



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

ENCAPSULAÇÃO DE EXTRATO FENÓLICO DE SUBPRODUTOS DE ACEROLA (*Malpighia emarginata* D.C.) EM MATRIZ POLIELETROLÍTICA DE GOMA DE CAJUEIRO E QUITOSANA PARA REVESTIMENTO DE MELÃO MINIMAMENTE PROCESSADO.

Winne Moita de Carvalho

Orientação: Profa. Dra. Isabella Montenegro Brasil

Fortaleza

2014

WINNE MOITA DE CARVALHO

ENCAPSULAÇÃO DE EXTRATO FENÓLICO DE SUBPRODUTOS DE ACEROLA (*Malpighia emarginata* D.C.) EM MATRIZ POLIELETROLÍTICA DE GOMA DE CAJUEIRO E QUITOSANA PARA REVESTIMENTO DE MELÃO MINIMAMENTE PROCESSADO.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de alimentos.

Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Profa. Dra. Isabella Montenegro Brasil

Fortaleza - CE

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

WINNE MOITA DE CARVALHO

ENCAPSULAÇÃO DE EXTRATO FENÓLICO DE SUBPRODUTOS DE ACEROLA (*Malpighia emarginata* D.C.) EM MATRIZ POLIELETROLÍTICA DE GOMA DE CAJUEIRO E QUITOSANA PARA REVESTIMENTO DE MELÃO MINIMAMENTE PROCESSADO.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de alimentos.

Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

Orientador: Prof. Dra. Isabella Montenegro Brasil

Dissertação aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Isabella Montenegro Brasil (Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Haroldo César Beserra de Paula (Co-Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Profa. Evânia Altina Teixeira de Figueiredo
Universidade Federal do Ceará

Dra. Luciana de Siqueira Oliveira
Universidade Federal do Ceará

Dra. Aurelice Barbosa de Oliveira
Universidade Estadual do Ceará

Aos meus pais, Alexandre, Lúcia e Laura,
 Às minhas irmãs Aline, Elane,
 À minha sobrinha Ana Letícia,
À minha família Moita e Braga de Carvalho,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus por todos os dons, tudo que tenho e sou. Por todas as faculdades que ele me presenteou. Gratidão eterna. E por sua mãe, Maria Santíssima, por tanta proteção e intercessão.

À Dra. Isabella Montenegro Brasil, orientadora desde a graduação, pela parceria, confiança, conselhos, cuidados e compreensão.

Ao Dr. Haroldo César Beserra, meu Co-Orientador, pela sua ajuda, paciência e por ter possibilitado a realização deste experimento.

À Dra. Evânia Altina pela ajuda, conselhos, ouvidos e humanidade para comigo sempre.

A Universidade Federal do Ceará (UFC), pela Graduação e Pós-Graduação, em especial ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Centro de Ciências Agrárias, meus agradecimentos. Ao Secretário do Programa de Pós-Graduação, Paulo Mendes, pela ajuda e disponibilidade.

Às empresas de fomentos, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos de Mestrado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto.

À professora Dra. Carmem L. Gomes, da *Texas A&M University*, do Biological and Agricultural Engineering, pela consultoria ao projeto, paciência, disponibilidade e pelos ensinamentos.

Aos doutores, Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo, Dra. Evânia Altina Teixeira de Figueiredo, Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa, Dr. Geraldo Arraes Maia, Dra. Luciana de Siqueira Oliveira e Dra. Maria Leônia Gonzaga por aceitarem participar e pelas sugestões ao trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, pela ajuda, boa convivência e disponibilidade, durante o curso de graduação e mestrado. Em especial ao senhor Luís Gonzaga, o meu muito obrigado. E aos funcionários do Laboratório de Frutos e Hortaliças Sra. Hilda, Leônia Gonzaga, Luciana Oliveira e Sr. Omar pelo carinho.

Aos bolsistas de iniciação científica, Jéssica Carmo, Maria Amanda, Samuel Brito, Aurenice Mota, Carla Lorena, Kelvianny Lino, Stephany Emmanuely, pela ajuda.

Aos amigos do laboratório de Frutos e Hortaliças Alessandra Carneiro, Alex Sandra, Ana Cristina Lima, Ana Valquíria, Giovana Matias, Jorgiane Lima, Luís Bruno,

Karoline Oliveira, Larissa Morais, Denise Josino, Carol Pereira, Natália Sucupira, Patrícia Marques, Rafaela Lima, Samira Pereira, Suelane, pela amizade, companheirismo e momentos de descontração.

Aos pesquisadores e amigos de outros laboratórios, pela contribuição para o meu crescimento acadêmico e profissional. Ao laboratório de Bioquímica e Fisiologia Pós-Colheita de Frutos Tropicais do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Ceará, nas pessoas da Doutora Raquel Miranda e suas alunas Dra. Aurelice Barbosa, Dra. Luciana Siqueira, Marcela Rabelo, Kellina Oliveira.

Ao laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita de Frutas Tropicais da Embrapa Agroindústria Tropicais, nas pessoas do Dr. Carlos Farley e Márcia Régia, e aos companheiros de trabalho, pela ajuda, oportunidade e crescimento durante a minha graduação e desenvolvimento do projeto de mestrado.

Aos meus pais, Alexandre Herculano, Lucia Moita e Laura Carneiro, pela oportunidade dada, carinho, compreensão e entendimento da importância dos estudos para mim. Gratidão sempre.

Às minhas irmãs, Aline Moita e Elane Moita, pela ajuda e amizade. À Ana Letícia, sobrinha e afilhada, pelo carinho, descontração, alegria e parceria sempre nos melhores momentos.

Aos meus familiares, Braga de Carvalho e de Sá Leitão Moita. Às minhas avós, Edla Braga e Ruth de Sá Leitão, pela torcida e acolhimento, nos melhores e piores momentos de nossas vidas. Aos meus tios (as), primos (as) por toda amizade e torcida.

Aos meus irmãos da Comunidade Católica Shalom, todos do grupo *Poimem Kalos*, em especial aos queridos Adriano Mascarenhas, Mariane Freitas, Liduína Alves, Lídia Maria. Ao Centro de Formação de Fátima, Amanda Cividini, Denize Cassundé, Auxiliadora Marques, Iovanny Veloso, Milena Aires, Vicente Braga, por sempre me ajudarem a ter um coração reto à vontade de Deus. Aos missionários que partiram, e deixaram sementes da nossa amizade em minha vida, especialmente aos queridos Odaísa Miranda (Dadá), Gervan Menezes, Érika Nayara, Clésia Silva e outros.

Enfim, a todos que participaram da minha vida pessoal, acadêmica, profissional e espiritual.

**“Recebemos muito do Senhor. Não
podemos devolver nada menos que tudo”.**

Moysés Louro de Azevedo Filho

RESUMO

Os frutos minimamente processados armazenados em embalagens ativas, que interagem diretamente com o alimento, se mostra como uma potencial alternativa para a preservação do alimento contra a proliferação de uma microbiota deteriorante e patogênica, sendo uma das principais conseqüências da perda da qualidade microbiológica destes produtos as injúrias mecânicas. Estas embalagens ativas são muito úteis para o armazenamento destes produtos resultando em ganho econômico pelo aumento da shelf life destes produtos. Complexos Polieletrólíticos (PEC) consistem em uma interação entre cargas de dois ou mais polissacarídeos, ou entre os materiais de produção de embalagens ativas, que interagem sinergisticamente, melhorando as propriedades deste revestimento quando comparados com cada material utilizado separadamente. A inserção de extratos ricos em fenólicos encapsulados em um PEC pode resultar em aumento do potencial antimicrobiano, além de propriedades de liberação controlada dos bioativos na embalagem. O objetivo deste trabalho foi avaliar a propriedade de barreira do filme comestível a base de quitosana e goma de cajueiro, incorporado de substâncias antioxidantes e antimicrobianas extraídos de resíduos agroindustriais da indústria de processamento de acerola em melões minimamente processados. Os melões revestidos apresentaram melhorias na qualidade dos cubos, onde não houve redução da perda de massa do produto armazenado nem sinais de deterioração durante a estocagem. A segurança do produto foi mantida pelas propriedades antimicrobianas presentes nos polissacarídeos e no extrato etanólico do resíduo, onde foram responsáveis pela redução logarítma de microrganismos analisados, exigidos em legislação, para ausência de *Salmonella* em frutas minimamente processadas refrigeradas. Foi observado aumento nos valores nutricionais e potencial antioxidante nas amostras de melão com a fina camada de revestimento, com apresentação de alguns picos de liberação dos compostos encapsulados durante o armazenamento. A encapsulação dos compostos bioativos e a liberação controlada no revestimento em melão proporcionou grande vantagem ao fruto, destacando o aproveitamento integral do produto, mostrando-se como uma tecnologia de embalagem amiga do ambiente (Em inglês, *packaging and environmentally friendly*).

Palavras-chave: Compostos bioativos, encapsulamento, subprodutos de acerola, melão minimamente processado, embalagem ativa.

ABSTRACT

Fresh-cut fruit stored in active packaging result in a directly interaction the package with the food, it shows as a potential alternative for preserving the food against the proliferation of a deteriorating and pathogenic microbiology, being one of the main consequences of the loss of the microbiological quality of these products the mechanical injuries . These active packages are very useful for storage of these products resulting in economic gain by increasing the shelf life of these products. Polyelectrolytic complex (PEC) consist in an interaction between charges of two or more polysaccharides, or between materials for the production of active packages which interact synergistically improving the properties of the coatings when compared with each material used separately. The insertion of extracts rich in encapsulated phenolic in a PEC, may result in an increase in antimicrobial activity as well as properties of the controlled release of bioactive packaging. The objective of this study was to evaluate the barrier property of the edible film (PEC), based on chitosan and gum cashew added of antioxidants and antimicrobial substances extracted from acerola processing agroindustrial residues in fresh-cut melons. The coated melons showed improvements in quality characteristics of cubes, where there was no reduction in mass loss during storage or signals of deterioration during storage of 12 days. Product safety was maintained due to antimicrobial properties present in polysaccharides and the ethanolic extract of the residue, which were responsible for the logarithmic reduction of microorganisms required by legislation concernig no Salmonella presence in minimally processed refrigerated fruits. It was observed an increase in nutritional value and antioxidant activity in samples of melon with thin coating, showing some peaks of release of encapsulated compounds during storage. The encapsulation of bioactive compounds and controlled release coating in melon provide great advantage to the fruit, especially the full use of the product showing a friendly environment packaging technology.

Keywords: Bioactive compounds, encapsulation, byproducts of acerola, fresh-cut melon, active packaging

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura 1. Representação esquemática da estrutura da Goma de Cajueiro</u>	<u>31</u>
<u>Figura 2. Representação esquemática da estrutura da quitosana</u>	<u>32</u>
<u>Figura 3. Placas OXA para presença/ausência de crescimento de L. innocua em diferentes concentrações de extrato</u>	<u>62</u>
<u>Figura 4. Placas OXA para presença/ausência de crescimento de L. innocua em diferentes concentrações de PEC</u>	<u>63</u>
<u>Figura 5. Placas OXA para presença/ausência de crescimento de L. innocua em diferentes concentrações do Revestimento comestível</u>	<u>63</u>
<u>Figura 6. Placas XLD para presença/ausência de crescimento de S. enteritides em diferentes concentrações de extrato</u>	<u>63</u>
<u>Figura 7. Placas XLD para presença/ausência de crescimento de S. enteritides em diferentes concentrações de PEC</u>	<u>63</u>
<u>Figura 8. Placas XLD para presença/ausência de crescimento de S. enteritides em diferentes concentrações do Revestimento comestível</u>	<u>64</u>
<u>Figura 9. Gráficos de tamanho de partícula e índice de polidispersão do revestimento comestível, composto de PEC e extrato fitoquímico em solução etanólica á 50%.....</u>	<u>65</u>
<u>Figura 10. Análise estatística dos valores de pH no melão revestido e não revestido (controle) durante o armazenamento a $10 \pm 2^\circ \text{C}$</u>	<u>66</u>
<u>Figura 11. Análise estatística dos valores de acidez total pelo tempo de armazenamento a $10 \pm 2^\circ \text{C}$.....</u>	<u>67</u>
<u>Figura 12. Análise estatística dos valores de Sólidos Solúveis no melão revestido e não revestido (controle) durante o armazenamento a $10 \pm 2^\circ \text{C}$..</u>	<u>68</u>
<u>Figura 13. Análise estatística dos valores para relação de Sólidos Solúveis e Acidez Total pelo tempo de armazenamento a $10 \pm 2^\circ \text{C}$.</u>	<u>69</u>
<u>Figura 14. Análise estatística dos valores de Firmeza no melão revestido e não revestido (controle) durante o armazenamento a $10 \pm 2^\circ \text{C}$.</u>	<u>70</u>
<u>Figura 15. Análise estatística dos valores de luminosidade no melão revestido e não revestido (controle) durante o armazenamento a $10 \pm 2^\circ \text{C}$.....</u>	<u>71</u>
<u>Figura 16. Análise estatística dos valores de croma no melão revestido e controle durante o armazenamento a $10 \pm 2^\circ \text{C}$.....</u>	<u>72</u>
<u>Figura 17. Análise estatística dos valores do ângulo hue no melão revestido e controle durante o armazenamento a $10 \pm 2^\circ \text{C}$.....</u>	<u>73</u>

<u>Figura 18. Análise estatística dos valores de a* no melão revestido e controle durante o armazenamento a 10 ± 2 °C</u>	<u>74</u>
<u>Figura 19. Análise estatística dos valores de b* no melão revestido e controle durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.</u>	<u>75</u>
<u>Figura 20. Análise estatística dos valores de perda de peso no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.....</u>	<u>76</u>
<u>Figura 21. Análise estatística dos valores de vitamina c no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.....</u>	<u>77</u>
<u>Figura 22. Análise estatística dos valores de Flavonóides amarelos no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.....</u>	<u>79</u>
<u>Figura 23. Análise estatística dos valores de Antocianinas no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.....</u>	<u>79</u>
<u>Figura 24. Análise estatística dos valores de ABTS no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.....</u>	<u>80</u>
<u>Figura 25. Análise estatística dos valores de ABTS no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.....</u>	<u>81</u>
<u>Figura 26. Análise estatística dos valores de Licopeno no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.....</u>	<u>82</u>
<u>Figura 27. Análise estatística dos valores de β-Caroteno pelo tempo de armazenamento a 10 ± 2 °C.....</u>	<u>82</u>
<u>Figura 28. Média dos valores de contagem para mesófilos no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 37 °C.....</u>	<u>84</u>
<u>Figura 29. Média dos valores de contagem para psicotróficos nos melões controle e revestido durante o armazenamento a 6 °C</u>	<u>85</u>
<u>Figura 30. Média dos valores de contagem para bolores no melão sem revestimento (controle) e com revestimento durante o armazenamento a 25 °C</u>	<u>86</u>
<u>Figura 31. Média dos valores de contagem para leveduras no melão sem revestimento (controle) e com revestimento durante o armazenamento a 25 °C.</u>	<u>86</u>
<u>Figura 32. Média dos valores de contagem para bactérias lácticas no melão sem revestimento (controle) e com revestimento durante o armazenamento a 37 °C.....</u>	<u>87</u>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características dos principais microrganismos causadores de doenças de origem alimentar no Brasil	29
Tabela 2. Material utilizado e ação destes em revestimentos comestíveis de frutas e legumes	35
Tabela 3. Estudos das condições ideais de tempo e velocidade extração dos compostos bioativos dos subprodutos do processamento da acerola considerando conteúdos de vitamina C, Polifenóis Extraíveis Totais (PET) e Atividade Antioxidante Total (AAT).	56
Tabela 4. Estudos de extração dos compostos bioativos dos subprodutos do processamento da acerola utilizando como solventes extratores água destilada e soluções etanólicas nas concentrações de 50 e 25%, e álcool P.A nas concentrações amostra/solvente extrator (m/v) 250.000, 166.667, 125.000, 100.000, 66.667 e 50.000 ppm	58
Tabela 5. Leitura da absorvância para <i>Listeria innocua</i> (ATCC 33090) em caldo BHI para determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) do extrato dos subprodutos, do PEC e do Revestimento comestível obtido.....	61
Tabela 6. Leitura da absorvância para <i>Salmonella enteritides</i> (IAL 1132) em caldo TSA para determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM), do extrato dos subprodutos, do PEC e do Revestimento comestível obtido.....	62
Tabela 7. Coeficiente de correlação de Pearson entre as análises de compostos bioativos, compreendidos por Licopeno, B- Caroteno, ABTS, Polifenóis, Vitamina C, Flavonóides e Antocianinas, avaliados durante 12 dias de armazenamento e 2 tratamentos	83
Tabela 8. Coeficiente de correlação de Pearson para os parâmetros de físicos e físico-químicos (Acidez, Brix, Ratio, pH e Firmeza), avaliados durante 12 dias de armazenamento e 2 tratamentos	88
Tabela 9. Coeficiente de correlação de Pearson entre antocianinas e cor a*, avaliados durante 12 dias de armazenamento e 2 tratamentos.....	88
Tabela 10. Coeficiente de correlação de Pearson entre as análises de cor, compreendidos por L*, C*, H*, a* e b*, avaliados durante 12 dias de armazenamento e 2 tratamentos.....	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS ^{**}	[2,2'-azino-bis-(ácido 3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico)]
DFI	2,6 dicloro-fenol indofenol
GAE	Ácido gálico equivalente
Trolox	2-ácido carboxílico-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano
GC	Goma de Cajueiro
PEC	Complexo Polietrolítico, do inglês, <i>polyelectrolyte complexes</i>
FCFV	Frutas e hortaliças minimamente processadas, do inglês, <i>fresh-cut fruit and vegetables</i> ,
CIM	Concentração Inibitória Mínima
CBM	Concentração Bactericida Mínima
CNPAT	Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical
BOD	Demanda biológica de oxigênio, do inglês, <i>Biochemical oxygen demand</i> .
TSB	Peptona Caseína de Soja, do inglês, <i>Tryptocase Soy Broth</i>
BHI	Ágar de Infusão de Cérebro-Coração, do inglês, <i>Brain Heart Infusion</i>
TEAC	capacidade antioxidante equivalente ao Trolox
PVC	Policloreto de vinila

