.

Ambas as coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  variaram com o período de armazenamento, demonstrando um decréscimo ao longo do tempo. As equações de regressão encontram-se nas tabelas 12 e 13 respectivamente. Resultado similar foi encontrado por Alves et al. (2010), ao estudarem a vida útil de cenoura e abóbora minimamente processada. De acordo com os autores, esse decréscimo indica uma redução da coloração vermelha ( $a^*$ ) e amarela ( $b^*$ ), na qual é frequente em produtos minimamente processados em razão dos cortes sofridos, podendo levar a oxidação química e enzimática e conseqüentemente degradação de carotenoides que conferem a coloração do vermelho ao amarelo.



**Figura 14.** Variação da coordenada a\* de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C.



**Figura 15.** Variação da coordenada b\* de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C.

**Tabela 12.** Equação de regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na coordenada a\*.

<b>Tratamento</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Controle IV	$Y = -0,017x^2 - 0,575x + 25,483$	0,990
Quitosana IV	$Y = -0,341x + 26,119$	0,988
Quitosana + ácido láurico IV	$Y = -0,365x + 25,981$	0,974
Controle IM	$Y = -0,389x + 28,261$	0,982
Quitosana IM	$Y = -0,019x^2 - 0,022x + 28,259$	0,998
Quitosana + ácido láurico IM	$Y = -0,385x + 29,11$	0,996

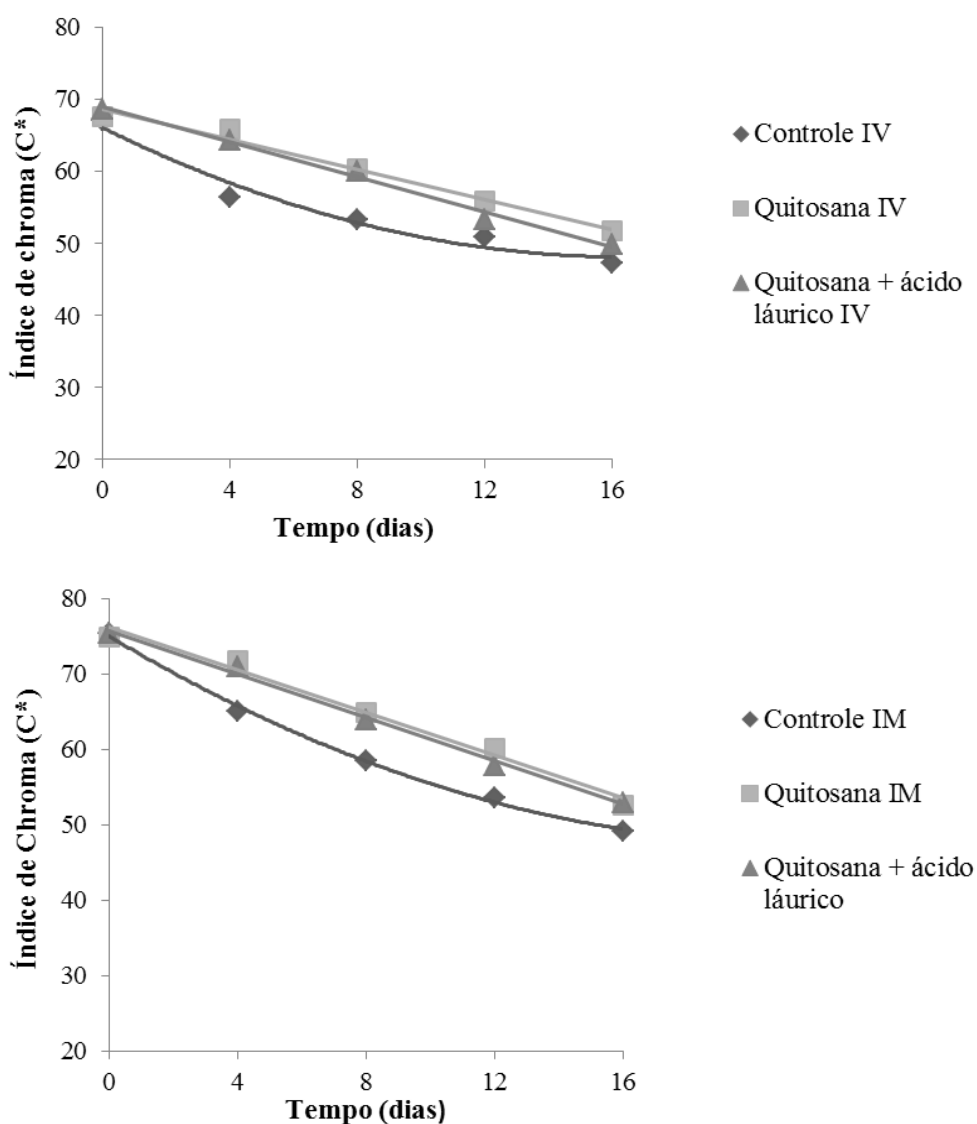
**Tabela 13.** Equação de regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na coordenada b\*.

<b>Tratamento</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Controle IV	$Y = 0,069x^2 - 2,176x + 60,955$	0,963
Quitosana IV	$Y = -1,128x + 63,748$	0,967
Quitosana + ácido láurico IV	$Y = -1,239x + 64,031$	0,980
Controle IM	$Y = -1,514x + 66,667$	0,977
Quitosana IM	$Y = -1,468x + 71,069$	0,974
Quitosana + ácido láurico IM	$Y = -1,408x + 69,815$	0,991

Os resultados para o índice Chroma (C\*) nas abóboras minimamente processadas, que representa a saturação ou intensidade da cor, são mostrados na Figura 16. Segundo Cardoso et al. (2007), valores de C\* menores correspondem ao padrão mais fraco (“aspecto fosco do objeto”) e valores mais altos correspondem ao padrão de cor mais forte (“cores vivas”), aspecto desejado para os alimentos. Percebeu-se efeito significativo da técnica de aplicação do revestimento e para o tipo de revestimento aplicado ( $p < 0,05$ ), onde a impregnação a vácuo, e as abóboras não revestidas, apresentaram média inferior, demonstrando dessa forma uma intensidade de cor menor, característica não desejada. Todos os tratamentos também

apresentaram efeito significativo ( $p < 0,05$ ) do tempo, apresentando uma queda dos valores ao longo do período de armazenamento. As equações de regressão são apresentadas na tabela 14 abaixo.

Mais uma vez a impregnação a vácuo resultou em uma diminuição de um dos parâmetros que determinam a cor do produto, imediatamente após o processamento. Resultado semelhante foi encontrado por Cabrera et al. (2011), ao avaliarem o efeito da aplicação de diferentes antioxidantes (ácido etilenodiamino tetra-acético, 4-hexilresorcinol, citrato e ascorbato, combinados ou não com lactato de cálcio) em pêra pela técnica de IV.



**Figura 16.** Variação do índice Chroma de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C.

**Tabela 14.** Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento do índice de Chroma.

<b>Tratamento</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Controle IV	$Y = 0,066x^2 - 2,177x + 66,048$	0,964
Quitosana IV	$Y = -1,041x + 68,593$	0,980
Quitosana + ácido láurico IV	$Y = -1,210x + 68,926$	0,992
Controle IM	$Y = 0,049x^2 - 2,314x + 73,982$	0,999
Quitosana IM	$Y = -1,411x + 76,163$	0,985
Quitosana + ácido láurico IM	$Y = -1,443x + 75,803$	0,995

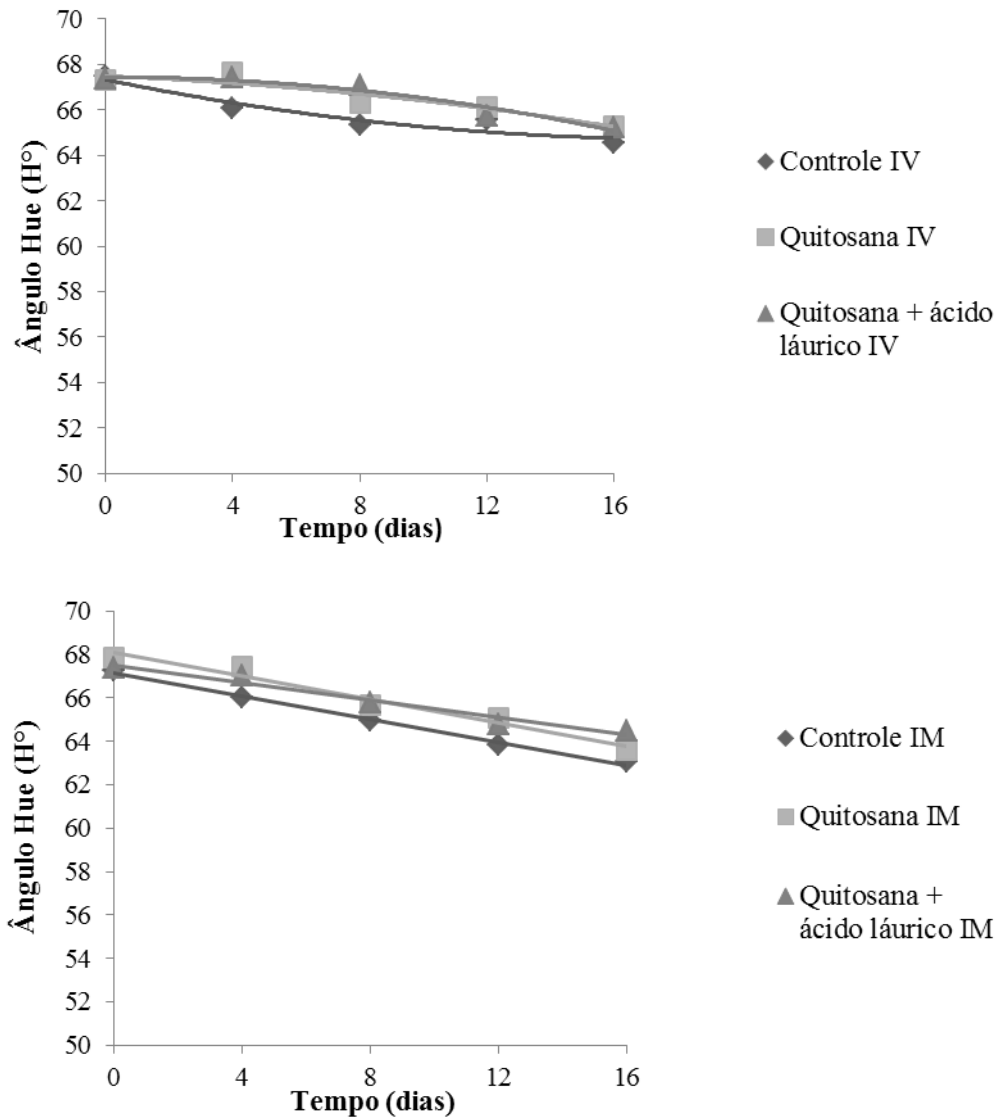
As abóboras revestidas com quitosana e quitosana + ácido láurico apresentaram média de C\* superior quando comparadas com as abóboras não revestidas, confirmando a eficiência dos revestimentos na manutenção da cor. Resultado similar foi obtido por Azarakhsh et al. (2014), ao avaliarem a aplicação de revestimento comestível a base de alginato em abacaxi minimamente processado, observaram que abacaxis revestidos obtiveram uma menor perda de cor ao longo do período de estocagem de 16 dias, armazenados a 10°C.