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1. Aspectos Culturais do Melão	22
2.2. Produção de Melão	24
2.3. Atributos de qualidade e compostos bioativos do melão	25
2.4. Processamento Mínimo de Frutas.....	26
2.5. Goma de Cajueiro.....	30
2.6. Quitosana.....	30
2.7. Revestimentos Comestíveis	34
2.7.1. Complexos Polieletrólitos (PEC).	36
2.8. Subprodutos agroindustriais	37
2.9. Nanotecnologia.....	38
3. OBJETIVOS	41
3.1. Objetivo Geral	41
3.2. Objetivos Específicos.....	41
4. MATERIAL E MÉTODOS	42
4.1. Material	42
4.1.1. Melão	42
4.1.2. Subprodutos do processamento industrial da acerola	42
4.1.3. Quitosana.....	42
4.1.4. Resina de cajueiro.....	42
4.1.5. Culturas microbiológicas	43
4.2. Métodos	43
4.2.1. Extração de compostos bioativos de subprodutos do processamento industrial da acerola (<i>Malpighia emarginata</i> D.C.)	43
4.2.2. Obtenção da Goma de Cajueiro purificada	44
4.2.3. Preparação do Revestimento Comestível (PEC de goma de cajueiro e quitosana) e síntese de cápsulas dos Compostos Bioativos extraídos de Subprodutos do processamento industrial da acerola.....	44
4.2.4. Determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM) do revestimento (PEC), extrato e revestimento comestível.	45
4.2.5. Caracterização das Nanopartículas	46
4.2.5.1. Tamanho e distribuição de partícula	46
4.2.6. Processamento Mínimo do Melão (MMP).....	47
4.2.7. Aplicação do revestimento comestível obtido em melão minimamente processado	47
4.2.8. Análises Físicas e Físico-Químicas	48
4.2.8.1. Cor	48
4.2.8.2. pH.....	48
4.2.8.3. Firmeza	49
4.2.8.4. Perda de massa	49

4.2.8.5. Sólidos Solúveis (SS).....	49
4.2.8.6. Acidez Total (AT)	49
4.2.8.7. Relação Sólidos Solúveis/ Acidez Total (SS/AT).....	49
4.2.9. Análise de Compostos Bioativos.....	50
4.2.9.1. Vitamina C	50
4.2.9.2. Antocianinas Totais e Flavonóides amarelos	50
4.2.9.3. Atividade Antioxidante Total (AAT) e Polifenóis Extraíveis Totais (PET)	50
4.2.9.3.1. Obtenção do Extrato	51
4.2.9.3.2. Determinação da Atividade Antioxidante Total (ATT) pela captura do Radical Livre (ABTS+)	51
4.2.9.3.3. Determinação dos Polifenóis Extraíveis Totais (PET)	52
4.2.10. Carotenóides Totais (Licopeno e β -Caroteno)	52
4.2.11. Análises microbiológicas de deteriorantes e patógenos.....	53
4.2.11.1. Mesófilos	53
4.2.11.2. Psicotróficos	53
4.2.11.3. Bactérias Lácticas.....	53
4.2.11.4. Bolores e Leveduras	54
4.2.11.5. Detecção da presença de <i>Listeria monocytogenes</i>	54
4.2.12.5.1. Pré-enriquecimento, Enriquecimento seletivo e Isolamento	54
4.2.11.6. Detecção da presença de <i>Salmonella</i>	54
4.2.11.6.1 Pré-enriquecimento, Enriquecimento seletivo e Isolamento	54
4.2.12. Análise estatística.....	55
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
5.1. Estudos de extração e quantificação de compostos bioativos de subprodutos agroindustriais de acerola.....	56
5.2. Concentração Inibitória Mínima (MIC) e Concentração Bactericida Mínima (MBC)	60
5.3. Tamanho e distribuição de partícula	65
5.4. Caracterização Física e Fisico-química de melões revestidos com Revestimento Comestível	66
5.4.1. pH e acidez titulável	66
5.4.2. Sólidos Solúveis (SS).....	68
5.4.3. Relação Sólidos Solúveis / Acidez Titulável Total (SS/AT)	69
5.4.4 Firmeza.....	70
5.4.5. Cor	71
5.4.5.1. Luminosidade (L*)	71
5.4.5.2. Cromo (C*).....	72
5.4.5.3. Valor do ângulo hue (h*)	73
5.4.5.4. Valor de a*	73
5.4.5.5. Valor de b*	74
5.4.6. Perda de Massa	75
5.5. Compostos bioativos e atividade antioxidante total	76
5.5.1. Vitamina C	76
5.5.2. Flavonóides Amarelos	77

5.5.3. Antocianinas Totais	78
5.5.4. Atividade Antioxidante Total (ABTS+).....	79
5.5.5. Polifenóis Solúveis Totais.....	80
5.5.6. Licopeno e β - Caroteno	81
5.6. Análises Microbiológicas de microrganismos deteriorantes	83
5.6.1. Mesófilos.....	84
5.6.2. Psicotróficos	85
5.6.3. Bolores e Leveduras.....	85
5.6.4. Bactérias lácticas	87
5.7. Análises Microbiológicas de microrganismos patogênicos	88
5.7.1. Detecção da presença de <i>Listeria monocytogenes</i>	88
5.7.2. Detecção da presença de <i>Salmonella ssp</i>	92
5.8. Análises de Correlações	88
6. CONCLUSÃO.....	90
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil é responsável por uma significativa parcela da produção nacional de melão (*Cucumis melo* L.), sendo o Estado do Ceará um dos principais produtores desse fruto.

O consumo de frutas e dos seus produtos processados estão aumentando em todo o mundo devido à melhorias nas técnicas de preservação, no transporte, nos sistemas de marketing e na sensibilização dos consumidores para os benefícios em relação à saúde. As frutas tropicais são ricas em compostos bioativos, como compostos fenólicos, carotenóides, vitaminas e fibras alimentares.

O segmento de produtos minimamente processados tem crescido exponencialmente nos últimos anos. Entretanto, injúrias físicas sofridas a esses produtos propicia um ambiente favorável para a proliferação de microrganismos deteriorantes e patógenos ocasionando relevantes perdas econômicas em função do comprometimento da qualidade do produto, consequência de reações bioquímicas que resultam em alterações de atributos como cor, textura e *flavour*, reduzindo a vida útil dos mesmos.

Para que hortaliças e frutas minimamente processadas permaneçam com qualidade e sanidade, é necessário um processamento que envolva cuidados com a lavagem, corte, acondicionamento e sanitização (IFPA, 2012).

Muitas estratégias para a preservação dos produtos hortícolas frescos e processados têm sido utilizadas como a refrigeração, atmosfera modificada e, recentemente, diversos tratamentos físicos, conhecidos como tecnologias emergentes: Radiação ionizante, alta pressão hidrostática, luz ultravioleta, luz pulsada e ultrassom. A demanda crescente de alimentos minimamente processados seguros e com características nutricionais conservadas, e ainda que respeitem as exigências ambientais, obrigam as indústrias alimentares a adaptarem-se as novas técnicas de produção em conjunto com a demanda de mercado. Ainda sim, há muito que fazer para a obtenção de equipamentos e mão-de-obra especializada que viabilize a implantação destas tecnologias emergentes em escala industrial.

Tem sido observado um crescente interesse no uso de substâncias naturais para prevenir o crescimento de microrganismos, tanto patogênicos quanto deteriorantes, para assegurar a manutenção da qualidade e segurança de frutas e hortaliças minimamente processadas.

A aplicação de revestimentos para a proteção e preservação de alimentos está ganhando importância nos últimos tempos, sendo um dos mais simples e inovadores métodos para estender a vida de prateleira de produtos frescos e minimamente processados, uma vez que, entre outros mecanismos, o revestimento atua como uma barreira de resistência ao vapor d'água e transmissão de gases, oxidação lipídica e perdas de aroma e *flavour*, desempenhando um efeito muito superior às vantagens do emprego de polímeros sintéticos.

A embalagem passa a ter uma função muito além da proteção, ela atua também como uma embalagem ativa ou inteligente, na qual a interação com o alimento será definida pelas necessidades do consumidor e da indústria. Revestimentos comestíveis podem ser uma alternativa rentável no setor de embalagem de atmosfera modificada, uma vez que eles auxiliam na prevenção de danos físicos, na melhoria da aparência, e na redução da microbiota (CAMPOS *et al.*, 2011; FRANSSEN; KROCHTA, 2003; VARGAS *et al.*, 2008). Geralmente, os revestimentos comestíveis consistem em um biopolímero formador de película com potencial de carrear ingredientes funcionais que pode melhorar o aroma, a capacidade antioxidante e antimicrobiana.

De acordo com De Paula *et al.* (2010), o material empregado na obtenção do revestimento pode sofrer ações biológicas agindo sobre o fruto após a sua deterioração, modificando a sua composição e segurança. A biodeterioração sobre os materiais, causado pela atividade vital dos microrganismos, provoca alterações indesejáveis de ordens físicas e químicas. Estas podem variar de acordo com a fixação do microrganismo sobre o revestimento e os parâmetros intrínsecos e extrínsecos necessários para seu crescimento. Campos *et al.* (2011), afirmam que frutas minimamente processadas enfrenta alguns problemas técnicos relacionados com a adesão difícil de materiais à superfície hidrofílica da fruta cortada, a degradação do composto antimicrobiano ou taxas de difusão inadequada.

A utilização de polissacarídeos na produção destes revestimentos para o emprego em alimentos, principalmente frutos e hortaliças, já está sendo aplicado há tempos. Porém, quanto à Goma de Cajueiro (GC), ainda apresentam-se poucos trabalhos referentes à sua aplicação alimentar, mesmo esta apresentando grandes vantagens na sua empregabilidade. A GC é uma substância aniônica que possui propriedades semelhantes à goma arábica, podendo ser empregada como agente encapsulante em sistemas de liberação de princípios ativos com aplicações variadas nas indústrias de alimentos, médica, farmacêutica e na agricultura (PAULA *et al.*, 2010).

Devido a solubilidade em água da goma de cajueiro, a obtenção de um Complexo Polietrolítico (do inglês, *polyelectrolyte complexes*, PEC), com o acréscimo de quitosana, para fins de revestimento, minimiza a propriedade indesejável da fácil remoção da Goma de Cajueiro (GC), uma vez que a quitosana é um polímero insolúvel em água, sendo solúvel em ácidos orgânicos, com uso frequente do ácido acético a 0,1 M ou 1. A quitosana apresenta propriedades estruturais decorrentes do grau de desacetilação, distribuição do grupamento acetil em sua cadeia e seu peso molecular, que respondem por sua insolubilidade em água e conseqüentemente por ter preferência no emprego em PEC's.

Devido às suas propriedades estruturais, a quitosana proporciona barreira a gases, redução de perdas de água, inibição da deterioração microbiana e quelação de metais, ações de extrema importância em um revestimento.

A indústria de transformação de frutos enfrenta uma grande dificuldade relacionada à porcentagem de seus subprodutos como cascas, sementes e polpas não utilizadas, geradas nas diferentes etapas das cadeias de processamento. Na maioria dos casos, os subprodutos desperdiçados podem apresentar conteúdo semelhante ou até mais altos de compostos bioativos do que o produto final (AYALA-ZAVALA *et al.*, 2011).

Estes subprodutos contêm quantidades elevadas de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes e antimicrobianas relevantes (SHRIKHANDE, 2000; TUCHILA *et al.*, 2008). Além do mais, investigações têm comprovado que os compostos bioativos, extraídos a partir de subprodutos de frutas poderiam ser usados como aditivos naturais para enriquecer a capacidade antioxidante, oferecendo adicionalmente proteção antimicrobiana natural para produtos derivados. Adicionalmente, vários estudos têm mostrado que o conteúdo de fitoquímicos é maior na casca e sementes com relação aos tecidos comestíveis (AYALA-ZAVALA *et al.*, 2011).

O estudo dos subprodutos poderá condicionar as indústrias de processamento de frutas à plena utilização destes e, dessa forma, levar ao desenvolvimento de um agronegócio de menores índices de detritos, aumentando, conseqüentemente, a rentabilidade industrial através de processos operacionais ecologicamente amigáveis.

A importância da aplicação da nanotecnologia na criação de revestimentos com biopolímeros adicionados de Subprodutos agroindustriais pode ser uma boa alternativa para controlar as condições nas quais o agente antimicrobiano deve ser liberado na superfície do produto, criando possibilidades para a melhoria da relação custo-benefício e, dessa forma, sendo possível garantir a segurança microbiológica do produto processado com negligíveis perdas de qualidade.

A matéria prima dos alimentos minimamente processados poderá estar contaminada com patogênicos como *Escherichia coli* 0157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, oocistos de *Cryptosporidium* e vírus *Norwalk*. (GOMBAS et al., 2003; HORBY et al., 2003).

A lógica é que, se essa tecnologia for aplicada apropriadamente, ela será uma estratégia para a inativação de patógenos em melão minimamente processado e por sua vez, poderá agregar novas possibilidades para o setor de hortícolas, cumprindo as exigências dos consumidores por produtos minimamente processados preservados naturalmente e enriquecidos com seus próprios subprodutos do processamento, de modo a garantir uma agregação de valor integral. Além disso, pode também ser indicada para garantir a qualidade e segurança microbiológica de uma ampla variedade de produtos de alto valor comercial, apresentando-se nutritivos, práticos e seguros para o consumidor.

Contudo, é escassa na literatura, estudos sobre o efeito antimicrobiano e/ou antioxidante destes subprodutos da agroindústria encapsulados em frutas minimamente processadas, ressaltado a originalidade desta proposta.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos culturais do Melão

O melão (*Cucumis melo* L.) pertencente à família das Cucurbitáceas, é uma planta anual, herbácea e diplóide ($2n = 2x = 24$ cromossomos), possuindo um sistema radicular superficial e praticamente sem raízes adventícias; apresenta baixa capacidade de regeneração quando danificado, com caule de crescimento rasteiro ou prostrado, e nós com gemas, sendo que dessas gemas desenvolvem-se gavinhas, folhas, novos caules ou ramificações (FONTES; PUIATTI, 2005).

Segundo Crisóstomo *et al.* (2002), existem nove variedades botânicas de melão, entretanto, no Nordeste brasileiro cultivam-se híbridos e variedades comerciais pertencentes a duas classes botânicas: *Cucumis melo* var. *inodorus* Naud. e *Cucumis melo* var. *cantalupensis* Naud. Para facilitar a comercialização, os melões ainda são agrupados numa classificação de acordo com o “tipo”, ou seja, com características semelhantes como, aspecto da casca, cor da polpa, cicatrizes, reticulação ou redilhamento, cor, formato do fruto, entre outros. A partir desta classificação são apresentados seis tipos de melões: Amarelo, Verde Espanhol, Gália, Cantaloupe, Charental e Orange Fresh (SIQUEIRA, 2007).

A planta requer temperaturas elevadas, associadas à alta luminosidade e baixa umidade, proporcionando as condições necessárias para a boa produtividade da cultura e para a obtenção de frutos de ótima qualidade (STIPP, 2000). O fruto é classificado como uma baga, com forma, tamanho e coloração variáveis, contendo de 200 a 600 sementes na cavidade central (Pedrosa, 1997) sendo a parte comestível derivada do pericarpo (PRATT, 1971).

O meloeiro (*Cucumis melo* var. *inodorus* Naud.) possui cultivares adaptadas a climas secos e quentes, como já divulgado, cujos frutos possuem casca lisa ou com estrias, de maturação tardia e boa capacidade pós-colheita. Os frutos são esféricos e possuem coloração amarela, branca ou verde escura. Entretanto, o melão *cantalupensis* inclui melões anteriormente classificados como os das variedades *reticulatos*, melões muito aromáticos, mais doces que os *inodorus*, porém de baixa conservação pós-colheita. Os frutos são de tamanho médio, com superfície reticulada, verrugosa ou escamosa, podendo apresentar gomos (costelas), e têm polpa de coloração alaranjada ou salmão, às vezes, verde (MENEZES *et al.*, 2001).

Os processos de maturação e amadurecimento dos frutos também envolvem complexas alterações fisiológicas e bioquímicas, como mudanças nos níveis hormonais, na atividade respiratória, na atividade enzimática, na organização celular, no amaciamento da polpa e no sabor, atribuídas à síntese de compostos aromáticos, ácidos orgânicos e açúcares solúveis. Todas essas alterações são dependentes do genótipo e das condições climáticas ambientais, principalmente durante as fases de maturação e amadurecimento dos frutos de melão (VILLANUEVA *et al.*, 2004).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), existem alguns índices denominados físicos e químicos, que se referem às transformações morfológicas pelas quais os frutos passam durante o seu desenvolvimento, que podem auxiliar na determinação do ponto de maturação dos mesmos. Os caracteres físicos dos frutos referentes à aparência externa, tamanho, forma e cor da casca e as características físico-químicas relacionadas ao sabor, odor, textura e valor nutritivo, constituem atributos de qualidade à comercialização e utilização da polpa na elaboração de produtos industrializados. Quanto a caracterização química, o pH, a acidez titulável total (ATT) e sólidos solúveis totais (SST) são parâmetros indicadores do ponto de colheita, uma vez que próximo a fase de maturação dos frutos, no caso do melão, o conteúdo de SST aumenta, o pH varia pouco e a ATT apresenta uma rápida redução (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os mesmos autores ainda salientam que a identificação de materiais genéticos que, além de produtivos, garantem qualidade superior ao fruto para o aproveitamento industrial e/ou consumo in natura é de fundamental importância para formação de pomares. A importância desta seleção genética pode ser apresentada quanto a qualidade do produto e o período de conservação pós-colheita bem como adaptação agrônômica do material à região de cultivo.

Na conservação pós-colheita, a qualidade depende de características relacionadas à perda de massa, aparência externa, firmeza da polpa, entre outras. Os melões do tipo Amarelo podem ser conservados por até 35 dias em condições ambiente (20°C e 70% de Umidade Relativa) e por período superior a 35 dias em temperatura refrigerada de 10°C e 90% de Umidade Relativa (AROCHA *et al.*, 2009).

2.2. Produção de Melão

A agroindústria é, sem dúvida, um dos setores mais expressivo da economia brasileira. Apesar dos problemas econômicos enfrentados nos últimos anos, o agronegócio brasileiro passa por um período de grande transformação, tendo exercido a mais importante contribuição no desenvolvimento sócio-econômico do país. O meloeiro é de grande expressão econômica para a região semiárida do Nordeste brasileiro, onde é cultivada com alto nível tecnológico e a produção é destinada principalmente para exportação (SENHOR *et al.*, 2009).

Segundo Peroni (2003), o valor de um produto hortícola pode ser definido através de critérios de qualidade, que incluem características nutricionais (vitaminas, minerais, fibras, proteínas, teor de lipídios e carboidratos), higiênicas (qualidade microbiológica), o potencial de armazenamento e sensoriais (aparência, sabor e textura). Tais fatores são decisivos para o processo de exportação de tais produtos.

O melão da var. *inodorus* é o mais cultivado na região nordeste e em plena expansão estão os melões da var. *cantaloupensis*. Os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará são os maiores produtores e exportadores, as regiões produtoras estão localizadas no Agropólo Mossoró-Assu (RN) e Baixo Jaguaribe (CE). Os referidos estados produziram no período de agosto de 2011 a janeiro de 2012, mais de 37 milhões de toneladas por ano, totalizando uma receita de 45 milhões de reais, respondendo por 64,86% das exportações nacionais (BRASIL, 2012a). O cultivo do melão na safra de 2010, considerando as regiões do Vale São Francisco (BA/PE), Chapada do Apodi (RN) e Baixo Jaguaribe (CE), totalizou 12,5 mil hectares, 5,4% maior que a de 2009 (JULIÃO, 2011).

O Brasil é um dos três maiores produtores mundiais de frutas, no entanto exporta pouco mais de 2% de sua produção de frutas *in natura* (IBRAF, 2011).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (Food and Agriculture Organization – FAO) em 2010 o Brasil foi o segundo maior exportador de melão, ficando atrás apenas da Espanha. Os principais estados produtores nacionais, Rio Grande do Norte e Ceará, responderam por 81,58% da produção nacional (AGRIANUAL, 2010). Porém, quando comparado a outras culturas, o melão cultivado no Nordeste brasileiro tem o ciclo mais curto. O intervalo entre o plantio e a colheita é, em média, de 60 a 65 dias, enquanto que na Espanha, um dos principais concorrentes do Brasil, o ciclo dura entre 120 e 149 dias (FILGUEIRAS *et al.*, 2000).

Existe um excedente de 23 bilhões de dólares no comércio exterior de produtos agrícolas. Em 2011, a exportação de melão atingiu a cifra de US\$ 772.740 Free On Board (FOB), com um volume de 1.080,26 toneladas, foi a segunda fruta brasileira mais exportada em 2011 (SECEX/MDIC, 2012).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as estimativas nacionais de perdas pós-colheita para o melão, estão associadas a doenças parasitárias, desordens fisiológicas, injúrias mecânicas e hiper amadurecimento, respondem por cerca de 75% das perdas. Assim, diversas técnicas na produção de frutas e derivados tem sido motivo de pesquisas objetivando produtos ou matérias-primas de boa qualidade, gerando divisas por meio de exportações de produtos agroindustriais com valor agregado, obtidos através de tecnologias de processamento com atenção voltada à constante modernização da infra-estrutura, para não apenas exportar *commodities*, mas, principalmente, produtos de qualidade e segurança e, dessa forma, contribuir para a geração de trabalho, emprego, serviço e renda no próprio país.

2.3. Atributos de qualidade e compostos bioativos do melão

A qualidade pós-colheita pode ser definida como um conjunto de características que permitem diferenciar um produto de outro e que tem influência na determinação do grau de aceitação pelo consumidor. Dentre estes componentes devem ser considerados uma série de fatores, alguns dos quais são subjetivos, ou seja, são percebidos e não podem ser medidos (sabor, aroma, etc.) e outros, porém, são mensuráveis e, portanto, objetivos (conteúdo de açúcar, acidez, concentração de polifenóis, antioxidantes, vitaminas, e outros), com os quais devem ser realizadas associações ou observadas relações para um melhor entendimento das transformações que ocorrem, e que afetam ou não a qualidade do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Dentre os fatores mensuráveis, como citado, tem-se os compostos bioativos, cuja maioria possui capacidade antioxidante, sendo que o somatório desses potenciais confere a capacidade antioxidante total. Além disso, os compostos antioxidantes presentes nas frutas e hortaliças podem produzir sinergismo ou inibição entre si. Por isso, torna-se interessante, além de avaliar as moléculas isoladamente, estudar o potencial no contexto mais complexo, ou seja, extratos totais obtidos das frutas (ROMBALDI *et al.*, 2006).

Wolbang *et al.* (2010) trabalhando com diferentes cultivares de melão Honeydew relataram que melões de polpa alaranjada possuíam níveis mais elevados de β -

caroteno e de Atividade Antioxidante pelo método FRAP do que qualquer um melão verde ou de polpa branca. Contudo, é importante salientar, que a qualidade do melão é complexa, pois depende de vários fatores agrônômicos tais como: escolha do local de plantio, preparo do solo, cultivar, condições climáticas, épocas e cuidados no plantio, manejo e tratamentos culturais, densidade de plantio, adubação, assim como das tecnologias de colheita e pós-colheita (MENEZES *et al.*, 2000).

Segundo Prado (2009), a maior atividade antioxidante observada dentro de uma variedade de frutos climatéricos e não climatéricos, foi para a acerola ($788 \pm 55 \mu\text{M}$ trolox/g de polpa seca), cujo valor foi muito maior em comparação com os demais e quase cento e vinte vezes maior em comparação com o valor do melão ($6,7 \mu\text{M}$ trolox/g de polpa seca), menor valor dentre as frutas analisadas.

Quanto aos melões do tipo Cantaloupe, todos os híbridos do tipo Amarelo apresentaram teor de polifenóis totais abaixo da média geral ($0,14 \text{ g GAE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ base fresca), variando de $0,11$ a $0,13 \text{ g GAE} \cdot 100\text{g}^{-1}$ polpa base fresca segundo BARRETO, 2011.

Para vários autores a qualidade do melão está fortemente relacionada com o conteúdo de sólidos solúveis totais (MIGUEL *et al.*, 2008; SEYMOUR e MCGLASSON, 1993). De acordo com Sales Júnior *et al.* (2006) o valor mínimo recomendado para os frutos de melão comercializados para a Europa é de 10°Brix .

Para a exportação dos frutos, a firmeza da polpa, é um parâmetro físico de relevante importância e está relacionada com a solubilização de substâncias pectínicas e, quando em grande quantidade, conferem textura macia aos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Em melão, ocorre o amaciamento da polpa durante o amadurecimento e o armazenamento, sendo esse processo de especial interesse, pois melões mais firmes garantem maior resistência ao transporte e armazenamento (MEDEIROS *et al.*, 2001).

O peso do fruto é outro atributo físico de qualidade. Na comercialização é utilizado como padrão de classificação, definido pelo mercado ao qual o fruto se destina, uma vez que ocasionada principalmente pela transpiração, é um fator de prejuízo, já que o fruto é comercializado por unidade de peso (PEREIRA, 1997).

2.4. Processamento Mínimo de Frutas

As mudanças ocorridas nos setores econômico, social e tecnológico requerem do mercado maior oferta por produtos alimentícios ditos de conveniência, ou seja, prontos

para o consumo. A tendência também é por produtos saborosos, práticos, mas ao mesmo tempo nutritivos e preferencialmente saudáveis, sem aditivos e que lembrem ao máximo o produto elaborado na hora em casa. Neste contexto, justifica-se o aumento do consumo de frutas e hortaliças, seja *in natura*, pré-processado ou processado, por sua riqueza nutricional.

O processamento mínimo de frutas e hortaliças é uma tendência de mercado e, atualmente, se encontra em franca expansão. Os produtos que passam por esse tipo de processo tornam-se convenientes pela redução do tempo de preparo, melhor padronização e redução de perdas pós-colheita (RUSSO, 2012). A Associação Internacional dos Produtores de Minimamente Processados (IFPA) define produto minimamente processado como frutas ou hortaliças, ou combinação destas, que passam por um processo de seleção, lavagem e tenham sido fisicamente alteradas através de operações de descascamento e/ou corte até chegarem a um produto 100% aproveitável, o qual é embalado a fim de oferecer aos consumidores frescor, conveniência e qualidade nutricional (LAMIKANRA, 2002).

É bem conhecido que as frutas e hortaliças minimamente processadas (do inglês, *fresh-cut fruit and vegetables*, FCFV) são susceptíveis a perder rapidamente sua qualidade após o processamento, devido a alterações físicas com consequentes reações bioquímicas associadas com a resposta à injúria, podendo resultar na degradação dos atributos de cor, textura e *flavour* dos produtos (VAROUQUAUX; WILEY, 1994). Segundo Toivonen e Brummell (2008), a perda da textura desejável e mudanças na cor são problemas complexos para a manutenção da qualidade dos FCFV, embora consistam em mecanismos bioquímicos não totalmente esclarecidos.

As hortaliças minimamente processadas são mais perecíveis do que seus similares intactos, o que se traduz em maior perda d'água, maior taxa respiratória e alterações bioquímicas e fisiológicas mais intensas (MORETTI; PUSCHMANN, 2006). As perdas de qualidade dos FCFV, devido à desestruturação dos tecidos em decorrência do processamento mínimo, propiciam a redução da resistência dos tecidos ao ataque microbiano, uma vez que as células injuriadas após o processamento liberam fluidos celulares criando desse modo, um ambiente apropriado ao crescimento microbiano, sendo alguns microrganismos potencialmente danosos para a saúde pública (BAI *et al.*, 2008).

Recentemente, muita atenção tem sido focada na segurança microbiológica das frutas e hortaliças, resultando no aumento de investigações relacionadas à eficácia de diferentes métodos de intervenção no combate aos microrganismos patogênicos dos

produtos vegetais frescos (MARTINEZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2006). De acordo com Han (2006), o número de bactérias de origem alimentar reconhecida como patogênicas está crescendo.

A qualidade microbiológica de frutas e hortaliças minimamente processadas é particularmente crítica dada a sua exposição durante o processo de corte, o que pode causar contaminação por bactérias, fungos e leveduras. A microbiota comumente encontrada em frutas e hortaliças consiste em *Pseudomonas* spp, *Erwinia herbicola*, *Enterobacter agglomerans*, bactérias lácticas, bolores e leveduras (Busta *et al.*, 2003). Com relação à microflora deteriorante os bolores são os microrganismos mais importantes, pois causam o desperdício das frutas minimamente processadas, cuja ação, devido as condições ácidas, tendem a suprimir o crescimento bacteriano (FRAZIER; WESTHOFF, 1993). Contudo, a maioria dos surtos notificados tem sido associada com a contaminação bacteriana, particularmente por membros da família Enterobacteriaceae. Os vírus envolvidos nos surtos têm um reservatório humano (*Norwalk-like* e Hepatite A) e pode ser associado com produtos íntegros frescos em contato com o solo e/ou água. Surtos ligados à protozoários (*Cryptosporidium*, *Cyclospora*, *Giardia*) estão mais associados com as frutas do que com as hortaliças (BUSTA *et al.*, 2003). Protozoários e vírus estão mais frequentemente associados com a água contaminada ou manipuladores de alimentos podendo ser transmitidos aos produtos minimamente processados durante o cultivo, refrigeração, colheita, armazenamento e processamento mínimo, comprometendo a saúde do consumidor (GARRETT *et al.*, 2003). Desse modo, o risco microbiológico é um dos fatores de maior importância que afeta a qualidade e segurança das frutas minimamente processadas.

As Doenças Transmitidas por Alimento (DTA's), de origem biológica, ou seja, por microrganismos, vêm aumentando de modo significativo, mesmo em países desenvolvidos. Grande parte das doenças de origem alimentar, ocorridas nos países latinos americanos, é causada pelo consumo de alimentos contaminados por microrganismos patogênicos e, no Brasil a maioria destas doenças são causadas, principalmente, por *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum* e *Escherichia coli* (FEITOSA *et al.*, 2003). Na Tabela 1 estão contidas as principais manifestações clínicas das DTA's mais comuns, e quais os alimentos envolvidos.

Tabela 1. Características dos principais microrganismos causadores de doenças de origem alimentar no Brasil.