O Ângulo Hue (H°) mostra a localização da cor em um diagrama, onde o ângulo 0° representa o vermelho puro, o de 90° representa o amarelo puro, o ângulo de 180° o verde puro e o de 270° o azul (McGUIRE et al., 1992). Pelos resultados obtidos, observou-se que não houve diferença significativa entre a técnica de aplicação e o tipo revestimento ( $p > 0,05$ ), estando todos os tratamentos mais próximos da cor amarela. Porém, ao longo do tempo observou-se uma redução do ângulo H° e as equações de regressão são apresentadas na tabela 15. (Figura 17).

Sasaki (2005), ao avaliar a influência da temperatura de armazenamento de 1, 5 e 15°C, em abóbora minimamente processada, por um período de 12 dias, também não constatou diferença de efeito entre as temperaturas para H°, mas observou uma pequena redução ao longo do tempo.

Vargas et al. (2009), ao aplicar diferentes revestimentos comestíveis pela técnica de imersão e impregnação a vácuo, em cenoura minimamente processada,

também não percebeu efeito significativo da técnica e do revestimento sobre o ângulo hue.



**Figura 17.** Variação do Ângulo Hue de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C.

**Tabela 15.** Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento do Ângulo Hue.

<b>Tratamento</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Controle IV	$Y = 0,008x^2 - 0,285x + 67,327$	0,906
Quitosana IV	$Y = -0,009x^2 + 0,007x + 67,446$	0,942
Quitosana + ácido láurico IV	$Y = -0,005x^2 - 0,059x + 67,486$	0,873
Controle IM	$Y = -0,265x + 67,147$	0,993
Quitosana IM	$Y = -0,272x + 68,099$	0,968
Quitosana + ácido láurico IM	$Y = -0,200x + 67,485$	0,963

A Tabela 16 apresenta os resultados de  $\Delta E^*$  das abóboras minimamente processadas adicionadas de revestimento comestível. Ele representa a diferença de cor entre a fruta fresca e processada. Portanto, quanto maior o valor de  $\Delta E^*$ , maior a diferença total de cor do produto processado em relação ao produto original (MARTINS, 2012).

**Tabela 16.** Variação do índice de escurecimento ( $\Delta E$ ) de abóbora minimamente processada nos tratamentos controle e contendo revestimento comestível nos dias 0 e 16 após o processamento.

<b><math>\Delta E</math></b>	<b>Impregnação a vácuo</b>		<b>Imersão</b>	
	<b>Tempo (dias)</b>			
	0	16	0	16
Controle	10,35 ± 4,37	25,60 ± 2,04	7,52 ± 1,61	25,82 ± 1,94
Quitosana	10,86 ± 2,59	23,39 ± 5,20	7,96 ± 2,05	22,527 ± 2,72
Quitosana + ácido	9,28 ± 2,09	24,50 ± 3,09	7,64 ± 0,87	21,20 ± 4,81

De acordo com Prandl et al. (1994) e Gomide; Ramos; Fontes (2013), as diferenças na cor podem ser classificadas como não perceptível ( $\Delta E < 0,2$ ), muito pouco perceptível ( $0,2 < \Delta E < 0,5$ ), pouco perceptível ( $0,5 < \Delta E < 1,5$ ), percepção

clara ( $1,5 < \Delta E < 3,0$ ), percepção muito clara ( $3,0 < \Delta E < 6,0$ ), percepção bastante clara ( $6,0 < \Delta E < 12,0$ ) e facilmente perceptível ( $\Delta E > 12$ ). Dessa forma, percebeu-se que imediatamente após o processamento os tratamentos apresentaram valores de  $\Delta E$  entre 6,0 e 12,0, independentemente da técnica de aplicação, estando dentro da classificação de "percepção bastante clara".

Além disso, imediatamente após o processamento, percebe-se valores de  $\Delta E$  maiores para as abóboras que passaram pela técnica de impregnação a vácuo, independente do revestimento, demonstrando mais uma vez que essa técnica causa alterações na cor do produto.

Após 16 dias de armazenamento, observou-se valores de  $\Delta E$  maiores quando comparados ao 0 dias de armazenamento, estando todos os tratamentos dentro da classificação de "facilmente perceptível".

### **5.5. Avaliação da Incorporação de componentes após a impregnação a vácuo e imersão na aplicação de revestimento comestível em abóbora minimamente processada**

Verificou-se que a técnica de impregnação a vácuo incorporou maior quantidade de componentes a abóbora minimamente processada comparando com a técnica de imersão em todos os tratamentos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 17). Esse resultado mostra que uma maior quantidade de componentes, neste caso, revestimento comestível e componentes presentes presente na formulação do revestimento (ácido acético, quitosana, twen 40 e água) foram incorporados utilizando-se a técnica de impregnação a vácuo. Como prova desse fato, observou-se maior espessura dos revestimentos aplicados por essa técnica, e um menor valor de pH das abóboras quando comparada com a técnica de imersão, devido a maior incorporação do ácido acético.

De acordo com Paes (2005), o vácuo aplicado proporciona saída da maior parte dos gases oclusos nos poros. Após o período de vácuo, quando a pressão atmosférica é restabelecida no sistema, os espaços vazios são então preenchidos pela solução externa. Na técnica de imersão, o vácuo não é aplicado e por isso o produto apresenta maior proporção de poros com ar e assim, menor quantidade de solução no interior do vegetal, como verificado neste estudo.

**Tabela 17.** Valores médios do índice de incorporação de componentes (%) após as etapas de impregnação a vácuo e imersão de abóboras minimamente processadas adicionadas de revestimento comestível.

<b>Tratamentos</b>	<b>Índice de Incorporação (%)</b>
Controle por IV	7,09 ± 0,46 a
Controle por IM	2,06 ± 0,04 b
Revestimento de quitosana por IV	5,95 ± 0,59 c
Revestimento de quitosana por IM	1,69 ± 0,15 d
Revestimento de quitosana + ácido láurico por IV	5,89 ± 0,47 c
Revestimento de quitosana + ácido láurico por IM	1,81 ± 0,18 d

Letras minúsculas iguais não se diferem estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. IV: impregnação a vácuo; IM: imersão.

Vargas et al. (2009) constataram maior incorporação de revestimento comestível de quitosana, quitosana + ácido oléico e quitosana + metilcelulose em cenoura, quando estes foram aplicados pela técnica de impregnação a vácuo comparada com a técnica de imersão. Oliveira (2014), ao incorporar bactérias probióticas (*L. acidophilus* e *L. plantarum*) em melões minimamente processados, também observou maior contagem desses micro-organismos pela técnica IV, comprovando a maior incorporação.

Observou-se um efeito significativo do revestimento aplicado ( $p < 0,05$ ), ocorrendo uma maior incorporação nos tratamentos controle (Tabela 17). As abóboras do tratamento controle foram imersas em uma solução com 1% de ácido acético, que possuía viscosidade menor quando comparada com a viscosidade dos revestimentos aplicados. Segundo Merlin (2007), a viscosidade da solução impregnante é importante, uma vez que soluções muito viscosas apresentam fluxo limitado nos poros, com maior dificuldade de incorporação.

Krasaekoopt; Suthanwong (2008) verificaram que líquidos de impregnação com viscosidades diferentes (sucos da fruta contendo 4, 15 e 30 °Brix) influenciaram o volume do líquido incorporado em goiaba e mamão a uma pressão de 37,5 mmHg,

demonstrando que quanto maior a viscosidade, menor a incorporação no material poroso.