Microrganismos	Manifestação após a ingestão	Sinais e Sintomas	Duração	Alimentos envolvidos
<i>Bacillus cereus</i>	10 - 16 h	Cólicas abdominais, diarreia aquosa e náusea.	24 - 48 h	Carnes, ensopados e molhos
<i>Clostridium botulinum</i>	12 - 72 h	Vômito, diarreia, visão dupla, dificuldade de engolir, fraqueza muscular. Pode resultar em parada respiratória e morte.	Variável	Alimentos inadequadamente enlatados, em especial vegetais em conservas caseiras, peixe fermentado, batatas assadas em papel alumínio.
<i>Clostridium perfringens</i>	8 - 16 h	Cólicas abdominais intensas e diarreia aquosa.	24 h	Carnes, aves, molhos, alimentos secos
<i>Escherichia coli</i>	1 - 3 dias	Diarreia aquosa, cólicas abdominais e vômitos.	3 - 7 dias	Água ou comida contaminada com fezes humanas.
<i>Salmonella</i>	6 - 48 h	Diarreia, febre, cólica abdominal, vômitos.	4 - 7 dias	Ovos, aves, carne, leite cru, queijo, frutas e vegetais crus contaminados.
<i>Staphylococcus aureus</i>	1 - 6 h	Aparecimento súbito de náuseas e vômitos. Cólicas abdominais; Diarreia e febre podem estar presentes.	24 - 48 h	Carnes sem refrigeração, ou mal refrigeradas, ovos, saladas, queijos, cremes e salames.

Fonte: U. S. FDA, 2014 (traduzida e adaptada).

Nos Estados Unidos da América o Centro de Controle e Prevenção de Doenças (Center for Disease Control and Prevention - CDC) estima que 76 milhões de pessoas sejam infectados a cada ano, o que provoca 325.000 hospitalizações, tornando-se fatal aproximadamente 9.000 casos (CASTELL-PEREZ *et al.*, 2004).

A diversificação do mercado dos FCFV torna esses produtos mais susceptíveis a sofrerem impactos no aspecto da segurança, em especial no crescente mercado varejista e de serviços de alimentação, uma vez que existem muitos passos no processo de distribuição, desse modo, aumentando em potencial a possibilidade de contaminação. Diante disso, novas técnicas para a manutenção da qualidade e inibição do indesejável crescimento microbiano estão em demanda em todos os passos da produção e cadeia de distribuição desses produtos, pois muitos microrganismos podem sobreviver na presença dos mais recentes métodos efetivos de controles (CASTELL-PEREZ *et al.*, 2004).

Os significantes aumentos dos surtos das DTA's demonstram que as tecnologias tradicionais de preservação e guias de medidas de prevenção não são, ainda, suficientes para obtenção de alimentos frescos seguros (FDA, 2007). Doenças causadas pelo consumo de alimentos contaminados com microrganismos patogênicos tais como, a *Listeria monocytogenes* tem um alto impacto econômico na saúde pública mundial (GANDHI; CHIKINDAS, 2007). *Listeria monocytogenes* é uma bactéria patogênica, aeróbia, Gram positiva não esporulada. Pode provocar doenças, como a listeriose, que pode apresentar como incubação um período compreendido entre 5 a 30 dias. Amplamente distribuída no meio ambiente, suas características fisiológicas como a resistência a ambientes ácidos e com cloreto de sódio, a capacidade de sobreviver por longos períodos em condições adversas, de criar biofilmes e aderir a superfícies, demonstram a importância da *L. monocytogenes*, principalmente para a indústria alimentar.

Com o aumento do conhecimento sobre a eficácia e dos níveis de segurança toxicológica dos conservantes químicos e sintéticos, pesquisadores tem investigado continuamente o uso de técnicas alternativas de descontaminação para o controle de patógenos e microrganismos deteriorantes de alimentos (GUTIERREZ *et al.*, 2008a).

Uma recente abordagem para a inativação de microrganismos patogênicos em FCFV é a tecnologia de embalagens ativas naturais antimicrobianas. A embalagem antimicrobiana é um conceito inovador que pode ser definido como uma versão de embalagem ativa em que a embalagem, o produto e o ambiente interagem para estender a fase lag e/ou reduzir a taxa de crescimento dos microrganismos. Através dessa ação, a vida de prateleira do produto é prolongada, sendo preservadas a qualidade e segurança (SUPPAKUL *et al.*, 2003).

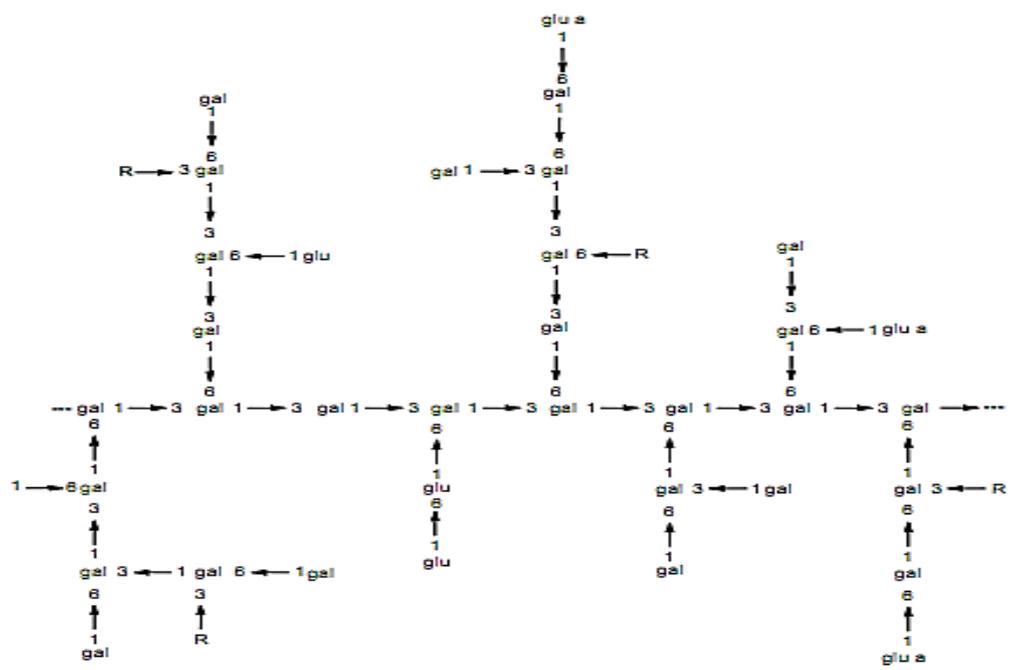
2.5. Goma de Cajueiro

A goma do cajueiro é um exsudato da planta adulta de *Anarcadium occidentale*, que pode ocorrer no tronco ou em seus ramos. As exsudações só ocorrem em plantas com idade superior a dois anos, raramente em árvores mais novas. A resina, como é conhecida, tem uma coloração que varia do amarelo ao castanho, de consistência dura, levemente perfumada, sabor acre e regularmente solúvel em água e insolúvel no álcool e nos demais solventes orgânicos (ROSENTHAL, 1951).

Quanto as suas propriedades químicas, é um heteropolissacarídeo constituído sobretudo de uma cadeia principal de galactose (72%), ligada por C-1 e C-3, com ramificações de galactose ligada por C-1 e C-6, D-glicose (14%), arabinose (4,6%), rhamnose (3,2%) e ácido glucurônico (4,7%) (Paula; Heatley, & Budd, 1998). Possui propriedades semelhantes à goma arábica, podendo ser empregada como agente encapsulante em sistemas de liberação de princípios ativos com aplicações variadas nas indústrias de alimentos, médica, farmacêutica e na agricultura. (PAULA *et al.*, 2010).

A goma de cajueiro possui características semelhantes à da goma arábica, podendo substituí-la como cola líquida para papel, na indústria farmacêutica, como aglutinante de cápsulas e comprimidos, em cosméticos e na indústria de alimentos como estabilizantes de suco, sorvete e cervejas (SARUBBO *et al.*, 2007). Ainda apresenta aplicações como espessantes para sucos e refrescos, emulsificantes para molhos e saladas, suporte para microcápsulas e ainda como agente depressor de minério (MOTHÉ, 2000). Outros autores reportam a utilização desta goma em diversas pesquisas e apresentam resultados terapêuticos satisfatórios, potencializando, em estudos preliminares, o processo de cicatrização de lesões cutâneas em camundongos (SCHIRATO *et al.*, 2003; PAIVA, 2003).

Figura 1. Representação esquemática da estrutura da goma do cajueiro.



Fonte: RODRIGUES; PAULA; COSTA, 1993.

A goma de cajueiro apresenta uma grande possibilidade de produção comercial. A área cultivada com cajueiro em 2006 era de 710.404 hectares (IBGE, 2011). A exsudação da goma é simples e pode ser obtida por fissuras, ou muitas vezes espontânea. Apresenta cor amarelada e com grande solubilidade em água. A produção média de goma/planta/ano é de 700g. Tomando em consideração que o adensamento médio é de 100 plantas/hectare, a possibilidade de produção da goma/ano seria de 50.000 toneladas, quantidade muito superior à importada de goma arábica, em 2008 (6.700 ton). Seria uma forma de agregar valor à cajucultura, desde que existisse mercado para a goma (Cunha *et al.*, 2009).

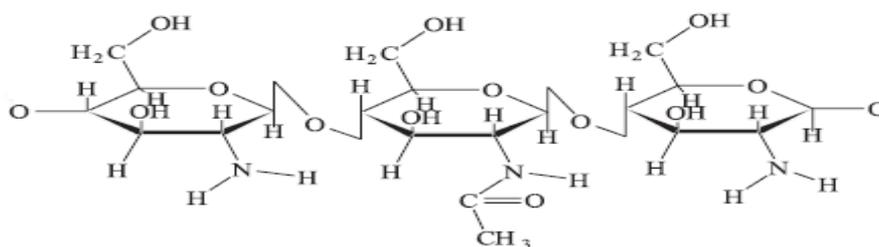
A purificação da GC, consiste basicamente em trituração, dissolução em água destilada, filtração a vácuo e precipitação com etanol comercial (96°GL) à razão etanol:goma de 3:1 (p/p). O precipitado é, então, drenado e deixado em placas de Petri para secar. A goma seca é triturada e passada em peneira de 212 µm de poro, produzindo um pó fino que consiste na Goma de Cajueiro Purificada (GCP) (TORQUATO *et al.*, 2004).

2.6. Quitosana

A quitosana é um produto natural, presente na carapaça de crustáceos, de baixo custo, renovável e biodegradável, de grande importância econômica e ambiental. As carapaças de crustáceos são resíduos abundantes e rejeitados pela indústria pesqueira, que em muitos casos as consideram poluentes. Sua utilização reduz o impacto ambiental causado pelo acúmulo nos locais onde é gerado ou estocado (GOOSEN, 1996).

Polissacarídeo de estrutura química molecular similar à celulose é um biopolímero catiônico e dispõe de grupamentos amina (NH_2), cuja estrutura é apresentada na figura 2. Solúvel em ácido sofre protonação do grupamento amino (NH_3^+) e melhora algumas de suas propriedades.

Figura 2. Representação esquemática da estrutura da quitosana.



As cargas catiônicas do polímero permitem a sua atração e ligação aos lipídios, e ao encontrar um ambiente ácido, como exemplo o estômago, adsorve a gordura durante a digestão como esponja, e no intestino (ambiente básico sequencial ao estômago durante a digestão de alimentos) esta esponja é solidificada e eliminada pelas fezes, impedindo o aproveitamento da gordura pelo organismo.

Outro benefício despendido pela quitosana é a atividade antimicrobiana. A morte celular pode ocorrer por vários mecanismos. Dependendo do seu peso molecular, a quitosana pode transpor membranas celulares, reagindo com o DNA e impedindo a síntese do RNA mensageiro, inibindo a atividade de enzimas e síntese protéica. A permeabilidade das membranas celulares, carregadas negativamente, leva a liberação de proteínas e substâncias intracelulares, à quitosana carregada positivamente leva a liberação de proteínas e substâncias intracelulares. Outro mecanismo apresenta uma ação quelante deste polímero com metais essenciais para o funcionamento celular. Porém, como observado, todos os mecanismos estão relacionados com as propriedades físico-químicas do polímero e as características da membrana dos microrganismos.

A massa molecular da quitosana, como observado no texto anterior, influencia diretamente nas suas propriedades, principalmente na solubilidade e na atividade antimicrobiana. A solubilidade é inversamente proporcional ao peso molecular, enquanto que o poder bactericida é diretamente proporcional.

Zheng e Zhu (2003) demonstraram que a atividade antimicrobiana contra bactérias gram-positivas aumenta quanto maior a massa molecular do polímero, enquanto que, para bactérias gram-negativas, quanto menor a massa molecular da quitosana, maior a atividade antimicrobiana. Esses resultados sugerem que os efeitos da quitosana são distintos nos dois tipos de bactérias: no caso das gram-positivas, a hipótese é que quitosana de alta massa molecular forma películas ao redor da célula que acabam por inibir a absorção de nutrientes, enquanto que quitosana de baixa massa molecular penetra mais facilmente em bactérias gram-negativas, causando distúrbios no metabolismo desses microrganismos (SILVA *et al*, 2006).

De acordo com o grau médio de acetilação (GA), parâmetro empregado para caracterizar o conteúdo médio de unidades *N*-acetil-*D*-glicosamina de quitina e quitosana, podem-se obter diversas quitosanas variando-se, assim, suas propriedades físico-químicas, como solubilidade, pKa e viscosidade (SINGLA e CHAWLA, 2001). Além disso, são estas propriedades que definem as propriedades de cada quitosana, como a ação antimicrobiana e fungicida diferentes para cada classe, componentes dos alimentos e suas interações, e de

efeitos biológicos como o efeito coagulante e cicatrizante, analgésico, hipocolesterolêmico, hipolipidêmico, auxílio na redução de peso, dentre outros.

2.7. Revestimentos Comestíveis

De acordo com o Código Americano de Regulamentação Federal (*USA Code of Federal Regulations*, CFR-FDA, 2003), revestimentos comestíveis são formulados com aditivos de natureza alimentar na quantidade necessária para realizar um efeito intencional. Existe uma enorme variedade de compostos que podem ser utilizados na formulação dos revestimentos comestíveis e sua escolha depende principalmente do objetivo da sua aplicação. Os principais componentes são polissacarídeos, proteínas e lipídios (VARGAS *et al.*, 2008). Além disso, os ingredientes têm que ser Geralmente Reconhecido como Seguro (GRAS) e listados no Código Federal Americano.

Os revestimentos comestíveis são usados comercialmente para reduzir a perda de umidade, prevenir danos físicos, melhorar a aparência do produto, além de carrear agentes antioxidantes, corantes, flavorizantes, nutrientes, temperos e inclusive substâncias antimicrobianas (MARTIN-BELLOSO *et al.*, 2005; FRANSSEN; KROCHTA, 2003). Estes revestimentos comestíveis são compostos de biopolímeros capazes de formar películas para a proteção das superfícies nos quais são aplicadas, os quais carregam substâncias e ingredientes funcionais, como os já citados. Além de todas as propriedades que estes polímeros apresentam decorrentes de sua natureza, a funcionalidade destes revestimentos pode ser expandida pela incorporação de diversas substâncias. As antimicrobianas, por exemplo, tem como finalidade preservar o alimento da invasão de microrganismos deteriorantes e patogênicos e, dessa forma, ampliar a vida de prateleira e garantir a segurança dos produtos (ROJAS-GRAU *et al.*, 2007).

De acordo com Du Plooy *et al.* (2009), os revestimentos comestíveis devem seguir requerimentos funcionais, os quais irão depender do tipo do produto a ser revestido e de seu metabolismo. Com relação às propriedades sensoriais, eles têm que ter transparência, ausência de sabor e odor, além de adequada permeabilidade ao vapor d'água e solutos e permeabilidade seletiva aos gases e compostos voláteis. Adicionalmente, o custo da tecnologia e da matéria-prima utilizadas obrigatoriamente deverá ser relativamente baixo.

Na Tabela 2 encontra-se uma descrição dos materiais empregados para revestimentos, principalmente de vegetais. Cada material possui uma ação que o destaca, sendo esta função a determinante para o emprego em revestimento.

Tabela 2. Material utilizado e ação destes em revestimentos comestíveis de frutas e legumes.

Recobrimento	Principal ação
Alginato	Redução das perdas de água
Caseína / Monoglicérido acetilado Monoglicérido de ácido graxo	Barreiras a gases, manutenção da cor
Amilose/ Amilopectina	Barreiras a gases, melhora da cor e da firmeza; ação antifúngica
Zeínas	Barreira a gases; redução de perdas de água, ação antimicrobiana e manutenção da firmeza
Pectina	Barreira a gases; ação antifúngica, manutenção da firmeza
Lipídios	Barreira a gases; redução de perdas de água
Carboximetilcelulose (CMC)	Barreira a gases; manutenção da cor
Albúmen do ovo	Manutenção da cor e redução do escurecimento
Proteína do soro do leite	Barreira a gases; redução de perdas de água; manutenção da cor
Proteína de soja	Barreira a gases; redução de perdas de água; manutenção da firmeza
Cera de carnaúba	Barreira a gases; redução de perdas de água; diminuição da desidratação superficial
Cera de abelhas	Barreira a gases; redução de perdas de água; diminuição da desidratação superficial
Quitosana	Ação antimicrobiana; manutenção da cor e redução do escurecimento
Goma xantana	Redução das perdas de água, diminuição da desidratação superficial
Carragenato	Redução de perdas de água

Fonte: ASSIS; BRITTO; FORATO; 2009.

O interesse em revestimentos comestíveis antimicrobianos tem aumentado recentemente devido ao aumento do consumo dos FCFV (ROJAS-GRAU *et al.*, 2007). Além disso, outras propriedades potenciais das aplicações de revestimentos comestíveis tem sido extensivamente estudadas em frutos minimamente processados (SERRANO *et*

al., 2006; GONZALEZ-AGUILAR *et al.*, 2009; TAPIA *et al.*, 2008; SANGSUWAN *et al.*, 2008; RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2008a; OMS-OLIU *et al.*, 2008).

O uso de revestimentos comestíveis está ganhando importância, uma vez que podem permitir a incorporação de aditivos naturais em quantidades inferiores, aumentando a sua eficácia, contribuindo assim para uma maior aceitação do consumidor (OMS-OLIU *et al.*, 2010). Os revestimentos são também um excelente veículo para aumentar o valor nutricional das frutas e produtos hortícolas contendo nutrientes básicos ausentes ou presentes em pequenas quantidades nesses alimentos (LIN; ZHAO, 2007). Entretanto, informações sobre a aplicação de revestimentos em frutos tropicais minimamente processados ainda são escassas (TAPIA *et al.*, 2008; RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2008b; GONZALEZ-AGUILAR *et al.*, 2009; CERQUEIRA *et al.*, 2009; ALI *et al.*, 2011).

A aplicação de revestimentos comestíveis em melão minimamente processado é imprescindível para a manutenção da qualidade e segurança desse produto, uma vez que os principais problemas que o torna altamente perecível são a perda de peso e de firmeza além de crescimento microbiano superficial devido às operações do processamento. Outras vantagens do revestimento, já apresentadas em textos anteriores, é o potencial no enriquecimento nutricional por introduzir nutrientes básicos ausentes nos produtos *in natura*, melhorando a oferta e aproveitando outras fontes ricas destes compostos, agregando assim valores à fruticultura.

2.7.1 Complexos Polieletrólíticos (PEC).

Revestimento comestíveis podem ser estruturados pela formação de complexos polieletrólíticos (PEC, *polyelectrolyte complexes*) e pela associação de polímeros através de atração eletrostática, pontes de hidrogênio, interações hidrofóbicas e demais interações.

O princípio fundamental para obter o PEC é permitir que cadeias de polieletrólitos de cargas opostas entrem em contato, de modo que, a força eletrostática entre eles irá combinar-se mutuamente. Este processo é controlado cineticamente e é tão rápido que partículas agregadas são formados em menos de cinco segundos e podem ser carregadas negativamente ou positivamente, dependendo das proporções de mistura de polieletrólitos de cada polímero componente do complexo (THUNEMANN *et al.*, 2004).

É possível modular as propriedades do PEC controlando a reação de complexação. Vários fatores podem interferir na formação do produto, tais como a ordem

de adição de um polímero a outro na mistura, a massa molar, a razão molar entre as cargas n^+ e n^- , força iônica e pH do meio de síntese do complexo (SILVA *et al.*, 2009).

O autor anterior ainda afirma que a quitosana é um dos polissacarídeos mais utilizados na formação de PEC's, de caráter catiônico, pois interage com polímeros aniônicos (poliânions) melhorando as características do novo material de revestimento. Sua solubilidade em ácidos orgânicos permite um aperfeiçoamento do revestimento quanto à absorção de umidade e liberação de água de superfícies, apresentada por outros polímeros.

2.8. Subprodutos agroindustriais

O Brasil, por ser um país de grande atividade agrícola, é um dos que mais produzem subprodutos agroindustriais. Produtores e indústrias enfrentam o problema de descarte da biomassa residual que, embora seja biodegradável, necessita de um tempo mínimo para ser mineralizada, assim constituindo-se numa fonte de poluentes ambientais (GUERRERO; BRITO, 1995). O uso de subprodutos agrícolas como substratos aplicáveis em diversas áreas, além de poder ser economicamente viável, pode ajudar a resolver os problemas ambientais decorrentes do seu acúmulo na natureza (ANEEL, 2008; ALEXANDRINO *et al.*, 2007; KAUR *et al.*, 2008).

As partes não aproveitáveis dos alimentos poderiam ser utilizadas no enriquecimento alimentar, diminuindo o desperdício e aumentando o valor nutricional das refeições. Alguns estudos verificaram que as partes usualmente descartadas dos vegetais, são as que apresentam maiores conteúdos de polifenóis e outros compostos bioativos, se comparado com as partes habitualmente consumidas. (REZZADORI, K.; BENEDETTI, S.; AMANTE, E. R. 2012).

Uma das alternativas para melhorar a gestão destes resíduos é a implementação de novos processos para a sua recuperação, por exemplo, através da produção de compostos orgânicos, fertilizantes, a pectina, o biodiesel, óleos essenciais e compostos antioxidantes, ou como um substrato para a produção de vários compostos de alto valor agregado, tais como proteínas microbianas, ácidos orgânicos, etanol, enzimas e metabólitos secundários biologicamente ativos e materiais adsorventes. Estes são excelentes alternativas para evitar a poluição ambiental e para agregar valor a estas substâncias (REZZADORI, K.; BENEDETTI, S.; AMANTE, E. R. 2012).

Os compostos secundários sintetizados pelas plantas durante o seu desenvolvimento, como os compostos fenólicos, principalmente os ácidos fenólicos,

flavonóides e taninos, desempenham um papel importante na proteção das plantas contra fatores, principalmente os de origens externas. Amplamente explorados como antioxidantes naturais, estes compostos apresentam evidências como substâncias antimicrobianas (LUCIANO *et al.*, 2008). Esses dados, aliados à informação da consideração da presença desses compostos nos subprodutos da indústria de frutos, torna promissor o aproveitamento desses materiais.

A atividade antimicrobiana de compostos fenólicos tem sido demonstrada contra uma variada gama de bactérias e o mecanismo de ação proposto pode ser o resultado da habilidade desses compostos em formar combinações capazes de alterar a permeabilidade celular microbiana, acarretando na perda de macromoléculas do seu interior e/ou podem interagir com proteínas da membrana causando deformação em sua estrutura e funcionalidade. (LÓPEZ-MALO VIGIL; PALOU; ALZAMORA, 2005).

A utilização de extratos bioativos oriundos de subprodutos da agroindústria, aplicados na preservação de frutas, pode ser uma alternativa para a redução da utilização de conservantes químicos e ainda ajuda a atingir demanda do consumidor por alimentos nutritivos e seguros, livres de aditivos sintéticos. Várias possibilidades podem ser consideradas para utilização de subprodutos de frutas tropicais, dentre as quais o emprego como aditivo alimentar. (AYAALA-ZAVALA; GONZÁLEZ-AGUILAR, 2011).

Entretanto, o efeito destes extratos bioativos, comprovadamente eficazes quanto às suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes, quando adicionados à fruta minimamente processada, podem provocar alterações sensoriais no produto. Portanto, pesquisas são necessárias para a determinação adequada das relações quantitativas envolvendo os extratos bioativos e as frutas processadas.

2.9. Nanotecnologia

Atualmente a nanotecnologia consiste na maior inovação tecnológica, a qual com o emprego de grandes investimentos financeiros nos mais diversos setores tem revolucionado as áreas da física, química, eletrônica, bem como a área de alimentos. A tecnologia em escala nanométricas, apresenta a manipulação de matérias em escala atômica e molecular, utilizando estruturas correspondentes à base da bilionésima parte do metro (10^{-9} m).

Com alto potencial para desafios globais, a nanotecnologia tem sido considerada a base da próxima revolução industrial. Isto se reflete nos altos investimentos feitos nestes últimos 11 anos pelos governos de 14 países, a saber, Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Alemanha, Rússia, Israel, Arábia Saudita, África do Sul, Índia, China, Japão, Coreia do Sul, Taiwan e Austrália totalizando mais de US\$ 67 bilhões desde 2000. Em 2009, este mercado alcançou US\$ 250 bilhões e segundo projeções de consultorias de tecnologias emergentes, a nanotecnologia deve movimentar um mercado até US\$ 2,5 trilhões em 2020 (BRASIL, 2012b).

O investimento do governo no âmbito da sua Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (NNI) foi de US\$ 1,8 bilhão em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Junto com o investimento do setor privado em P&D (US\$ 2.1 bilhões), estima-se a geração de 220.000 empregos, retorno de aproximadamente US\$ 22 bilhões aos cofres públicos e produção de aproximadamente US\$ 110 bilhões em produtos finais.

Nas últimas décadas, partículas micro e nanocoloidais têm recebido um crescente interesse científico e industrial (THIES, 1996). Nesta tecnologia, líquidos podem ser tratados como sólidos, *flavour* pode ser eficazmente mascarado em um produto alimentar, substâncias sensíveis podem ser protegidas dos efeitos deletérios do ambiente circundante, materiais tóxicos podem ser facilmente manuseados e a liberação da droga pode ser controlada e direcionada (ROBINSON,1997). Os vetores destas substâncias podem ser cápsulas (com núcleo líquido cercado por uma superfície sólida), partículas (matrizes poliméricas), vesículas ou lipossomas, emulsões única ou múltipla. Os vetores podem ser aplicados como carreadores por células, enzimas, óleos, produtos farmacêuticos, vitaminas, adesivos, defensivos agrícolas, catalisadores, e oferecem vantagens consideráveis de uso.

As informações disponíveis sugerem que os nanomateriais utilizados em aplicações alimentares incluem ambas as substâncias, tanto inorgânicas quanto orgânicas. Além dos nanomateriais, há uma possibilidade de que certos micromateriais utilizados e aplicados em alimentos podem conter frações em nanoescala devido à variação natural no intervalo de tamanho (EFSA, 2009).

Nanomateriais inorgânicos (nanoprata, nanosílica, nano dióxido de titânio. Nanoselênio, nanocálcio, nanoferro) e nanomateriais orgânicos (vitaminas, corantes, *flavour*, conservantes e antioxidantes, principalmente os extraídos de subprodutos industriais) são aplicações já conhecidas da nanotecnologia. Outra gama de materiais apresentados nessa categoria orgânica como, os aditivos (ácidos benzóico, cítrico,

ascórbico) e os suplementos (Vitaminas A e E, isoflavonas, β -caroteno, luteína, ômega-3, etc), são hoje aplicados em embalagens e outros matérias agregando valores aos produtos. O enriquecimento é benéfico, e na maioria das vezes possui características sustentáveis, como ao qual se destina este referido trabalho.

O sistema de transporte baseado na tecnologia de nanoencapsulamento permite que através de micelas, lipossomas ou de sistema de biopolímeros possa apresentar uma liberação controlada e assistida. O conceito de nanotransporte partiu da liberação e absorção de drogas e/ou outras substâncias terapêuticas.

A importância da aplicação da nanotecnologia na criação de revestimentos comestíveis a base de biopolímeros inclui a possibilidade de se controlar as condições nas quais o agente antimicrobiano deve ser liberado na superfície do produto, criando conseqüentemente novas possibilidades para a melhoria da relação custo-benefício (GOMES *et al.*, 2011).

Existe um grande interesse no desenvolvimento de embalagens antimicrobianas que liberem seus compostos ativos lentamente para a superfície do alimento e, desse modo, inibindo a contaminação da superfície do alimento durante o armazenamento. Resultados satisfatórios relacionados a esse assunto já foram publicados. (HAN, 2006; PETERSSON *et al.*, 2007; MASTROMATTEO *et al.*, 2009).

Apesar do nanocarreamento oferecer muitas vantagens para o consumidor pelo aumento da absorção e biodisponibilidade melhorada dos nutrientes e suplementos, este também tem o potencial de alterar a distribuição das substâncias no corpo, como por exemplo, certos compostos solúveis em água (por exemplo, vitamina C) tornam-se solúveis em gordura através da nanotecnologia e vice-versa; compostos lipídicos tornam-se solúveis em compostos aquosos. Além disso, o nanocarreamento quando quebrado e os seus conteúdos libertados no trato gastrointestinal (GI), os compostos encapsulados não diferem dos seus equivalentes convencionais. No entanto, se um nanocarreamento é capaz de fornecer a substância para a corrente sanguínea, a sua Absorção, Distribuição, Metabolismo e Excreção (ADME) podem ser diferidos das suas formas convencionais (FAO; WHO, 2009).

Ainda não se sabe os efeitos dos nanopoluentes na natureza e as respostas celulares aos mesmos. Há uma possibilidade real destes nanopoluentes estarem fluuando no ar desde a confecção de nanomateriais.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

O referido trabalho visa avaliar o efeito de um sistema de embalagem ativa inovadora, "eco-friendly packaging" consistindo de um revestimento de quitosana e goma do cajueiro para melão minimamente processado, incorporado de compostos bioativos, extraídos de subprodutos da indústria de processamento da acerola, encapsulados em uma matriz de goma de cajueiro e quitosana, visando melhoria da segurança microbiológica do produto, garantia de agregação integral de valores nutricionais e vida útil de melão minimamente processado.

3.2. Objetivos Específicos

- Quantificar os compostos bioativos e atividade antioxidante total dos extratos dos subprodutos da indústria de processamento de acerola;
- Desenvolver um PEC constituído de goma do cajueiro e quitosana, incorporando o extrato de subprodutos do processamento da acerola encapsulado;
- Determinar a Concentração Inibitória Mínima (CIM) e a Concentração Bactericida Mínima (CBM) do revestimento comestível preparado contra *Listeria innocua*, bactéria Gram-positiva, e *Salmonella entérica*, Gram-negativa;
- Aplicar o revestimento comestível em melão minimamente processado e avaliar o efeito nos atributos de qualidade e quantificar os compostos bioativos e atividade antioxidante total, durante a vida de prateleira do melão minimamente processado;
- Avaliar a atividade antimicrobiana do melão minimamente processado revestido *L. innocua*, *S. enteritides* e microrganismos deteriorantes;
- Obter as cápsulas e caracterizar, através de análises físico-química, as nanocápsulas constituintes do revestimento comestível preparado.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

4.1.1. Melão

Melões (*Cucumis melo* L.) tipo Cantaloupe (*Cucumis melo*), foram fornecidos por empresa produtora localizada no Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú (Acaraú CE-Brasil), e selecionados pela uniformidade do estágio de maturação, estágio III (50% amarela) segundo classificação de Brasil *et al.*, (1998), tamanho e ausência de sinais de deterioração. Após a seleção, os frutos foram sanitizados com água clorada ($150 \mu\text{L.L}^{-1}$ de cloro livre, pH 7.0) e submetidos ao processamento mínimo.

4.1.2. Subprodutos do processamento industrial da acerola

Os subprodutos do processamento de acerola, constituído exclusivamente de películas, cascas, sementes e fibras, foram fornecidos pela Embrapa Agroindústria Tropical - CNPAT, campo experimental de Pacajus (Ceará, Brasil), e transportados para o Laboratório de frutas e hortaliças da Universidade Federal do Ceará à temperatura de 12° C em caixas de poliestireno expandido e armazenados em sacos de polietileno fechados. Logo em seguida, foram liofilizados à -37°C sob vácuo (CHRIST® Beta 1-8 LD Plus) e moídos em Moinho analítico (A11 BASIC IKA).

4.1.3. Quitosana

A quitosana de massa molecular 29.000 Da, foi fornecida pela empresa POLYMAR®, empresa localizada em Fortaleza, em sacos de 1 quilo, e transportado para o Laboratório de frutas e hortaliças da Universidade Federal do Ceará à temperatura ambiente.

4.1.4. Resina de Cajueiro

A resina extraída do cajueiro foi coletada em campo localizado em Fortaleza (CE-Brasil) e, em seguida, triturada para armazenamento à temperatura ambiente e futura purificação para obtenção da Goma de Cajueiro.

4.1.5. Culturas Microbiológicas

Tubos inclinados contendo culturas puras de *Salmonella enteritides* (IAL 1132) e de *Listeria innocua* (ATCC 33090) foram incubadas a 35° C por 10 minutos em BOD, e em seguida, foram feitas estrias das culturas em ágar tripticase de soja (TSA) e em ágar com tripticase de soja com extrato de levedura (TSA-YE) para cada cepa respectivamente, e incubadas a 35° C por 24 horas.