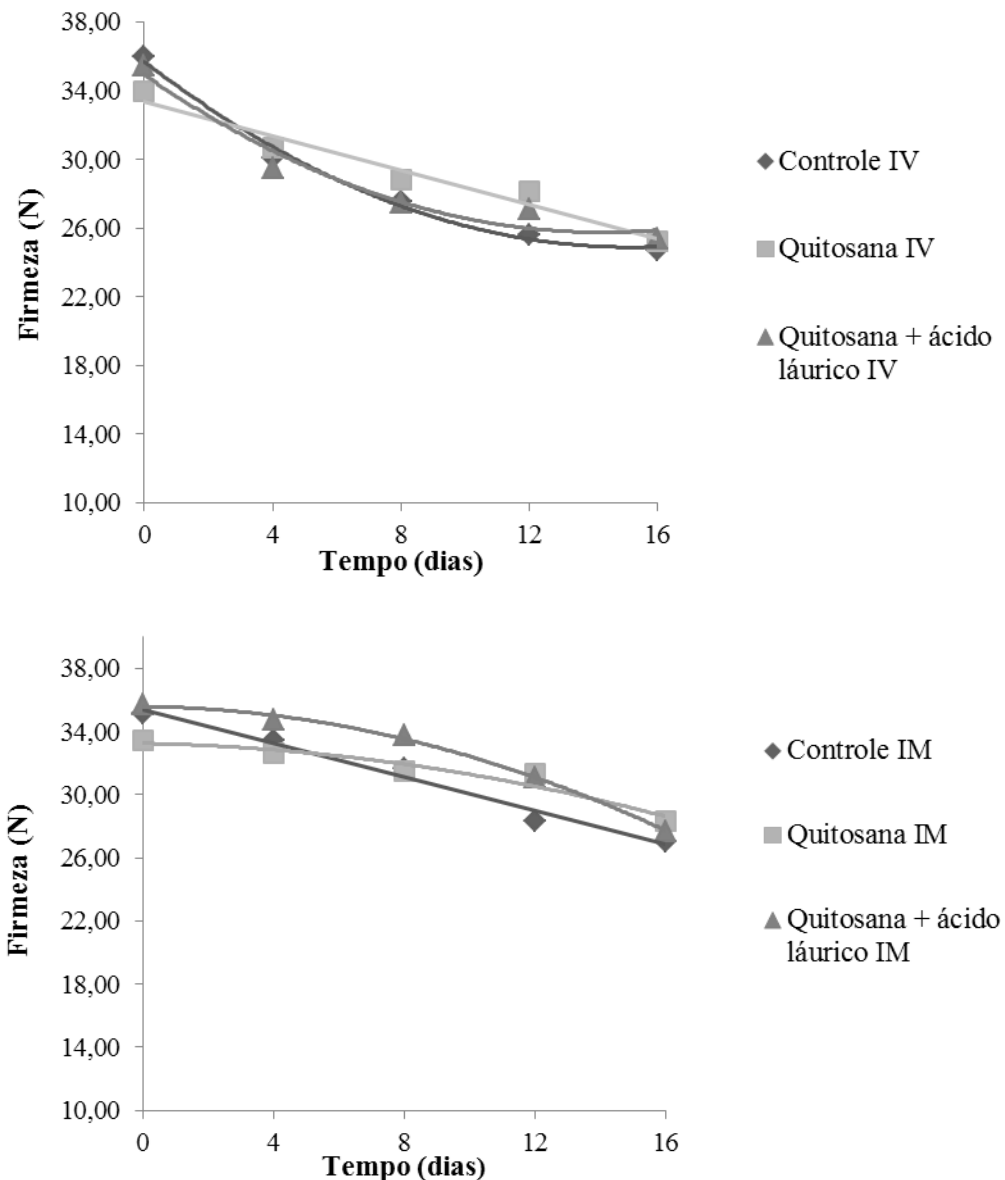
### **5.6. Determinação de firmeza de abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível por impregnação a vácuo e imersão**

A técnica de impregnação a vácuo promoveu uma maior redução da firmeza nas abóboras minimamente processadas independente do revestimento aplicado quando comparada com a técnica de imersão ( $p < 0,05$ ) (Figura 18). Além disso, não houve diferença significativa entre as abóboras não revestidas e revestidas ( $p > 0,05$ ).

As condições de vácuo são eficazes em produtos porosos, por promover uma maior incorporação da solução de interesse, no entanto, a aplicação de vácuo pode provocar danos na estrutura das células dos vegetais pela expansão do gás contido no interior dos poros. Esse fenômeno pode induzir efeitos irreversíveis devido à forças mecânicas, que levam a perda de rigidez da estrutura provocada pelo debonding (desligamento) ou ruptura nas junções da parede celular (CHIRALT et al., 2001; MERLIN, 2007), fato que explica a perda mais acentuada de firmeza dos produtos minimamente processados submetidos a impregnação a vácuo.

As abóboras minimamente processadas perderam firmeza ao longo do período de armazenamento (figura 18). As equações de regressão para cada tratamento com seus respectivos coeficientes de determinação encontram-se na tabela 18. Essa perda, independente da técnica de aplicação do revestimento já era esperada, e pode estar relacionada com a perda de suco celular e ação de enzimas, como a  $\beta$ -galactosidase, pectinametilesterase e poligalacturonase, sobre a parede celular, favorecendo o amolecimento do tecido e, conseqüentemente, a redução da firmeza (RANWALA; SUEMATSU; MASUDA, 1992).

Roble et al. (2011) verificaram redução de firmeza ao impregnar diferentes marcas de mel em maçãs minimamente processadas usando pressão de vácuo de 525 mmHg por 10 minutos em comparação com as maçãs não impregnadas. Rodrigues (2013), observou o mesmo resultado em goiaba minimamente processada, ao aplicar uma pressão de vácuo de 500 mmHg por 30 minutos para incorporar bactérias probióticas, demonstrando que a técnica em si, leva a uma perda de firmeza, podendo influenciar a aceitabilidade final do produto.



**Figura 18.** Variação da firmeza de abóbora minimamente processada dos tratamentos controle e contendo revestimento por impregnação a vácuo (IV) e imersão (IM) ao longo do período de armazenamento a 5°C.

Martins (2012) ao avaliar a firmeza de salada de frutas adicionadas de bactérias probióticas pela técnica de imersão, constatou redução de firmeza ao longo do período de estocagem de 5 dias a 8°C de manga e mamão quando adicionados de *L. rhamnosus*.

Oliveira (2014) ao comparar a técnica de impregnação a vácuo e imersão na adição de bactérias probióticas em melão minimamente processado, também observou redução da firmeza ao longo do tempo de estocagem de 8 dias a 5°C, no

entanto a técnica de IV promoveu uma maior perda quando comparada com a técnica de imersão.

**Tabela 18.** Equação da regressão e coeficiente de determinação para cada tratamento na análise de firmeza.

<b>Tratamento</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Controle IV	$Y = 0,047x^2 - 1,428x + 35,695$	0,992
Quitosana IV	$Y = -0,499x + 33,374$	0,959
Quitosana + ácido láurico IV	$Y = -0,0451x^2 - 1,287x + 34,929$	0,953
Controle IM	$Y = -0,533x + 35,388$	0,982
Quitosana IM	$Y = -0,015x^2 - 0,041x + 33,258$	0,936
Quitosana + ácido láurico IM	$Y = -0,029x^2 - 0,025x + 35,593$	0,996

Portanto, independente da técnica utilizada, percebeu-se uma redução de firmeza do produto ao longo do período de estocagem, todavia, a técnica de impregnação a vácuo promoveu uma queda mais acentuada a partir do 4º dia, demonstrando os efeitos já relatados provocados pela impregnação a vácuo.

### **5.7. Determinação da espessura dos revestimentos comestíveis aplicados em abóbora minimamente processada por impregnação a vácuo e imersão**

As espessuras médias dos revestimentos aplicados nas abóboras minimamente processadas encontram-se na Tabela 19. Percebe-se um efeito significativo da técnica de aplicação ( $p < 0,05$ ), onde a impregnação a vácuo resultou em revestimentos mais espessos. Como já mencionado, a técnica de impregnação a vácuo promove maior incorporação quando comparada com a imersão. Dessa forma, a espessura dos revestimentos aplicados pela IV tende a ser maior do que os aplicados pela imersão, uma vez que ocorre maior retenção do revestimento na superfície devido a mudança de pressão, como verificado nesse estudo. Vargas et al. (2009), também perceberam que a técnica de impregnação a vácuo promove revestimentos mais espessos ao aplicá-los em cenouras minimamente processada.

**Tabela 19.** Espessura dos revestimentos comestíveis de quitosana e quitosana + ácido láurico aplicados pela impregnação a vácuo e imersão.

Revestimento	Espessura( $\mu\text{m}$ )
Quitosana por IV	$25,97 \pm 0,43\text{a}$
Quitosana por IM	$22,05 \pm 1,45\text{b}$
Quitosana + ácido láurico por IV	$24,22 \pm 1,16\text{a}$
Quitosana + ácido láurico por IM	$22,51 \pm 2,04\text{b}$

Letras minúsculas iguais na coluna não se diferem estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

A figura 19 ilustra o revestimento de quitosana aplicado pela técnica de impregnação a vácuo.



**Figura 19.** Microfotografia (4x) de um corte transversal de abóbora com revestimento de quitosana corado com azul de metileno e aplicado por impregnação a vácuo.