Colônias isoladas, de aproximadamente 1 mm cada, foram transferidas assepticamente em fluxo laminar para tubos de ensaio contendo 5 mL de caldo BHI (Ágar de Infusão de Cérebro-Coração) para *S. enteritides* e 5 mL de caldo TSB (Peptona Caseína de Soja) para *L. innocua* e, posteriormente incubadas a 35° C por 24 horas.

Em seguida, 1 mL de cada tubo de ensaio foi diluído em 9 mL de água peptonada 0,1%, e utilizou-se as diluições 10^{-3} para a *L. innocua* e 10^{-4} para *S. enteritides*, para uma solução concentrada contendo 10^5 UFC/mL de cada microrganismo. As diluições de 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} foram utilizadas para assegurar a contagem da concentração do inóculo nos caldos.

4.2. Métodos

4.2.1. Extração de compostos bioativos de subprodutos do processamento industrial da acerola (*Malpighia emarginata* D.C.)

Os extratos aquoso e etanólico do subproduto do processamento da acerola foram obtidos por turbólise, adaptando a metodologia descrita por Lagos et al. (2012). Foram adicionados os subprodutos liofilizados em tubo falcon de polipropileno de 50 mL e acrescentado as soluções extratora, água e etanol. Para a determinação das melhores condições da turbólise quanto à recuperação dos compostos bioativos extraíveis do subproduto, foram realizadas extrações aquosas em velocidades de 7000, 15000 e 24000 rpm por 1, 3, e 5 minutos e os parâmetros considerados nesta etapa foram o conteúdo de ácido ascórbico, polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante total. Nesta etapa realizou-se ensaios de velocidade e tempo de extração em Ultra Turrax IKA modelo T25 basic, variando de 7000 a 24000 rpm por 1, 3 e 5 minutos. Depois de identificado a melhor condição de extração dentre os parâmetros trabalhados (15000 rpm por 3 minutos), outra etapa foi realizada para melhor otimização da concentração dos compostos bioativos,

alterando nesta fase o tipo de solvente utilizado (água destilada e soluções etanólicas de 25%, 50 % e 100%), variando as proporções em 1:4; 1:6; 1:8; 1:10; 1:15; 1:20 massa de subproduto (g): volume de solvente (mL). Após as extrações, realizadas à temperatura ambiente de 25° C, centrifugou-se os tubos (centrífuga Rotina 380R), e o sobrenadante foi filtrado em filtros Qualy®, porosidade 14 mm e gramatura de 80g/m³. O sobrenadante constitui-se no extrato contendo os fitoquímicos, utilizado para a quantificação dos compostos bioativos, atividades antioxidante e microbiológica, e em seguida armazenados sob congelamento a -18° C. Foi considerado como extrato para compor o revestimento, aquele que apresentou maior concentração de compostos bioativos nos ensaios realizados.

4.2.2. Obtenção da Goma de Cajueiro purificada.

A Goma de Cajueiro, utilizada como uma das matrizes do revestimento foi obtida e purificada segundo metodologia descrita por Rodrigues, Paula e Costa (1993) com modificações. Em 100 gramas da resina do cajueiro triturada foram adicionados 1 Litro de água (solução de 10%) e deixou em agitação por 6 horas à temperatura ambiente. A solução obtida foi filtrada em papel de filtro para eliminação de impurezas e materiais indesejáveis e ao filtrado foi adicionado 5 mL de peróxido de hidrogênio P.A (H₂O₂). Após a homogeneização, ajustou-se o pH para uma faixa entre 6 e 7, utilizando solução diluída de Hidróxido de Sódio (NaOH). Em seguida, o polissacarídeos foi precipitado utilizando etanol P.A, sendo a este, sob agitação, adicionado lentamente a solução contendo a goma (4 L de etanol para 1 L de solução). Após a decantação da goma, o sobrenadante foi centrifugado para máxima recuperação do polissacarídeo. A goma decantada foi filtrada a vácuo, para remoção do álcool restante e, em seguida, ainda sob vácuo, foi lavada com acetona. Posteriormente a goma foi seca e armazenada em um frasco de vidro hermeticamente fechado, sendo a tampa revestida externamente com filme plástico, na tentativa de evitar o acesso da umidade do ar no interior do recipiente e, assim, promover estabilidade à goma.

4.2.3. Preparação do Revestimento Comestível (PEC de goma de cajueiro e quitosana) e síntese de cápsulas dos Compostos Bioativos extraídos de Subprodutos do processamento industrial da acerola.

O revestimento à base de goma de cajueiro 1% (p/v) e quitosana 1% (p/v) foi obtida através de diluição respectiva dos polímeros em água destilada e ácido acético 1%, mantida sob agitação por 12 horas à temperatura ambiente para total solubilização. A seguir, foi realizada a homogeneização das duas soluções, por gotejamento sob agitação, de 1,23 L da solução de goma de cajueiro 1% (massa molar 162 g/mol e porcentagem de ácido urônico de 5,37%) em 0,9 L da solução de quitosana 1% (massa molar 168,6 g/mol e grau de desacetilação de 82%) numa proporção de cargas de +10 (n+/n-), com a posterior filtração sob vácuo da mistura obtida, em filtro de placas de vidro sinterizado de número 3, para a remoção de possíveis impurezas (SILVA *et al.*, 2010). Glicerol 1,5% (v/v) foi adicionado como agente plastificante na mistura obtida, para melhorar as propriedades de barreira ao vapor d'água e de outras propriedades funcionais do PEC.

As cápsulas foram obtidas através da homogeneização, sob agitação contínua, e por gotejamento, do extrato dos compostos bioativos obtidos no item 4.2.1, na mistura filtrada do PEC, em homogeneizador tipo Polytron (modelo IKA T18 Basic Ultra-Turrax) a 11.000 rpm até finalizada a adição do extrato de bioativos, nas proporções de 2:1 e 1:1 (volume de mistura do PEC: volume de extrato). Em seguida agitou-se por 1 minuto, na velocidade de 24.000 rpm, em temperatura ambiente. O procedimento para obtenção das nanocápsulas foi realizado em triplicata e o produto obtido armazenado em frascos de vidros protegidos da luz com papel alumínio.

4.2.4. Determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM) do revestimento (PEC), extrato e revestimento comestível.

O efeito antimicrobiano do revestimento comestível obtido no item anterior, extrato fitoquímico e revestimento (PEC), foram analisados para identificação da CIM e MBC para *L. innocua* (ATCC 33090) e *S. enteritides* (IAL 1132) pelo método de diluição descrito por Brandt *et al.* (2010).

Em seguida, foi adicionado em cubetas de poliestireno (3mL) 100 μ L de suspensão bacteriana, preparada no item 4.1.5, 750 μ L de solução antimicrobiana (extrato contendo compostos bioativos) e 550 μ L de caldo duplo de TSB e BHI para *L.inocua* e *S. enteritides*, respectivamente. Posteriormente, as cubetas de poliestireno foram cobertas com PARAFILM[®], para que o líquido não extravasasse, por 24 horas e mantidas sob agitação de 225 rpm a 35°C.

O extrato (item 4.2.1) foi utilizado em três concentrações como solução antimicrobiana, diluídas em água estéril, onde a concentração máxima obtida pela turbólise, a qual foi diluída em 50% da concentração total e 25% da concentração total. O parâmetro utilizado para avaliação da ação antimicrobiana do revestimento comestível foi a concentração de polifenóis totais (1890; 945 e 472,5 mg de ácido gálico equivalente/100 g de amostra, para cada diluição respectivamente). 100 mL de cada diluição foram adicionados e repetidos os volumes de solução antimicrobiana de caldo duplo, da mesma forma que as outras amostras.

A densidade óptica (DO) de cada amostra de cultura foi medida em 630nm usando um espectrofotômetro (UV-visível SHIMADZU, modelo UV-180), realizando duas leituras, uma no momento do fechamento das cubetas e após 24 horas. Após a segunda leitura, foi retirada uma alíquota de 0,1 mL para contagem de células viáveis em placa pelo método *sprade plate* em Ágar Oxford (OXA), para *L.inocua*, e Ágar de desoxicolato-lisina-xilose (XLD), para *S.enteritides*, e colocado para incubar por 24 horas a 37 °C.

A menor concentração do composto bioativo resultando em crescimento não significativo, com diferença mínima em 0,05 entre as leituras foi estabelecida como o CIM. Já a CBM foi determinada pela ausência de crescimento microbiano em placas.

4.2.5. Caracterização das nanopartículas

A caracterização das nanopartículas foi realizada em duplicata, conforme descrito a seguir.

4.2.5.1. Tamanho e distribuição de partícula.

O diâmetro das partículas presentes no revestimento comestível foram determinados através de um Nano ZetaSizer (modelo Malvern 3600), utilizando um feixe de luz vermelha com comprimento de onda de 633 nm e um ângulo de medida de 175°. O

volume foi utilizado como parâmetro para mensurar o tamanho das partículas. (PAULA *et al.*, 2012).

4.2.6. Processamento Mínimo do Melão (MMP).

O processamento foi realizado no Laboratório de Processamento de Frutos Tropicais, anexo ao Laboratório de Frutos e Hortaliças da Universidade Federal do Ceará. Antes do processamento, todos os utensílios e bancadas foram previamente higienizados com água clorada ($150 \mu\text{L.L}^{-1}$ de cloro livre, pH 7,0), e os manipuladores paramentados com luvas de látex, aventais, gorros e máscaras, para evitar possíveis contaminações durante o processamento. Os frutos depois de selecionados foram submetidos à uma pré-lavagem em água corrente, a fim de eliminar material orgânico e/ou qualquer outro material que possa ser eliminado, evitando possíveis interferentes da próxima etapa (a sanitização), e em seguida, lavados com detergente neutro, com auxílio de esponjas friccionando-as em toda a superfície do fruto. Os melões após o enxague em água corrente para total eliminação do detergente neutro, foram imerso em água clorada ($200 \mu\text{L. L}^{-1}$ de cloro livre, pH 7,0) por 10 minutos, para remover os microrganismos ainda presentes na casca do fruto. Em seguida, foram parcialmente drenados, enxugados com papel toalha não reciclados e levados diretamente ao processamento.

Os frutos foram descascados de acordo com as seguintes etapas: corte das extremidades, corte transversal dividindo o fruto em metades equivalentes, retirada das sementes e cortados em cubos de 9 cm^3 , com cerca de 25 a 40 g. Os cubos foram imersos em água clorada ($50 \text{ mg de cloro.L}^{-1}$) por 30 segundos e drenados por 2 minutos.

4.2.7. Aplicação do revestimento comestível obtido em melão minimamente processado

Os cubos de melão processados minimamente foram imersos por 5 minutos na solução de revestimento e novamente deixados para secar por 2 minutos para a remoção do excesso facilitando a incorporação do mesmo no cubo. Frutos sem revestimento foram considerados como controle. Os cubos de melão revestidos e controle, foram acondicionados em bandejas de politereftalato de polietileno (PET) em número de oito cubos por bandeja (160 – 200 g) as quais, então, foram envoltas com filme de PVC

(MWRAP®), permeabilidade de $142.86 \text{ fmol}^{\text{s}^{-1}} \text{ m}^{-2} \text{ kPa}^{-1}$ para vapor d'água a 38°C e 90% de U.R, de $52.38 \text{ fmol}^{\text{s}^{-1}} \text{ m}^{-2} \text{ kPa}^{-1}$ para o O_2 a 23°C e 90% U.R e $2.38 \text{ fmol}^{\text{s}^{-1}} \text{ m}^{-2} \text{ kPa}^{-1}$ para o CO_2 a 23°C e 90% U.R.

As bandejas preparadas foram armazenadas a $10^{\circ}\text{C} \pm 2$ e analisadas no dia do processamento (0 dia) e a cada 3 dias, durante 12 dias de armazenamento, quanto aos parâmetros físicos, físico-químicos, compostos bioativos e características microbiológicas.

O processamento foi realizado em triplicata.

4.2.8. Análises Físicas e Físico-Químicas

Parâmetros Físico-químicos foram avaliados nos cubos de melões controle e nos cubos revestidos. As análises foram realizadas em triplicata.

4.2.8.1. Cor

Para a determinação da cor, as amostras foram distribuídas em placas de Petri em quantidades suficientes para cobrir a base da placa. As leituras foram obtidas a partir da emissão de um feixe de luz da lente do espectrofotômetro, medidas por reflectância, através do Colorímetro (Konica Minolta spectrophotometer CM – 3500d). Os resultados foram expressos de acordo com as coordenadas CIE lab que incluem as variáveis L^* , a^* , b^* , C^* e h . Onde L^* é uma medida da luminosidade e varia do 0 (para o preto) até ao 100 (para o branco), a^* é uma medida do vermelho/púrpura (a^* positivo) ou do verde (a^* negativo) e b^* é uma medida do amarelo (b^* positivo) ou do azul (b^* negativo). A variável C^* , croma, representa a medida da intensidade (pureza) da cor ($C^* 0 =$ cinza e quanto maior o valor, maior pureza ou intensidade da cor) e o h , tonalidade, representa a cor, propriamente dita (0° vermelho, 90° amarelo, 180° verde, 270° azul).

4.2.8.2. pH

O pH foi determinado através de leitura direta, em potenciômetro digital com membrana de vidro (modelo PH Meter 3505 p, Junway®) calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, conforme IAL (2005).

4.2.8.3. Firmeza

A firmeza da polpa foi determinada por meio de um penetrômetro digital computadorizado da marca Stable Micro Systems modelo TA.XT2i com sonda de 11mm de diâmetro. Para essa determinação, os frutos foram seccionados transversalmente na região equatorial. A firmeza foi mensurada em quatro pontos da polpa dos frutos, no sentido pedúnculo-apical, sendo expresso o valor médio de cada amostra em Newton (N).

4.2.8.4. Perda de massa

A determinação de perda de massa foi realizada utilizando uma balança digital. Os resultados foram expressos por diferença de peso em percentagem (%), considerando o tempo 0, como 0% de perda de massa da amostra.

O cálculo utilizou a fórmula: Perda de massa (%) = $[(T0 - Tt) * 100] / T0$

4.2.8.5. Sólidos Solúveis (SS)

A amostra foi filtrada em papel de filtro e, em seguida, o conteúdo de sólidos solúveis foi medido utilizando um refratômetro digital (modelo Pocket Pal-1, Atago®) com compensação automática de temperatura, de acordo com a metodologia recomendada pela AOAC (2002). Os resultados foram expressos em °Brix.

4.2.8.6. Acidez Titulável (AT)

A acidez total titulável foi determinada por titulação volumétrica com solução de NaOH 0,1 M conforme o IAL (2005). Aproximadamente 1 g da amostra foi pesada e acrescentado 50 mL de água destilada. Fenolftaleína 1% foi utilizada como indicador. A titulação ocorreu até a mudança de cor para levemente róseo. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

4.2.8.7. Relação Sólidos Solúveis/ Acidez Titulável (SS/AT)

A variável SS/AT foi obtida através do quociente entre o conteúdo de sólidos solúveis e a acidez titulável.

4.2.9. Análise dos Compostos Bioativos.

As análises foram realizadas em triplicata, nos cubos de melões controle e nos cubos revestidos.

4.2.9.1. Vitamina C.

O conteúdo foi determinado utilizando método titulométrico com solução de Tillman (DFI - 2,6 diclorofenolindofenol a 0,02 %) utilizando-se 1 g da amostra acrescida de 50 ml de ácido oxálico 0,5 % de acordo com Strohecker e Henning (1967). Em seguida, foi retirado uma alíquota de 1 mL e titulada com solução de Tillman até mudança permanente de coloração. Os resultados foram expressos em mg/ 100g de polpa.

4.2.9.2. Antocianinas Totais e Flavonóides amarelos.

As determinações dos flavonóides amarelos e antocianinas nas amostras foram realizadas segundo metodologia descrita por Francis (1982). Foi pesado aproximadamente 1 g da amostra em um bécker, acrescentando 4 mL da solução extratora etanol – HCl 1,5 N (85:15), seguido por homogeneização por 2 minutos em homogeneizador tipo “turrax”. Logo após, o conteúdo foi transferido para balão volumétrico de 10 mL, coberto com papel alumínio, e o volume aferido com a solução extratora. O conteúdo foi transferido para frascos cobertos com papel alumínio e deixado em repouso por 12 h em refrigerador a 4 °C. Após esse período, o material foi filtrado utilizando papel filtro qualitativo 80 g/m² e o filtrado, mantido em recipiente coberto, teve a sua absorbância analisada a 374 nm para flavonóides e 535 nm para antocianinas. Os resultados foram expressos em mg/100 g de amostra.