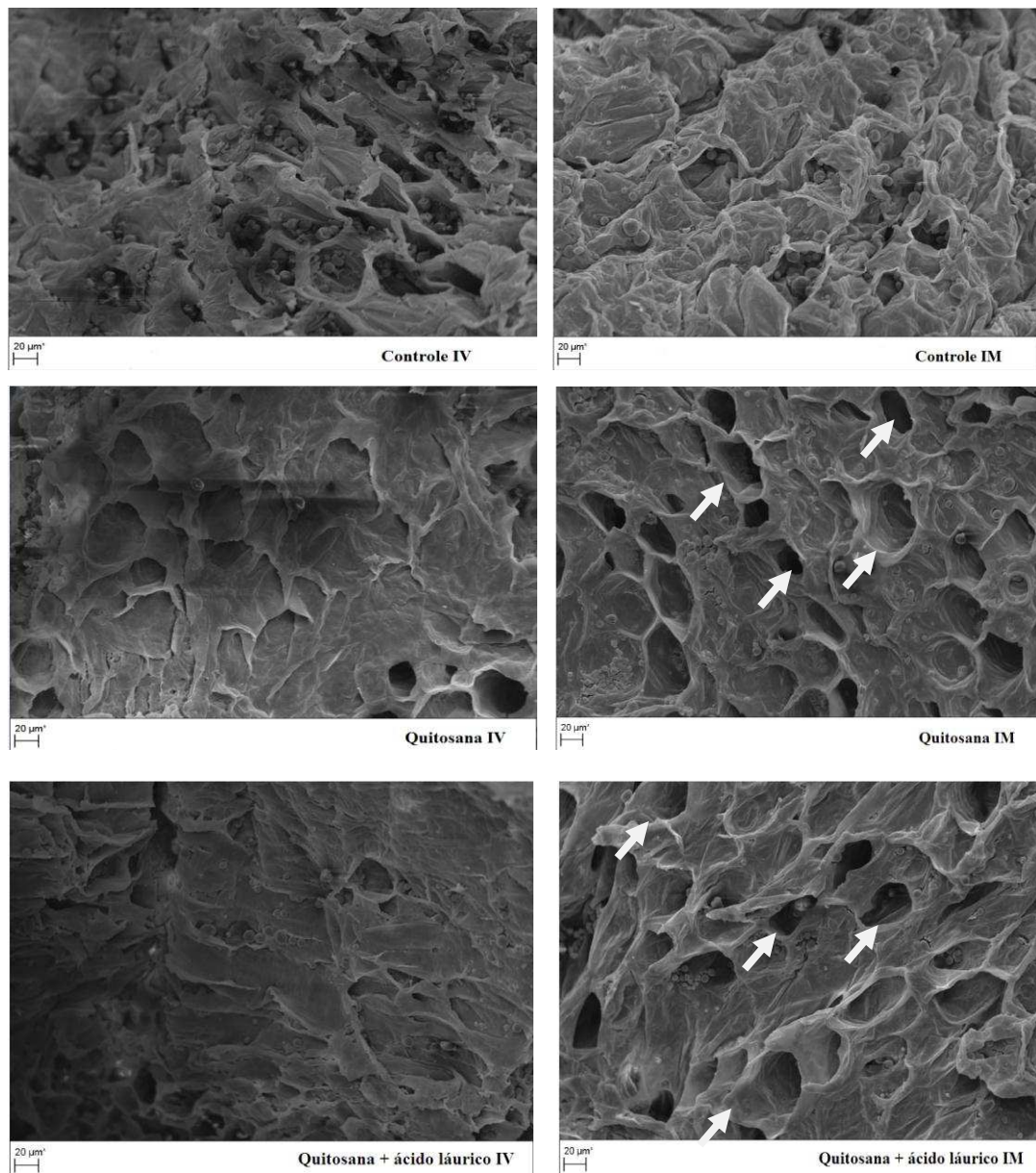
Em relação a composição do revestimento, apesar da adição do ácido láurico diminuir a tensão superficial promovendo uma maior molhabilidade do revestimento, não houve diferença significativa na espessura do revestimento comestível entre os tratamentos de quitosana e quitosana + ácido láurico ( $p>0,05$ ).

### **5.8. Avaliação da microestrutura da superfície dos revestimentos aplicados em abóbora minimamente processada por impregnação a vácuo e imersão**

A microestrutura da superfície das abóboras não revestidas e revestidas por imersão e impregnação a vácuo são mostradas na Figura 20. Percebeu-se que as amostras revestidas por impregnação a vácuo apresentaram um revestimento mais uniforme, com menor presença de áreas não revestidas (poros) quando comparada com a técnica de imersão. Esse resultado está de acordo com os obtidos na incorporação de componentes, que demonstrou uma maior incorporação dos revestimentos quando aplicados por IV e, por isso, uma maior retenção do revestimento na superfície dos alimentos, sendo, portanto revestimentos mais homogêneos.

Ao comparar visualmente as amostras revestidas com quitosana e quitosana + 2% de ácido láurico, percebe-se que não houve diferença entre os revestimentos, apesar do ácido láurico proporcionar uma menor tensão superficial e, portanto, possuiu melhor capacidade molhante.

Vargas et al. (2009) também perceberam que com a técnica de impregnação a vácuo obteve-se revestimentos mais homogêneos ao aplicá-los em cenouras minimamente processadas. No entanto, constataram que a adição de ácido oléico na formulação de revestimento de quitosana, promoveu a formação de revestimentos mais homogêneos.



**Figura 20.** Fotomicrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura mostrando a superfície das abóboras minimamente processadas dos tratamentos controle e contendo revestimento comestível por impregnação a vácuo e imersão com aumento de 600x. As setas indicam alguns poros dos revestimentos.

### 5.9. Determinação das características microbiológicas

Apesar da técnica de impregnação a vácuo promover revestimentos mais espessos e uniformes, o que poderia ser uma melhor barreira ao crescimento microbiano, não verificou-se diferença na contagem dos micro-organismos psicrotróficos, fungos filamentosos e leveduras e coliformes ao comparar a IV com a imersão, como mostra as Tabelas 20, 21 e 22.

**Tabela 20.** Contagem média de micro-organismos psicrotróficos (Log UFC/g) em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível por IV e imersão imediatamente após o processamento e após 8 e 16 dias de estocagem a 5°C.

Tratamento	Tempo (Dias)		
	0	8	16
Controle IV	2,55	5,42	7,57
Quitosana IV	1,40 (est.)	3,15	5,74
Quitosana + ácido láurico IV	1,40 (est.)	4,11	6,13
Controle IM	2,62	5,65	7,66
Quitosana IM	1,40 (est.)	3,61	6,15
Quitosana + ácido láurico IM	1,40 (est.)	4,30	6,53

IV: impregnação a vácuo; IM: imersão.

Est.: estimado resultado abaixo de 25 colônias.

**Tabela 21.** Contagem média de fungos filamentosos e leveduras (Log UFC/g) em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível por IV e imersão imediatamente após o processamento e após 8 e 16 dias de estocagem a 5°C.

Tratamento	Tempo (Dias)		
	0	8	16
Controle IV	3,22	5,42	7,62
Quitosana IV	1,40 (est.)	3,44	5,77
Quitosana + ácido láurico IV	1,40 (est.)	4,41	6,16
Controle IM	3,24	5,62	7,71
Quitosana IM	1,40 (est.)	3,55	6,14
Quitosana + ácido láurico IM	1,40 (est.)	4,32	6,43

IV: impregnação a vácuo; IM: imersão.

Est.: estimado resultado abaixo de 25 colônias.

As contagens de micro-organismos psicrotróficos e fungos filamentosos em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível por IV e imersão e também dos tratamentos controle (Tabela 20 e 21), indicaram, imediatamente após o processamento, baixas contagens nos produtos avaliados, indicando que as boas práticas de fabricação foram adotadas, sendo observado maiores contagens para os tratamentos controle. Ao longo do período de estocagem a

5 °C observou-se um aumento nas contagens em todas as amostras, sendo verificado um maior aumento para os tratamentos controle, visto que estes produtos apresentavam condições mais favoráveis ao desenvolvimento microbiano devido a ausência do revestimento comestível que promove barreira ao crescimento microbiano (ROONEY, 2005) e também ao poder antimicrobiano que a quitosana exerce sobre os micro-organismo (ZHENG; ZHU, 2003; RINAUDO, 2006).

Devlieghere et al. (2004), estudaram a ação antimicrobiana da quitosana de baixa massa molar (43KDa) e um grau de desacetilação de 94% em diferentes estirpes microbianas e constataram ação antimicrobiana sobre bactérias lácticas, psicotróficos e fungos filamentosos e leveduras. Também avaliaram a aplicação do revestimento em morangos minimamente processados e perceberam um aumento na contagem desses micro-organismos em todas as amostras ao longo do período de estocagem de 12 dias a 7°C, no entanto verificaram maior aumento nos morangos não revestidos.

Nascimento (2013) obteve resultado similar ao avaliar a aplicação de revestimento comestível de quitosana em goiaba minimamente processada armazenada por 14 dias a 4°C. A contagem de fungos filamentosos e leveduras aumentou com o tempo de estocagem, contudo as amostras não revestidas apresentaram um aumento mais acentuado.

Embora não exista legislação para micro-organismos psicotróficos e fungos filamentosos e leveduras para vegetais minimamente processados, pode-se afirmar que contagens elevadas ( $>10^5$ UFC/g) são indesejáveis, devido ao risco do alimento estar deteriorado, com perda das características sensoriais e comprometimento da aparência. Quanto maior a contagem microbiana, maior é a chance da presença de micro-organismos patogênicos e deteriorantes (MIGUEL, 2008). Baseado nisso, percebeu-se que o produto não atingiu vida de prateleira de 16 dias, apresentado contagem microbiológica elevada.

A resolução nº 12 de 02 de Janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde que define padrões microbiológicos para hortaliças e frutas frescas, in natura, preparadas (descascadas, selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para o consumo direto, estabelece o máximo de  $5 \times 10^2$  NMP·g<sup>-1</sup> de coliformes a 45°C por grama de fruta (BRASIL, 2001). De acordo com a legislação vigente, a abóbora

minimamente processada adicionada de revestimento de quitosana e quitosana + ácido láurico por IV e imersão e os tratamentos controle mantiveram-se dentro deste padrão ao longo do período de estocagem, o que indica a adoção de boas práticas de fabricação durante o processamento e armazenamento (Tabela 22).

**Tabela 22.** Número Mais Provável (NMP/g) médio de coliformes a 30 e 45°C em abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível por IV e imersão.

Tratamento	Coliformes 30°C			Coliformes 45° C		
	Tempo (dias)					
	0	8	16	0	8	16
Controle IV	29	39,7	>1100	<3,0	<3,0	15,6
Quitosana IV	<3,0	3,6	210	<3,0	<3,0	<3,0
Quitosana + ácido láurico IV	<3,0	5,7	330	<3,0	<3,0	<3,0
Controle IM	23	47,6	>1100	<3,0	<3,0	16,2
Quitosana IV	<3,0	3,6	240	<3,0	<3,0	<3,0
Quitosana + ácido láurico IM	<3,0	7,4	460	<3,0	<3,0	<3,0

IV: impregnação a vácuo; IM: imersão.

Apesar dos resultados para coliformes a 45°C estarem de acordo com a legislação brasileira, observou-se que as contagens de coliformes a 30 e 45°C dos tratamentos controle estavam acima das contagens dos tratamentos adicionados de revestimento comestível. Esse fato pode ser justificado devido a capacidade de redução do crescimento microbiano devido a aplicação de revestimentos comestíveis, uma vez que sua adição, proporciona mais uma barreira contra o crescimento microbiano (ROONEY, 2005), além da quitosana exercer atividade antimicrobiana (ZHENG; ZHU, 2003; RINAUDO, 2006).

Resultado similar foi encontrado por Trigo et al. (2012), ao estudarem o efeito da aplicação de revestimento comestível de amido de arroz e carboximetilcelulose em mamão minimamente processado armazenado por 15 dias a

5°C, obtendo contagem de coliformes maiores em mamões não revestidos quando comparado com os revestidos.

### **5.10 Avaliação sensorial**

A análise sensorial foi realizada logo após o processamento e após oito dias de estocagem a 5 °C em relação aos atributos cor, aroma e impressão global, afim de verificar se haveria diferença na aceitação das amostras pelos consumidores no início e após o armazenamento do produto (Tabela 23).

Verificou-se que, para todos os atributos, imediatamente após o processamento, todas as amostras não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) apresentando notas acima de 6,0, variando entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” na escala hedônica empregada na realização da análise.

Após 8 dias de estocagem, constatou-se uma diminuição nas notas médias dadas pelos julgadores para todas as amostras em relação aos atributos cor e impressão global, com redução mais acentuada para os tratamentos controle independente da técnica utilizada. Nos comentários descritos pelos julgadores, o esbranquiçamento das abóboras ao longo do tempo de estocagem foi a principal razão para a depreciação do produto. Esse resultado está de acordo com o observado para a análise de cor, que também demonstrou maior redução ao longo do tempo da coordenada  $L^*$  para os tratamentos controle.

Portanto, concluiu-se que a adição de revestimento comestível de quitosana e quitosana + ácido láurico não promoveu alteração na aceitação sensorial quando comparada com o tratamento controle imediatamente após o processamento. Também concluiu-se que a adição do revestimento possibilitou notas médias maiores em relação aos tratamentos controles após 8 dias de estocagem, demonstrando mais uma vez a eficiência da aplicação de revestimento comestível na tentativa de aumentar a vida de prateleira dos vegetais minimamente processados. Resultado similar foi encontrado por Jorge (2010), ao avaliar os mesmos atributos na aceitação de maçã minimamente processada adicionada de revestimento comestível de quitosana.

**Tabela 23.** Aceitação sensorial de abóbora minimamente processada adicionada de revestimento comestível por IV e imersão.

Tratamento	Cor		Aroma		Impressão Global	
	Tempo (dias)					
	0	8	0	8	0	8
Controle IV	6,8aA	4,7aB	6,7aA	6,2aA	6,5aA	5,1aB
Quitosana IV	7,0aA	6,0bB	6,2aA	6,1aA	6,4aA	5,8bB
Quitosana + ácido IV	6,7aA	6,1bB	6,4aA	6,1aA	6,6aA	5,9bB
Controle IM	6,7aA	5,0aB	6,6aA	6,1aA	6,7aA	5,0aB
Quitosana IM	7,1aA	5,9bB	6,4aA	6,2aA	6,7aA	6,0bB
Quitosana + ácido IM	6,7aA	6,0bB	6,3aA	6,0aA	6,6aA	5,9bB

Letras maiúsculas iguais na linha e letras minúsculas iguais na coluna não se diferem estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. IV: impregnação a vácuo; IM: imersão.

## 6. CONCLUSÕES

A adição do ácido láurico na formulação do revestimento comestível de quitosana não levou a alterações na viscosidade do revestimento, entretanto diminuiu a tensão superficial.

A aplicação de vácuo por 4 minutos com mais 4 minutos de restauração da pressão atmosférica foi suficiente para proporcionar revestimento comestível de quitosana mais espesso, sem causar perdas de textura e no teor de água ao longo do período de estocagem de 16 dias.

A técnica de impregnação a vácuo tem maior potencial de incorporação de componentes em comparação com a técnica de imersão, e por isso consegue uma maior retenção do revestimento na superfície do produto, dando origem a revestimentos mais uniformes e espessos. No entanto, a técnica de imersão promoveu menor alteração nas características de pH, acidez, cor e firmeza das abóboras minimamente processadas.

A adição dos revestimentos comestíveis foi eficiente para reduzir alterações no teor de água, perda de massa, teor de carotenoides, cor e, portanto manter as características do produto por um maior tempo.

A adição do ácido láurico na composição do revestimento não levou à diminuição da perda de água ao longo do período de armazenamento e não causou nenhuma diferença nas características avaliadas quando comparado com o revestimento de quitosana puro.

A adição de revestimento comestível de quitosana, e quitosana mais ácido láurico não influenciou na aceitação sensorial das abóboras minimamente processadas imediatamente após o processamento.

Portanto a técnica de imersão foi melhor do que a impregnação a vácuo na aplicação de revestimento comestível de quitosana em abóbora minimamente processada, tendo também como vantagem o custo, visto que não há necessidade de aquisição de equipamentos, sendo facilmente implementada. Contudo, aconselha-se mais estudos sobre a impregnação a vácuo em outros vegetais a fim de verificar as alterações provocadas pela técnica em outras matrizes.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDER, M. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 837–842, 2010.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUZA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHAES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2155-2159, 2011.

ALMEIDA, A. G. **Hortalças minimamente processadas: percepção dos consumidores sobre os atributos de qualidade e evolução do mercado**. 2013, 148p. Dissertação (Mestrado em agronegócio ) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília 2013.

ALVES, J. A.; VILAS BOAS, E.V.B; SOUZA, E.C; VILAS BOAS, B.M; PICCOLI, R.H. Vida útil de produto minimamente processado composto por abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras,v. 34, n. 1, p. 182-189, 2010.

AMON. H.; ZAITSEY. Y.; PORAT. R.; POVERENOV. E. Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 87, p. 21-26, 2014.

ARASHIRO. E.Y. **Determinação da tensão superficial determinado pelo método de gota pendente**. 1998, 185f. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

ASSIS, O. B. G.; ALVES, H. C. **Metodologia científica: metodologia mínima para a produção de filmes comestíveis de Quitosana e avaliação preliminar de seu uso como Revestimento protetor em maçãs cortadas**. Comunicado técnico, São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2002. 5p.

ASSIS, O. B. G.; BRITO, D.; FORATO, L. A. O. **Uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas in natura e minimamente processadas**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. 24p.

Anuário brasileiro da Fruticultura 2014 / Erna Regina Reetz ... [et al.]. – Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015. 104 p.:[file:///c:/users/usuario/downloads/4393\\_hortalicas\\_2014.pdf](file:///c:/users/usuario/downloads/4393_hortalicas_2014.pdf). Acesso em: 20/02/2015.

ARIMA, H. K.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition and vitamin A value of commercial Brazilian squashes and pumpkins. **Journal of Micronutrient Analysis**, v. 4, p. 177-191, 1988.

ANSOREMA, M. R.; MARCOVICH, N., ROURA. S. I. Impact of edible coatings and mild heat shocks on quality of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* L.) during refrigerated storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 59, p. 53-63, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 16. ed. Washington, DC, 2000.

AZARAKHSH. N.; OSMAN. A.; GHAZALI. H.; TAN. C. P.; ADZAHAN. N. M. Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. **Postharvest Biology and Technology**, v. 88, p. 1-7, 2014.

AZEREDO. H. M. C. **Fundamentos de estabilidade dos Alimentos**. Brasília: Embrapa, p. 1-328, 2012.