4.2.9.3. Atividade Antioxidante Total (AAT) e Polifenóis Extraíveis Totais (PET).

As análises foram realizadas em triplicata, nos cubos de melões controle e nos cubos revestidos.

4.2.9.3.1. Obtenção do Extrato.

O extrato para a determinação da atividade antioxidante total e polifenóis totais foi obtido segundo metodologia descrita por Larroauri *et al.* (1997). Aproximadamente 2,0 g da amostra seca foram pesados e a estes foram adicionados 4 mL da solução de metanol 50%. A mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 1 h à temperatura ambiente. Em seguida, o material foi centrifugado a 10.000 rpm por 20 minutos a 8 °C e o sobrenadante recolhido em um balão volumétrico de 10 mL. O precipitado dessa extração foi ressuspensão em 4 mL da solução de acetona 70%, homogeneizado, deixado em repouso por 1 h a temperatura ambiente e centrifugado a 10.000 rpm por 20 minutos a 8 °C. O sobrenadante foi recolhido e somado ao primeiro extrato, sendo o volume final aferido para 10 mL com água destilada.

4.2.9.3.2. Determinação da Atividade Antioxidante Total (ATT) pela captura do Radical Livre (ABTS⁺)

A atividade antioxidante total foi determinada conforme metodologia desenvolvida por Re *et al.* (1999) adaptado por Rufino *et al.* (2006). A técnica envolve a produção direta do radical cromóforo ABTS⁺ de cor azul esverdeado através da reação entre ABTS (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) e persulfato de potássio. O radical catiônico ABTS⁺ foi produzido pela reação da solução de ABTS 7 mM com solução de persulfato de potássio 140 mM, em seguida a mistura foi mantida no escuro a temperatura ambiente por 16 h antes de ser utilizada. Para a análise AAT, a absorvância da solução do radical ABTS⁺ foi monitorada a 734 nm, enquanto etanol absoluto foi adicionado de modo que esta atinja valores próximos a 0,700.

A atividade antioxidante total foi calculada com base em uma curva padrão linear utilizando como antioxidante de referência o composto 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico – Trolox, a 2000 µM (Sigma), preparado com etanol absoluto utilizando concentrações entre 100 e 2000 µM. Em ambiente escuro, com as análises realizadas em triplicata para cada concentração, foram misturados 30 µL das soluções de Trolox com 3 mL da solução preparada do radical ABTS. As absorvâncias foram medidas em espectrofotômetro a 734 nm, 6 minutos após a adição da solução do radical. A partir dessa curva foi obtida uma equação 1, da qual foi calculada a absorvância referente a 1000 µM de Trolox.

Utilizando o extrato obtido, foram preparadas três concentrações: 200.000, 130.000 e 65.000 mg/L, e seguindo os mesmos procedimentos utilizados na determinação da curva padrão do Trolox, uma equação linear 2, foi obtida. A AAT das amostras foi calculada substituindo na equação 2 a absorbância equivalente a 1000 µM de Trolox. Os resultados foram expressos em capacidade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC) (µM Trolox/g de amostra).

4.2.9.3.3. Determinação dos Polifenóis Extraíveis Totais (PET).

Os polifenóis solúveis totais foram determinados conforme o método descrito por Obanda e Owuor (1997). Em ambiente escuro, foram adicionados 150 µL do extrato obtido, 850 µL de água destilada, 1 mL de Folin Ciocalteau (1:3), 2 mL da solução de carbonato de sódio anidro (Na₂CO₃) a 20% e 2 mL de água destilada em tubo de ensaio. A mistura reacional foi homogeneizada e uma solução de ácido gálico foi utilizada como referência. As concentrações de polifenóis solúveis totais foram calculadas com base em uma curva padrão de doses crescentes de ácido gálico 98% (0 - 50 µg). As leituras das absorbâncias foram realizadas em espectrofotômetro a 700 nm, 30 minutos após a adição dos reagentes. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente/100 g de amostra.

4.2.10. Carotenóides Totais (Licopeno e β-Caroteno)

Os carotenóides totais foram determinados pelo método de Nagata; Yamashita (1992). Em tubo de ensaio protegido com papel alumínio, foram colocados 1 grama da amostra liofilizada e 10 mL da amostra de uma mistura extratora de acetona-hexano (4:6), e agitada por um minuto. A amostra foi filtrada em papel filtro e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (SHIMADZU, modelo UV-1800), a 453, 505, 645 e 663 nm e os resultados serão expressos em µg/100g de amostra através da fórmula: $(-0,0458 \cdot a_{663} + 0,204 \cdot a_{645} + 0,372 \cdot a_{505} - 0,0806 \cdot a_{453}) \cdot 1000$ para Licopeno e $(0,216 \cdot a_{663} - 1,22 \cdot a_{645} - 0,304 \cdot a_{505} + 0,452 \cdot a_{453}) \cdot 1000$ para Beta-caroteno, onde a_x = absorbância no comprimento x de onda.

4.2.11. Análises microbiológicas de deteriorantes e patógenos.

As contagens de bactérias mesófilas, psicotróficos, bolores e leveduras foram realizadas durante o armazenamento para fins de conhecimento da influência do revestimento antimicrobiano sobre a microbiota nativa do minimamente processado. A presença de microrganismos patógenos e deteriorantes foi verificada a cada 3 dias a começar pelo dia do processamento mínimo, tempo zero, 3º, 6º, 9º e no final do armazenamento (12º dia).

Foi pesada, assepticamente, 25 g de cada amostra (cubos revestidos e cubos controle) em sacos de Stomacher, adicionados 225 mL de água peptonada 0,1% e homogeneizados durante 1 minuto. Em seguida, foram realizadas diluições seriadas em tubos contendo 9 mL de água peptonada 0,1% e, de cada diluição, foram transferidas alíquotas de 1 mL das diferentes diluições para a superfície das placas de Compact dry™ específicas para cada uma das classes de microrganismos analisadas.

4.2.11.1. Mesófilos

Para a enumeração de aeróbios mesófilos foram utilizadas placas de Compact dry™ TC Aerobic Count, segundo as instruções do fabricante. As placas foram incubadas a 37° C por 48 hs, após a qual as colônias formadas foram enumeradas. O resultado da contagem foi corrigido de acordo com a diluição considerada e expressa em UFC/g.

4.2.11.2. Psicotróficos

Para a contagem de aeróbios psicotróficos foram utilizadas placas de Compact dry™ TC, segundo as instruções do fabricante. As placas foram incubadas sob refrigeração (4° C) durante 7 dias, após o qual as colônias formadas foram enumeradas. O resultado da contagem será corrigido de acordo com a diluição considerada e expressa em UFC/g.

4.2.11.3. Bactérias Lácticas

Para a contagem de bactérias lácticas foram utilizadas placas de Compact dry™ TC, segundo as instruções do fabricante. As placas foram incubadas a 37° C em anaerobiose por 48 hs, após o qual as colônias formadas foram enumeradas. O resultado da contagem foi corrigido de acordo com a diluição considerada e expressa em UFC/g.

4.2.11.4. Bolores e Leveduras

A amostra foi analisada por plaqueamento em placas Compact dry™ YM Yeast & Mold Count, específicos para contagem de Bolores e Leveduras, segundo as instruções do fabricante. As placas foram incubadas a 25° C durante 5 dias. Após o período de incubação foi realizada a contagem das colônias e o resultado da contagem foi corrigido de acordo com a diluição considerada e expressa em UFC/g.

4.2.11.5. Detecção da presença de *Listeria monocytogenes*

A metodologia empregada para detecção de *Listeria monocytogenes* foi descrito por Pagotto *et al.* (2001), como método *Health Protection Branch do Canadá*.

4.2.11.5.1. Pré-enriquecimento, Enriquecimento seletivo e Isolamento

Na etapa de pré-enriquecimento foram pesados 25g da amostra em 225 mL de Caldo de Enriquecimento para *Listeria* Tamponado (LEB). A amostra foi incubada a 30° C por 24 horas.

No enriquecimento seletivo foi retirado 0,1 mL da cultura do LEB incubado e adicionado em 10 mL de caldo Fraser suplementado. Em seguida, reincubou-se o LEB por mais 24 horas na mesma temperatura inicial (30° C). O tubo de caldo Fraser foi incubado a 35° C por 24 horas. O tubo de ensaio que apresentou mudança de cor, de amarelo para roxo, seria considerado positivo. Não houve mudança de coloração.

4.2.11.6. Detecção da presença de *Salmonella*

A detecção da presença desse microrganismo foi realizada conforme metodologia descrita pelo Food and Drug Administration (FDA, 2007).

4.2.11.6.1 Pré-enriquecimento, Enriquecimento seletivo e Isolamento

Na etapa de pré-enriquecimento foram pesados 25,0 g da amostra em um frasco contendo 225 mL de Caldo Lactosado. O frasco foi incubado a 35° C por 24 horas, com tampa ligeiramente afrouxada.

Após o período de incubação, o frasco foi agitado cuidadosamente para a realização do enriquecimento seletivo. Em seguida foi transferido 0,1 mL da cultura do Caldo Lactosado incubado para 10 mL de Caldo Rappaport- Vassilidis modificado (RV) e 1,0 mL para 10 mL de Caldo Tetrionato (TT). O tubo de Caldo Rappaport foi colocado em banho Maria em temperatura de 42° C por 24 horas, enquanto o tubo de Caldo Tetrionato foi incubado em estufa à temperatura de 35° C por 24 horas.

O isolamento foi efetuado através do plaqueamento seletivo diferencial, a partir dos tubos de Rappaport e Tetrionato incubados. Uma vez agitados, foram retirados alíquotas de cada tubo, com auxílio de uma alça de plástico, para realizar estrias em placas de Agar Entérico de Hectoen (HE), Agar Bismuto Sulfito (BS) e Ágar Xilose Lisine Desoxicolato (XLD). As placas foram incubadas a 35 °C por 48h.

Após a incubação as colônias apresentam características diferentes em cada meio de cultura plaqueado, caso o teste apresente-se positivo para *Salmonella*. No HE, as colônias típicas de *Salmonella* apresentam-se transparentes, com coloração verde-azuladas, com ou sem centro preto. Algumas cepas atípicas apresentam colônias com coloração amarela, com ou sem o centro preto. No BS, as colônias típicas apresentam coloração castanha, cinza ou preta, com ou sem brilho metálico. No XLD, as colônias típicas apresentam coloração rosa escuro, com centro preto e uma zona avermelhada levemente transparente em redor. Algumas cepas de *Salmonella*, não produtoras de H₂S, podem apresentar colônias com coloração rosa escuro, sem o centro preto.

O teste apresentou-se negativo.

4.2.12. Análise estatística

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os dados foram avaliados com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 1999), para análise do efeito do revestimento comestível obtido no melão minimamente processado, nas características físico-químicas, bioquímicas e microbiológicas em relação ao tempo de armazenamento do minimamente processado. foi realizada uma análise de regressão linear e Tukey entre os tempos de amostragem. Foram realizadas 3 repetições do experimento em duplicata, nos tempos 0, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento, sob refrigeração.

O programa XLSTAT foi utilizado para análise de correlação entre os parâmetros analisados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Estudos de extração e quantificação de compostos bioativos de subprodutos agroindustriais de acerola

Após a aquisição do subproduto, seleção, moagem e liofilização, foram realizados estudos para extração em água, em condições variadas de tempo de rotação em minutos x velocidade da turbólise, em rpm. Para este estudo, foi utilizada a proporção de pó de subprodutos (g) e volume de água destilada em 1:15 (m/v) e como parâmetros para qualificar o extrato obtido, os resultados referentes ao conteúdo de vitamina C, polifenóis extraíveis totais e Atividade Antioxidante Total, apresentados na Tabela 3.

A melhor condição (velocidade x tempo), para a extração de compostos bioativos obtida neste estudo foi utilizada para encontrar a proporção de volume do solvente (mL): massa de subprodutos (g) na etapa seguinte, sendo também utilizada para o preparo do revestimento comestível.

Tabela 3. Estudos das condições ideais de tempo e velocidade extração dos compostos bioativos dos subprodutos do processamento da acerola considerando conteúdos de vitamina C, Polifenóis Extraíveis Totais (PET) e Atividade Antioxidante Total (AAT).

TEMPO DE ROTAÇÃO (min)	VELOCIDADE (rpm)	Vit. C (mg/100g)	PET (mg de Ácido Gálico Equivalente/100g)	AAT (µM de Trolox Equivalente/g)
1	7000	535,67 ± 2,31^{aA}	472,23 ± 2,43 ^{abB}	14,79 ± 0,06^{aA}
	15000	389,23 ± 3,45 ^{bB}	518,73 ± 1,13^{bA}	14,39 ± 0,11 ^{bB}
	24000	526,01 ± 4,47 ^{aA}	492,02 ± 1,00 ^{aB}	14,70 ± 0,13 ^{aA}
3	7000	448,67 ± 3,91 ^{bB}	459,49 ± 0,60 ^{bB}	14,56 ± 0,17 ^{abB}
	15000	734,13 ± 0,68^{aA}	543,96 ± 2,90^{aA}	15,90 ± 0,06^{aA}
	24000	490,64 ± 1,39 ^{aB}	429,86 ± 2,35 ^{bC}	13,35 ± 0,09 ^{bC}
5	7000	465,39 ± 3,52^{abA}	488,87 ± 0,50 ^{aA}	14,44 ± 0,05^{bA}
	15000	450,40 ± 2,71 ^{bA}	489,48 ± 1,86^{cA}	14,30 ± 0,04 ^{bA}
	24000	447,18 ± 2,28 ^{aA}	484,37 ± 1,02 ^{aA}	14,44 ± 0,07^{aA}

*Para cada variável, letra minúscula diferente indica diferença estatística em $P < 0.05$ entre velocidades de rotação de acordo com teste de Tukey.

**Para cada variável, diferente letra maiúscula indica diferença estatística em $P < 0.05$ entre os tempos de rotação de acordo com teste de Tukey.

No tempo de 1 minuto, a velocidade de 7.000 rpm proporcionou a maior eficiência na extração de vitamina C e de atividade antioxidante total, enquanto na velocidade de 15.000 rpm houve melhor extração de polifenóis. Para a extração a 5 minutos, porém, não houve variação estatísticas entre as demais velocidades no mesmo tempo, e apresentou os menores valores a um nível de significância de 5%, exceto a velocidade de 24.000 rpm, onde o tempo de 5 minutos foi superior em todos os parâmetros

analisados na mesma velocidade ao tempo de 3 minutos. O tempo rotacional de 3 minutos apresentou na velocidade mediana de 15.000 rpm, o melhor resultado para todas as análises, variando estatisticamente entre todos os parâmetros ao mesmo tempo, conforme dados apresentados na Tabela 3. Assim, a velocidade de 15.000 rpm por 3 minutos foi o destacado entre as condições trabalhadas, sendo estas utilizadas na etapa seguinte que constitui em estudos da concentração do material e a composição de solventes. Obtendo respostas quanto à polaridade e o comportamento quantitativo dos compostos bioativos avaliados durante a extração. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos nesta etapa.

O tempo empregado na turbólise apresentado em 3 minutos pode ter apresentado o melhor resultado, devido ao aquecimento despendido da rotação das hélices que gera calor, podendo ter degradado compostos presentes na solução extraída. Alguns compostos bioativos são fotossensíveis e/ou termossensíveis, causando alterações indesejáveis em perdas destes compostos. Portanto, o tempo de 1 minuto não apresentou-se suficiente para o rompimento de células para liberação de compostos bioativos e o tempo de 5 minutos apresentou-se um tempo superior, o que combinado com a velocidade, pode ter apresentado uma degradação dos compostos recuperados destes subprodutos. A polaridade dos compostos empregados e a volatilidade dos mesmos apresentaram-se bastante relevante na extração.

Os resultados demonstraram que a menor proporção (maior concentração) entre subprodutos e solvente foi a que demonstrou extrair a maior quantidade de todos os bioativos estudados.