AZEVEDO-MELEIRO, C. H. **Análise de carotenoides em alimentos brasileiros por cromatografia líquida de alta eficiência - espectrometria de massas**. 2003. 99 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BALDIN, E. L. L.; CAETANO, A. C.; LARA, F. M. Atração e desenvolvimento de *Leptoglossus gonagra* (Fabr.) (Hemiptera coreidae) em cultivares de abóbora e moranga. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 191-196, 2002.

BALDWIN, E. A., NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BAKER, R. A. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 35-38, 1995.

BARMAN, K.; ASREY, R.; PAL, R.K. Putrescine and carnauba wax pretreatments alleviate chilling injury, enhance shelf life and preserve pomegranate fruit quality during cold storage. **Scientia Horticulturae**, v. 130, p. 795-800, 2011.

BENÍTEZ, S.; ACHAERANDIO, I.; SEPULCRE, F.; PUJOLÀ, M. Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed ‘Hayward’ kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 81, p. 29-36, 2013.

BEZERRA, V. S.; PEREIRA, R. G. F. A.; CARVALHO. V, D.; VILELA, E. R. Raízes de mandioca minimamente processadas: efeito do branqueamento na qualidade e na conservação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v.26, n.03, p. 564-575, 2002.

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. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 32-38, 2007.

BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; CAMILLOTOLL, G. P.; FERNANDES, R.V.B. Revestimento ativo de amido na conservação pós-colheita de pera Williams minimamente processada. **Ciência Rural**, v.40, p.1814-1820, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 jan 2001.

BRASIL, I. M.; GOMES, C.; GOMEZ, A. P.; PEREZ, M. E. C.; MOREIRA, R.G. **Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya**. *Food Science and Technology*, v. 47, p. 39-45, 2012.

BUONOCORE, G. G.; NOBILE, M. A. D.; MARTINO, C. D.; GAMBACORTA, G.; NOTTE, E. L.; NICOLAIS, L. Modeling the water transport properties of casein-based edible coating. **Journal of Food Engineering**, v. 60, p. 99-106, 2003.

BURKARTER, E. **Construção de Imagens por Padrões Hidrofóbico/Hidrofílico**, 2006. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BUSTILLOS, R. J. A.; ZEVALLOS, L. A. C.; KROCHTA, J. M.; SALTVEIT, M. E. Application of casein-lipid edible film emulsions to reduce white blush on minimally processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**, v. 4, p. 319-329, 1994.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.

CABRERA, L. P.; CHAFER, M.; CHIRALT, A.; MARTINEZ, C. G. Effectiveness of antibrowning agents applied by vacuum impregnation on minimally processed pear. **Food Science and Technology**, v. 44, p. 2273-2280, 2011.

CAILI, F.; HUAN, S.; QUANHONG, L. A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 61, n. 2, p. 73–80, 2006.

CARDOSO, W. S.; PINHEIRO, F. A.; PATELLI, T.; PEREZ, R.; RAMOS, A. M. Determinação da concentração de sulfito para a manutenção da qualidade da cor em maçã desidratada. **Revista Analytica**, n.29, 2007

CARNER, C.; VERGANO, P. J.; WILES, J. L. Chitosan film mechanical and permeation properties as affected by acid, plasticizer, and storage. **Journal of Food Science**, v.63, n.6, p.1049 -1053, 1998.

CARUSO, J. G. B.; CAMARGO, R. Microbiologia de alimentos. In: Camargo R, editor. **Tecnologia dos produtos agropecuários alimentos**. São Paulo: Nobel; 1984. p. 35-49.

CASTANEDA, L. M. F. **Avaliação da quitosana e fécula de mandioca aplicada em pós-colheita no recobrimento de maçãs**. 2013. 145f. Tese (Doutorado em Agronomia). Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

CASTELLÓ, M. L.; FITO, P. J.; CHIRALT, A. Effect of osmotic dehydration and vacuum impregnation on respiration rate of cut strawberries. **LWT - Food Science and Technology**, v. 39, p. 1171-1179, 2006.

CASTRO, A. G. DE; COVAS, J. A.; DIOGO, A. C. **Reologia e suas aplicações industriais**. Lisboa: Instituto Piaget, p. 464, 2001.

CASTRO, A. L. **Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho**. 334f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) - Área de Interinidades em Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade de São Paulo, USP, 2007.

CENCI, S. A.; GOMES, C. A. O.; ALVARENGA, A. L. B. ; JUNIOR, M. F. Boas Práticas de Processamento Mínimo de Vegetais na Agricultura Familiar. In: Fenelon do Nascimento Neto (Org.). **Recomendações Básicas para a Aplicação das Boas Práticas Agropecuárias e de Fabricação na Agricultura Familiar**. 1a ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006, p. 59-63.

CHHABRA, R. P.; RICHARDSON, J. F. **Non-Newtonian flow and applied rheology: engineering applications**. 2. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, p. 518, 2008.

CHIRALT, A.; NAVARRETE, N. M.; MONZO, J. M.; TALES, P.; MORANGA, G.; AYALA, A.; FITO, P. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes. Cryoprotectant effect. **Journal of Food Engineering** , v. 49, p. 129-135, 2001.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005, 783 p.

CHO, S. Y.; LEE, S. Y.; RHEE, C. Edible oxygen barrier bilayer film pouches from corn zein and soy protein isolate for olive oil packaging. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 1234-1239, 2010.

CLERICI, M. T. P. S.; CARVALHO-SILVA, L. B. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruits grown in Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 1658-1670, 2011.

CORTEZ-VEGA, W.; PIOTROWICZ, I. B. B.; PRENTICE, C.; BORGES, C. D. Influence of different edible coatings in minimally processed pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch). **International Food Research Journal**, v. 21, p. 2017-2023, 2014.

COSTA, F. B.; FERREIRA, F. C. P.; SILVA, K. C. M.; OLIVEIRA, M. N.; COSTA, R. T. R. V. Qualidade de abóbora minimamente processada Quality of fresh-cut squash. **Revista Brasileira de Agrotecnologia** , v. 1, n. 1, p. 19-22, 2011.

COSTA, A. G. V.; JIMENEZ, P.; SILVA, P. I. Bioactive compounds and health benefits of exotic tropical red-black berries. **Journal of Functional Foods**, v. 5, p. 539-549, 2013.

COUSIN, M. A.; JAY, J. M.; VASAVADA, P. C. Psychrotrophic microorganisms. DOWNES, F. P.; ITO, K. (Ed.). In: **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4.ed. Washington: American Public Health Association – APHA, p. 159-166, 2001.

DE-ANCOS, B.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; PLAZA, L.; CANO, M. P. Nutritional and Health Aspects of Fresh-Cut Vegetables. In: Martín-Belloso, O.; Soliva-Fortuny, R. (Eds.). **Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing**. London, New York, CRC Press, 2011. p. 145-184.

DEROSSI, A.; DE PILLI, T.; SEVERINI, C. Reduction in the pH of vegetables by vacuum impregnation: A study on pepper. **Journal Food Engineering**, v. 99, p. 9-15, 2010.

DEVLIEGHERE, F.; VERMEULEN, A.; DEBEVERE, J. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. **Food Microbiology**, v. 21, p. 703-714, 2004.

ELSABEE, M. Z.; ABDON, E. S. Chitosan based edible films and coatings: A review. **Materials Science and Engineering**, v. 33, p. 1819-1841, 2013.

EGAWA, E. Y., **Caracterização térmica e reológica de blendas de glicerol: colágeno tipo I de diferentes tecidos**. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência – Química Analítica), Instituto de Química de São Paulo, Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, 2007.

FALGUERA, V.; QUINTERO, J. P.; JIMENEZ, A.; MUNOZ, J. A.; ILBARZ, A. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, p. 292-303, 2011.

FAKHOURI, F. M.; GROSSO, C. Efeito de coberturas comestíveis na vida útil de goiabas in natura (*Psidium guajava* L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, p. 203-211, 2003.

FILHO, S. P. C.; BRITO, D.; CURTI, E.; ABREU, F. R.; CARDOSO, M. B.; BATTISTI, M. V.; SIM, P. C.; GOY, R. C.; SIGNINI, R.; LAVALL, R. L. Extração, estruturas e propriedades de  $\alpha$  e  $\beta$  – quitina. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 644-650, 2007.

FILHO, W. P. C.; CAMARGO, F. P. **Acomodação da produção olerícola no Brasil e em São Paulo, 1990-2010- Análise Prospectiva e tendências 2015**. Instituto de Economia Agrícola, 2011.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa: UFV, 1987, 29p.

FITO, P. Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. **Journal of Food Engineering**, v. 22, p. 313-328, 1994.

FITO, P.; ANDRUB, A.; CHIRALT, A.; PARDO, P. Coupling of Hydrodynamic Mechanism and Deformation-Relaxation Phenomena During Vacuum Treatments in Solid Porous Food-Liquid Systems. **Journal of Food Engineering**, v. 27, p. 229-240, 1996.

FITO, P.; CHIRALT, A.; BARAT, J. M.; ANDRÉS, A.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 297-302, 2001.

FONSECA, J. P. C. G. Q. **Revestimentos comestíveis à base de quitosano e cera de abelha: aplicação na conservação da uva de mesa**. 2012. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Instituto superior de Agronomia, Universidade técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.

GENNADIOS, A.; WELLER, C. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. **Food Technology**, v. 44, n. 10, p. 63-69, 1990.

GENNADIOS, A.; HANNA, M. A.; KURTH, L. B. Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods: A Review. **LWT - Food Science and Technology**, v. 30, p. 337–350, 1997.

GIOPPO, M.; SOUZA, A. M.; GONÇALVES, J.; AYUB, R. A. Vida útil pós-colheita do repolho roxo minimamente processado, armazenado em diferentes embalagens. **Revista Ceres**, v.59, p. 560-564, 2012.

GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Ciência e Qualidade da Carne: Fundamentos**. Viçosa: Editora UFV. 2013,

GUERREIRO, A. C.; GAGO, C. M. L.; FALEIRO, M. L.; MIGUEL, M. G. C.; ANTUNES, M. D. C. A. The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruit storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 100, p. 226-233, 2015.

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

HAMZAH, H. M.; OSMAN, A.; TAN, C. P.; GHAZALI, F. M. Carrageenan as an alternative coating for papaya (*Carica papaya* L. cv. Eksotika). **Postharvest Biology and Technology**, v. 75, p. 142-146, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/xml/pof\\_2008\\_2009.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/xml/pof_2008_2009.shtm). Acesso em: 04/03/2015.

IBRAHORT. Instituto Brasileiro de Horticultura. Disponível em: <http://www.ibrahort.org.br/noticias/tecnologia-responsavel-aumento-producao-hortalicas.html> Acesso em: 17 de fevereiro de 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 4ª ed., São Paulo: 2004.

JORGE, P. C. S. **Avaliação de maçã ‘royal gala’ revestida com filme de quitosana durante o período de pós-colheita.** 2010, 166f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, São Paulo, 2010.

JUNIOR, E. B.; MONARIM, M. M. S.; CAMARGO, M.; MAHL, C. E. A.; SIMÕES, M. R.; SILVA, C. F. Efeito de diferentes biopolímeros no revestimento de mamão (*Carica papaya* L) minimamente processado. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 131-142, 2010.

KANG, H. J.; JO, C.; KWON, J. H.; KIM, J. H.; CHUNG, H. J.; BYUN, M. W. Effect of a pectin-based edible coating containing green tea powder on the quality of irradiated pork patty. **Food Control**, v. 18, p. 430-435, 2007.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products.** New York, Van Nostrand Reinhold, 1991. 532p.

KRASAETKOOPT, W.; SUTHANWONG, B. Vacuum Impregnation of Probiotics in Fruit Pieces and Their Survival During Refrigerated Storage. **Natural Science**, v. 42, p. 723 – 731, 2008.

KESTER, J. J.; FENNEMA, O. R., Edible Films and Coatings: A Review. **Food Technology**, V. 40, n.12, p. 47-59, 1986.

KORNACKI, J. L.; JOHNSON, J. L. Enterobacteriaceae, coliforms, and *Escherichia coli* as quality and safety indicators. DOWNES, F. P; ITO, K. (Ed.). In: **Compendium of methods for the microbiological examination of foods.** 4.ed. Washington: American Public Health Association – APHA, p. 69-82, 2001.

KROCHTA, J. M.; BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. **Edible coatings and films to improve food quality.** Pennsylvania: Technomic, 1994. 379 p.

KONG, M.; CHEN, X. G.; XING, K.; PARK, H. J. Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: A state of the art review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 144, p. 51-63, 2010.

LACETA, I. S.; MOLINARO, B. P.; GUERREROA, J. P.; KERRY, B. K. Quality attributes of map packaged ready-to-eat baby carrots by using chitosan-based coatings. **Postharvest Biology and Technology**, v. 100, p. 142–150, 2014.

LAGO, E. S. **Avaliação das condições cromatográficas de análise efeito da aplicação de coberturas comestíveis nos carotenóides de abóboras desidratadas.** 73f. 2007. Dissertação (Mestrado em engenharia e ciência de alimentos) – Curso de Pós-graduação em engenharia e ciência de alimentos, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2007.

LAURINDO, J.; STRINGARI, G.; PAES, S.; CARCIOFI, B. Experimental determination of the dynamics of vacuum impregnation of apples. **Journal of Food Science**, v. 72, p. 470–475, 2007.

LAUZARDO. A. N. H.; BANOS. S. B.; VALLE. M. G. V.; MONTEALVO. M. G. M.; RIVERA. M. M. S; PEREZ. L.A. B. Antifungal effects of chitosan with different molecular weights on in vitro development of *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. **Carbohydrate Polymers**, v. 73, p. 541-547, 2008.

LI, H.; DENG. Z.; ZHU. H.; HU. C.; LIU. R.; YOUNG. J. C.; TSAO. R. Highly pigmented vegetables: Anthocyanin compositions and their role in antioxidant activities. **Food Research International**, v. 46, 250–259, 2012.

LIM, S. H.; HUDSON, S. M.; Synthesis and antimicrobial activity of a water-soluble chitosan derivative with a fiber-reactive group. **Carbohydrate Research**, v. 39, p. 313-319, 2004.

LIN, S. Y. D.; KROCHTA, J. M. Whey protein coating efficiency on surfactante modified hydrophobic surfaces. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 018-23, 2005.

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

LUVIELMO, M. DE M.; LAMAS, S. V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estado Tecnológicos em Engenharia**, v. 8 n.1 p. 8-15, 2012.

YOUNG, T. **An essay on the cohesion of fluids**. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 95, p. 65-87, 1805

MAFTOONAZAD, N.; RAMASWAMY, H. S.; MOALEMJYAN, M.; KUSHALAPPA, A. C. Effect of pectin-based edible emulsion coating on changes in quality of avocado exposed to *Lasiodiplodia theobromae* infection. **Carbohydrate Polymers**, v. 68, p. 341-349, 2007.

MANNHEIMER, W. **Microscopia dos Materiais: Uma Introdução**. Rio de Janeiro: E – Papers Serviços Editoriais, 2002.

MARCELINO, J.S.; MARCELINO, M.S. **Cultivo de abóboras**. Dossiê Técnico, Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Paraná: Instituto de Tecnologia do Paraná, 2012. 22p.

MARCHI, E. C. S.; CASTRO, D. M. **Revisão de microscopia**. Lavras: UFLA, 25p., 2005.

MARTINS, E. M. F. **Viabilidade do uso de salada de frutas minimamente processada como veículo de micro-organismos probióticos**. 2012. 100f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2012.

MATOS, I. T. R. S.; NUNES, M. T.; MOTA, D. A.; LAUREANO, M. M. M.; HOSHIBA, M. A. Qualidade microbiológica do mel de melipona sp. produzido na

Amazônia Central (Parintins – AM – Brasil). **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.4, p.91 – 95, out-dez, 2011.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v.27, p.1254-1255, 1992.

MERLIN, K. B. **Estudo comparativo da impregnação a vácuo de maçã (var. FUJI), perá ( var. D' AGUA e D'ANJOU ) e manga ( var. TOMMY ATKINS)**. 2007. 91f. Dissertação (Mestrado em engenharia de alimentos) – Curso de Pós-graduação em engenharia de alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MIGUEL, A. C. A. **Uso de película comestível, cloreto de cálcio e ácido ascórbico para conservação de melão ‘Amarelo’ minimamente processado**. 2008. 196f. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de Alimentos) – Curso de pós-graduação em Ciência e tecnologia de alimentos, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba, 2008.

MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial: Estudos com consumidores**. 3 ed. Viçosa: Editora UFV. 2013, 332p.

MORAGA, M.; MORAGA, G.; FITO, P.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Effect of vacuum impregnation with calcium lactate on the osmotic dehydration kinetics and quality of osmodehydrated grapefruit. **Journal Food Engineering**, v. 90, p. 372-379, 2009.

MORETTI, C. L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças; p. 527, 2007.

McHUGH, T. H.; HUXSOLL, C. C.; KROCHTA, J. M. Permeability properties of fruit puree edible films. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n. 1, p. 88-91, 1996.

NASCIMENTO, J. G. **Atividade antifúngica da quitosana na expansão da vida de prateleira de goiaba minimamente processada**. 2013. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências da saúde). Curso de Pós-graduação em Ciência da Saúde, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2013.

OLIVEIRA, O. A.; FERNANDES . J. D. G. **Arquitetura atômica e molecular, Forças intermoleculares**. Natal : EDUFRN – Editora da UFRN, 2006.

OLIVEIRA, V. B.; YAMADA, L. T.; FAGG, C. W.; BRANDAO, G. L. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 48, p. 170-179, 2012.

OLIVEIRA. P. M. **Adição de Bactérias Probióticas em Melão Minimamente Processado por Impregnação a Vácuo e Imersão**. 2014. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Curso de Pós-graduação em

Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2014.

OSORIO, F. A.; MOLINA, P.; MATIACEVICH, S.; ENRIONE, J.; SKURTVS, O. Characteristics of hydroxy propyl methyl cellulose (HPMC) based edible film developed for blueberry coatings. **Procedia Food Science**, v. 1, p. 287-293, 2011.

PAES, S. **Estudo da impregnação a vácuo de maçãs**. 2005. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PARK, H. J. Development of advance edible coatings for fruits. **Trends in Food Science e Technology**. v. 10, n. 8, p. 254-260, 1999.

PAULA, D. A. **Emulsões a/o/a contendo cloreto de sódio: formulação, caracterização física e intensidade da percepção do gosto salgado**. 82f. 2015. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de alimentos). Curso de Pós graduação em ciência de tecnologia de alimentos, Universidade federal de Viçosa, Minas Gerais, 2015.

PERREIRA, J. M. A. T. K.; MINIM, V. P. R.; CHAVES, J. B. P. Avaliação sensorial e instrumental do esbranquiamento superficial de mini-cenoura durante o armazenamento. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, p. 261-266, 2007.

PINELI, L. L. O.; ARAÚJO, W. M. C. A. Produção, qualidade e segurança de vegetais minimamente processados. **Revista Higiene Alimentar**, v. 20 n. 141, p. 55-60, 2006.

PINHEIRO, A. C.; CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W. S.; MARTINS, J. T.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares. **Boletim de Biotecnologia**, p. 18-28, 2010.

PINHEIRO, N. M. S. **Revestimento com cera de carnauba incorporados de antimicrobianos em caju ( *Anacardium occidentale* L.) e goiaba (*Psidium guajava*)**. 125f. 2012. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade federal de Viçosa, Minas Gerais, 2012.

PRANDL, O.; FISCHER, A.; SCHIMIDHOFER, T.; SINELL, H. **Tecnologia de higiene de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1994. 855p.

PUENTE, L. D.; BETORET, N. V.; CORTÉS, M. R. Evolution of probiotic content and color of apples impregnated with lactic acid bacteria. **Revista de la Facultad de Química Farmacéutica**, v. 16, n. 03, p. 297-303, 2009.

QI, H.; HU, W.; JIANG, A.; TIAN, M.; LI, YINGGIU. Extending shelf-life of Fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 12, p. 62-66, 2011.

RAGONE, D. V. **Thermodynamics of Materials** – V. II, John Wiley & Sons, New York, 1995.

RANWALA, A. P.; SUEMATSU, C.; MASUDA, H. The Role of B-Galactosidases in the Modification of Cell Wall Components during Muskmelon Fruit Ripening, **Plant Physiology**, v. 100, p. 1318-1325, 1992.

RAO, M. A. **Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications**. New York: Aspen Publishers, 1999.

RESENDE, G. M.; BORGES, R. M.; GONÇALVES, N. P. Produtividade da cultura da abóbora em diferentes densidades de plantio no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, 2013.

RINAUDO, M. Chitin and chitosan: Properties and applications. **Progress in Polymer Science**, v. 31, p. 603-632, 2006.

RÖBLE, C.; BRUNTON, N.; GORMLEY, T. R.; BUTLER, F. Quality and antioxidant capacity of fresh-cut apple wedges enriched with honey by vacuum impregnation. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p. 626-634, 2011.

RODRIGUES, M. Z. **Impregnação de micro-organismos probióticos em goiaba minimamente processada**. 2013. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2013.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: International life science Institute (ILSI), 63 p, 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Brazil: A bounty of carotenoid sources. **Sight and Life**, Newsletter, v. 1, n. 4, p. 3-9, 2002.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes Brasileiras de Carotenóides - Tabela Brasileira de Composição de Carotenóides em Alimentos**. Brasília: MMA/SBF, 2008. 100p.

ROJAS-GRAU, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTIN-BELLOSO, O. Edible coatings to incorporate active ingredients to freshcut fruits: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 20, p. 438-447, 2009.

ROONEY, M. L. Introduction to active food packaging technologies. In: Han J.H.(ed.). **Innovations in food packaging**. San Diego, Calif.: Elsevier Academic Press. p. 63–79, 2005.

SATO, G. S. Hortaliças minimamente processadas: uma atividade agroindustrial no interior de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 39, n. 2, 2009.

SALDARRIAGA, M. R. V. **Atenuação de vibrações em máquinas rotativas flexíveis usando materiais viscoelásticos nos suportes**. 120f. 2007. Tese

(Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2007.

SASAKI, F. F. **Processamento mínimo de abóbora (Cucurbitamoscata Duch.): alterações fisiológicas, qualitativas e microbiológicas**. 2005. 145 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SASAKI, F. F.; AGUILAR, J. S.; GALLO, C. R.; ORTEGA, E. M. M.; JACOMINO, P.; KLUGE, R. A. Alterações fisiológicas, qualitativas e microbiológicas durante o armazenamento de abóbora minimamente processada em diferentes tipos de corte. **Hortic. bras.**, v. 24, n. 2, p. 170-174, 2006

SCHRAMM, G. **Reologia e Reometria**. Fundamentos Teóricos e Práticos. São Paulo: Artiber, 2006.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Hortalças minimamente processadas – Estudo de Mercado Sebrae**. ESPM, 2008.

SHARMA, S. K.; MULVANEY, S. J.; RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering: theory and laboratory experiments**. United States of America : Wiley-Interscience. 348p., 2000.

SILVA, A. V. C.; OLIVEIRA, D. S. N.; YAGUIU, P.; CARNELOSSI, M. A. G.; MUNIZ, E. N.; NARAIN, N. Temperatura e embalagem para abóbora minimamente processada Temperature and packaging of minimally processed pumpkin (Curcubita moschata). **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.29, p. 391-394, abr.-jun, 2009

SILVA, A. V. C.; RAMOS, S. R. R.; MENEZES, D. N. B.; VITORIA, M. F.; OLIVEIRA, J. M. S. P.; JUNIOR, V. F. R. **Processamento mínimo da Abóbora**. Aracaju: Embrapa, 2013.

SILVA, L. M. R.; FIGUEIREDO, E. A. T.; RICARDO, N. M. P.; VIEIRA, I. G. P.; FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I. M. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398-404, 2014.

SIMÕES, A. D. N.; TUDELA, J. A.; ALLENDE, A.; PUSCHMANN, R.; GIL, M. I. Edible coatings containing chitosan and moderate modified atmospheres maintain quality and enhance phytochemicals of carrot sticks. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51 p. 364–370, 2009.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, p. 381-386, 2012.

STANLEY, N. F. Agars. In: Stephen, A. M. (Ed) **Food Polysaccharides and their applications**. New York: Marcel Dekker. p. 187-204, 1995.

SUSENO, N.; SAVIRITI, E.; SAPEI, L.; PADMAWIJAYA, K. S. Improving Shelf-life of Cavendish Banana Using Chitosan Edible Coating. **Procedia Chemistry**, v. 9, p. 113-120, 2014.

TANADA-PALMU, P. S.; GROSSO, C. R. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 36, p.199-208, 2005.

TARAZAGA, M. M. L. N.; MASSA, A.; GAGO, M. B. P. Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. Angeleno). **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, p. 2328–2334, 2011

TATSUMI, Y.; WATADA, A. E.; WERGIN, W. P. Scanning electron microscopy of carrot stick surface to determine cause of white translucent appearance. **Journal Food Science.**, v. 56, p.1357-1364, 1991.

TEISSON, C. Le brunissement interne de Ananas. **Fruits**, v. 34, n. 4, p. 245-161, 1979.

TOLEDO, R. T. **Fundamentals of Food Process Engineering**. New York: Chapman & Hall, 1991, 602p.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 247-253, 2001.

TRIGO, J. M.; ALBERTINI, S.; SPOTO, M. H. F.; SARMENTO, S. B. S. Efeito de revestimentos comestíveis na conservação de mamões minimamente processados. **Brazilian Journal of food technology**, v. 15, p 123-135, 2012.

VANETTI, C. A.; CEOTTO, G.; ANDRADE, N. J. Técnicas em microscopia usadas no estudo da adesão e da formação de biofilmes microbianos. In ANDRADE, N. J. **Higiene na indústria de alimentos: Avaliação e controle da adesão e formação de biofilmes bacterianos**. São Paulo: Varela, cap.2, 2008. p. 67-120.

VANZELA, E. S. L.; NASCIMENTO, P.; FONTES, E. A. F.; MAURO, M. A.; KIMURA, M. Edible coatings from native and modified starches retain carotenoids in pumpkin during drying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, p. 420-425, 2013.

VARGAS, M.; ALBORS, A.; CHIRALT, A.; MARTINEZ, C. G. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p. 164-171, 2006.

VARGAS, M.; AMPARO, A. A.; MARTINEZ, C. C. Characterization of chitosan-oleic acid composite films. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 536-547, 2008.

VARGAS, M.; CHIRALT, A.; ALBORS, A.; MARTINEZ, C. G. Effect of chitosan-based edible coatings applied by vacuum impregnation on quality

preservation of fresh-cut carrot. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51 , p. 263-271, 2009.

VELICKOVA, E.; WINKELHAUSEN, E.; KUZMANOVA, S.; ALVES, V. D. MARTINS, M. M. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage condition. **LWT – Food Science and technology**, v. 52, p. 80-92, 2013.

VILLADIEGO, A. M. D. **Desenvolvimento de um revestimento comestível antimicrobiano a base de amido de inhame com quitosana na conservação de cenoura minimamente processada**. 2004. 141f. Tese. (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2004.

XU, X. Y.; KIM, K. M.; HANNA, M. A.; NAG, D. Chitosan–starch composite film: preparation and characterization. **Industrial Crops and Products**, v. 21, p. 185-192, 2005.

WILSON, H. D.; DOEBLEY, J.; DUVALL, M. Chloroplast DNA diversity among wild and cultivated members of *Cucurbita* (Cucurbitaceae). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 84, p. 859-865, 1992.

WILLIAMS, D. J.; EDWARDS, D.; HAMERNING, I.; JIAN, L.; JAMES, A.; JOHNSON, S. K.; TAPSELL, L. C. Vegetables containing phytochemicals with potential anti-obesity properties: A review. **Food Research International**, v.52, p. 323–333, 2013.

ZHAO, Y., XIE, J. Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetableprocessing. **Trends in Food Science and Technology**. v. 15, p. 434-451, 2004.

ZHENG, L. Y.; ZHU, J. F. Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights. **Carbohydrate Polymers**, v. 54, p. 527-530, 2003.