Entre os solventes, a solução etanólica concentrada em 50% apresentou-se como o melhor meio capaz de extrair as substâncias estudadas, variando estatisticamente de todas as soluções e proporções para cada uma das análises realizadas. Convém destacar o comportamento de substâncias hidrossolúveis, como a vitamina C, antocianinas e flavonóides, em extração etanólicas que apresentaram valores superiores aos encontrados na extração aquosa até a concentração de 125.000 ppm. As demais concentrações estudadas (100.000 a 50.000) para a vitamina C e polifenóis, o solvente aquoso apresentou-se como melhor extrator. Para antocianinas, flavonoides e para Atividade Antioxidante Total (na concentração de 50.000 ppm), a solução etanólica de 100% foi a melhor

Tabela 4. Estudos de extração dos compostos bioativos dos subprodutos do processamento da acerola utilizando como solventes extratores água destilada e soluções etanólicas nas concentrações de 50 e 25%, e álcool P.A nas concentrações amostra/solvente extrator (m/v) 250.000, 166.667, 125.000, 100.000, 66.667 e 50.000 ppm.

Concentração de Pó / Solvente (ppm)	Solvente	Vit. C (mg/100g)	PET (mg Ácido Gálico Equivalente/100g)	AAT (µM Trolox Equivalente/g)	Flav. (mg/100g)	Ant. (mg/100g)
250.000	Água destilada	1081,05 ± 2,21 ^{aD}	692,46 ± 0,43 ^{aD}	34,41 ± 0,21 ^{aD}	5,65 ± 0,03 ^{aC}	8,41 ± 0,03 ^{aD}
250.000	Sol. etanólica 25%	1311,95 ± 1,14 ^{aC}	1493,73 ± 1,54 ^{aB}	77,49 ± 0,15 ^{aB}	21,26 ± 0,21 ^{aB}	23,18 ± 0,05 ^{aC}
250.000	Sol. etanólica 50%	1940,37 ± 0,75 ^{aA}	1836,01 ± 1,24 ^{aA}	83,73 ± 0,07 ^{aA}	41,00 ± 2,09 ^{aA}	34,29 ± 1,07 ^{aA}
250.000	Sol. etanólica 100%	1395,82 ± 0,94 ^{aB}	1185,63 ± 2,39 ^{aC}	64,68 ± 0,04 ^{bC}	21,61 ± 0,66 ^{bB}	30,15 ± 1,12 ^{aB}
166.667	Água destilada	933,92 ± 0,13 ^{bD}	668,56 ± 2,21 ^{bD}	32,53 ± 0,11 ^{bD}	3,50 ± 0,03 ^{bC}	7,57 ± 1,14 ^{bC}
166.667	Sol. etanólica 25%	1062,80 ± 0,54 ^{bC}	1010,68 ± 0,03 ^{bB}	76,51 ± 0,14 ^{aA}	10,39 ± 0,30 ^{bC}	15,52 ± 0,16 ^{bB}
166.667	Sol. etanólica 50%	1618,87 ± 0,35 ^{bA}	1030,64 ± 1,14 ^{bA}	62,50 ± 0,29 ^{bC}	13,64 ± 0,44 ^{bB}	21,46 ± 0,09 ^{bA}
166.667	Sol. etanólica 100%	1348,48 ± 0,45 ^{bB}	867,40 ± 1,98 ^{bC}	73,35 ± 0,33 ^{aB}	23,21 ± 0,22 ^{aA}	21,32 ± 0,13 ^{bA}
125.000	Água destilada	882,74 ± 0, 87 ^{cD}	644,10 ± 0,66 ^{cD}	25,82 ± 0,33 ^{cD}	4,11 ± 0,19 ^{bC}	4,99 ± 0,03 ^{cD}
125.000	Sol. etanólica 25%	995,76 ± 1,13 ^{cB}	720,85 ± 0,98 ^{cB}	36,28 ± 0,14 ^{bB}	4,67 ± 0,18 ^{dC}	12,03 ± 0,06 ^{cC}
125.000	Sol. etanólica 50%	1391,08 ± 2,43 ^{cA}	818,13 ± 1,34 ^{cA}	61,57 ± 0,19 ^{bA}	9,11 ± 0,11 ^{bB}	13,93 ± 0,13 ^{cA}
125.000	Sol. etanólica 100%	971,18 ± 0,11 ^{cC}	682,09 ± 0,56 ^{cC}	31,80 ± 0,04 ^{dC}	13,52 ± 0,2 ^{cA}	12,76 ± 0,06 ^{cB}
100.000	Água destilada	740,99 ± 0,51 ^{dA}	567,35 ± 0,25 ^{dA}	26,57 ± 0,03 ^{cD}	3,42 ± 0,07 ^{cC}	3,85 ± 0,05 ^{dB}
100.000	Sol. etanólica 25%	628,52 ± 0,22 ^{dB}	490,53 ± 0,23 ^{cC}	29,46 ± 0,18 ^{cC}	4,11 ± 0,44 ^{dB}	4,1 ± 0,01 ^{dB}
100.000	Sol. etanólica 50%	597,89 ± 0,34 ^{dD}	536,29 ± 0,19 ^{dB}	42,58 ± 0,17 ^{cA}	3,53 ± 0,02 ^{deBC}	4,00 ± 0,03 ^{dB}
100.000	Sol. etanólica 100%	621,13 ± 0,49 ^{dC}	469,00 ± 0,13 ^{dD}	36,39 ± 0,14 ^{cB}	9,79 ± 0,11 ^{dA}	8,49 ± 1,12 ^{dA}
66.667	Água destilada	734,53 ± 0,10 ^{eA}	543,73 ± 0,44 ^{eA}	15,37 ± 0,12 ^{dD}	3,10 ± 0,77 ^{cdD}	3,18 ± 0,13 ^{eB}
66.667	Sol. etanólica 25%	453,98 ± 0,07 ^{eC}	318,70 ± 0,13 ^{eD}	26,45 ± 0,39 ^{dC}	5,42 ± 0,08 ^{cB}	4,26 ± 0,09 ^{dA}
66.667	Sol. etanólica 50%	492,00 ± 0,23 ^{eB}	386,2 ± 0,17 ^{eB}	34,18 ± 0,22 ^{dA}	4,11 ± 0,15 ^{dC}	3,63 ± 0,16 ^{deB}
66.667	Sol. etanólica 100%	444,61 ± 0,08 ^{fD}	335,19 ± 0,21 ^{eC}	32,23 ± 0,50 ^{dB}	8,41 ± 0,01 ^{eA}	6,04 ± 0,15 ^{eA}
50.000	Água destilada	497,75 ± 0,05 ^{fA}	378,79 ± 0,56 ^{fA}	12,43 ± 0,09 ^{eC}	2,67 ± 0,16 ^{dC}	2,90 ± 0,20 ^{eC}
50.000	Sol. etanólica 25%	320,35 ± 0,34 ^{fD}	258,40 ± 0,15 ^{fD}	23,32 ± 0,30 ^{eB}	3,34 ± 0,21 ^{eB}	3,60 ± 0,06 ^{eB}
50.000	Sol. etanólica 50%	436,80 ± 0,87 ^{fC}	299,55 ± 0,07 ^{fB}	23,43 ± 0,14 ^{eB}	3,14 ± 0,08 ^{eBC}	3,31 ± 0,12 ^{eBC}
50.000	Sol. etanólica 100%	470,52 ± 0,13 ^{eB}	264,37 ± 0,22 ^{fC}	25,41 ± 0,12 ^{eA}	5,63 ± 0,11 ^{fA}	5,40 ± 0,07 ^{fA}

*Para cada variável, letra minúscula diferente indica diferença estatística em P<0.05 entre concentrações de subproduto: solvente (m/v) de acordo com teste de Tukey.

**Para cada variável, diferente letra maiúscula indica diferença estatística em P<0.05 entre solventes utilizados em cada proporção analisada de acordo com teste de Tukey.

extratora, enquanto para as concentrações de extrato de 100.000 e 66.667 ppm, a Atividade Antioxidante Total apresentou melhores resultados à solução etanólica de 50%. A bipolaridade carregada pela solução etanólicas em si, apresentou benefícios quando comparada simultaneamente à extração aquosa e ao etanol P.A, e aumentou ainda mais quando utilizado o etanol a 50%. Para as concentrações de 100.000 a 50.000 ppm, pode-se verificar que houve variação estatística entre a água destilada e as demais soluções de solvente empregados nas análises de antocianinas e flavonoides e conteúdo destes pode ter sido um dos fatores do aumento da concentração da AAT nestas concentrações.

Os solventes utilizados desempenharam um papel importante na extração de compostos bioativos, recuperando-os dos subprodutos. A vitamina C, apresentou uma quantidade superior em todas as extrações alcóolica, em comparação com a aquosa, nas concentrações entre 250.000 e 125.000 ppm, conforme demonstra a Tabela 4. O que nos mostra que a turbólise consegue aprimorar as respostas químicas, quanto à polaridade dos compostos.

Os valores descritos nas concentrações de 250.000 ppm para vitamina C; 250.000 ppm e 166.667 ppm para antocianinas e flavonóides apresentaram na concentração etanólica de 50% valores médios superiores aos encontrados por Musser et al.(2004) de 1869 a 1434 mg/100g de polpa; 21,1 a 17,5 mg/100g de polpa e 12,5 a 11,6 mg/100 g de polpa para Vitamina C, Antocianinas e Flavonóides, respectivamente, em diferentes estações do ano e estádios de maturação do fruto in natura, sem diluição.

Inferiores também aos resultados apresentados neste trabalho, foram os apresentados por Sousa et al., (2011), onde os teores de fenólicos totais em resíduo da polpa de acerola, com $247,62 \pm 2,08$ mg.100 g⁻¹ de fenólicos totais para o extrato aquoso e $279,99 \pm 3,5$ mg.100 g⁻¹ para o extrato hidroetanólico, considerando até mesmo as menores proporções e em todos os solventes testados. Moreira (2007), ao trabalhar com os mesmos subprodutos para microencapsulamento, obteve valores bem inferiores aos deste trabalho, principalmente na concentração tida como a ótima para a extração, de 250.000 ppm.

Confirmando o que descreve a literatura, nos subprodutos e resíduos descartados pelas indústrias processadoras de frutos ainda há uma grande quantidade de compostos com benefícios nutricionais e bioativos a serem extraídos e utilizados, os extratos obtidos destes materiais tornam-se grandes carreadores de substâncias diversas com propriedades benéficas e de emprego potencial nas indústrias alimentícias e de outros fins.

Depois de finalizados os estudos preliminares, o extrato bioativo dos subprodutos de acerola utilizado nas etapas subsequentes deste trabalho teve sua obtenção fixada nas

condições de: 250.000 ppm em solução etanólica á 50%, submetido a 15.000 rpm por 3 minutos, por turbólise.

Este extrato será incorporado ao revestimento polieletrólítico de goma de cajueiro e quitosana por gotejamento e agitação, conforme descrito anteriormente para a formação das nanocápsulas, cujo produto final foi denominado revestimento comestível. Este foi o material utilizado para o CIM, CBM e para revestimento dos frutos.

5.2. Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM).

As Tabelas 5 e 6 apresentam os resultados das absorvâncias da *Listeria innocua* (ATCC 33090) e *Salmonella enteritides* (IAL 1132) em caldo BHI e TSA, respectivamente, para determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) do extrato de compostos bioativos, PEC e do Revestimento Comestível.

Na metodologia descrita por Brandt (2010), após a leitura das absorvâncias e feitas a correlação diferencial entre o tempo 0, após o preparo das cubetas, e 24 horas após a primeira leitura e incubação, valores com diferença abaixo de 0,05 foram plaqueadas seguindo uma diluição abaixo e acima da que apresentou a inibição, para a verificação da ação bactericida do composto analisado. A ausência ou presença de no mínimo uma colônia é tida como possuidor ou não de ação bactericida mínima, respectivamente.

Observa-se que na Tabela 5, exceto na concentração de 3,44 mg de ácido gálico do extrato de bioativos do subprodutos da acerola, as demais absorvâncias apresentaram diferenças <0,05 entre as leituras após 24 horas de incubação, assim como descrita na metodologia utilizada como sendo inibitória, para a *Listeria innocua*.

O PEC e o Revestimento Comestível apresentaram inibição mínima em todas as concentrações analisadas. Logo, todas as amostras analisadas apresentaram eficiência antimicrobiana inibitória contra a bactéria Gram positiva para todas as concentrações exceto o extrato na concentração de 25%, onde não houve inibição de crescimento.

Tabela 5. Leitura da absorvância para *Listeria innocua* (ATCC 33090) em caldo BHI para determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) do extrato dos subprodutos, do PEC e do Revestimento comestível obtido.

AMOSTRAS	CONCENTRAÇÃO	ABSORVÂNCIA		
		0 HORAS	24 HORAS	(Abs 24 hs - Abs 0 hs)
EXTRATO (mg de Ácido Gálico)	13,77	0,417	0,362	-0,055
	13,77	0,422	0,363	-0,059
	6,89	0,428	0,364	-0,064
	6,89	0,432	0,381	-0,051
	3,44	0,183	0,274	0,091
	3,44	0,174	0,256	0,082
PEC (ppm)	1000	1,069	1,014	-0,055
	1000	1,206	1,149	-0,057
	500	1,199	1,147	-0,052
	500	1,042	0,987	-0,055
	250	0,604	0,554	-0,050
	250	0,507	0,454	-0,053
REVESTIMENTO COMESTÍVEL (mg de Ácido Gálico/ mL de revestimento)	6,89	1,110	1,015	-0,095
	6,89	1,073	0,974	-0,099
	3,44	0,837	0,757	-0,080
	3,44	0,913	0,838	-0,075
	1,72	0,385	0,329	-0,056
	1,72	0,377	0,321	-0,056

Na Tabela 5, evidencia-se o efeito sinérgico entre o extrato e o PEC, representado pela ausência do aumento da absorvância, para *Listeria innocua*.

Com relação à bactéria Gram negativa, conforme demonstrado na Tabela 6, o extrato e o revestimento comestível apresentaram ação inibitória para as concentrações de 6,89 e 3,44 mg de ácido gálico/mL, respectivamente, enquanto para o PEC, somente na concentração de 1000 ppm (m/v). Esses materiais apresentaram ação contra a *S. enteritides* em concentração superior à encontrada para *L. innocua*, portanto, as melhores respostas são obtidas contra as bactérias do tipo Gram negativas, principalmente quando considerados o PEC e o Revestimento Comestível. Contudo, ao extrato, o mesmo efeito inibitório foi observado para ambas as culturas, apresentando-se eficiência na concentração de 6,89 mg AEG/ 100g do subproduto.

Tabela 6. Leitura da absorbância para *Salmonella enteritides* (IAL 1132) em caldo TSA para determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM), do extrato dos subprodutos, do PEC e do Revestimento comestível obtido.

AMOSTRAS	CONCENTRAÇÃO	ABSORBÂNCIA		
		0 HORAS	24 HORAS	(Abs 24 hs - Abs 0 hs)
EXTRATO (mg de Ácido Gálico/mL de extrato)	13,77	2,326	2,247	-0,079
	13,77	2,393	2,322	-0,071
	6,89	1,914	1,858	-0,056
	6,89	1,988	1,924	-0,064
	3,44	0,736	1,113	0,377
	3,44	0,943	1,327	0,384
PEC (ppm)	1000	1,371	1,312	-0,059
	1000	0,196	0,139	-0,057
	500	0,967	1,056	0,089
	500	1,014	1,090	0,076
	250	0,484	1,716	1,232
	250	0,501	1,814	1,313
REVESTIMENTO COMESTÍVEL (mg de Ácido Gálico/ mL de revestimento)	6,89	2,192	2,130	-0,062
	6,89	2,181	2,121	-0,060
	3,44	1,969	1,918	-0,051
	3,44	1,921	1,867	-0,054
	1,72	0,911	1,522	0,611
	1,72	1,001	1,666	0,665

A concentração bactericida mínima observada como a menor concentração onde não houve presença de crescimento de colônias em placas, está representada nas figuras de 3 a 8, para cada amostra em suas concentrações e microrganismo analisado.

Figura 3. Placas OXA para presença/ausência de crescimento de *L. innocua* em diferentes concentrações de extrato.



*Ordem decrescente de concentração da esquerda para direita (13,77; 6,89; 3,44 mg de ácido gálico/mL de extrato).

Figura 4. Placas OXA para presença/ausência de crescimento de *L. innocua* em diferentes concentrações de PEC.



*Ordem decrescente de concentração da esquerda para direita (1000, 500 e 250 ppm).

Figura 5. Placas OXA para presença/ausência de crescimento de *L. innocua* em diferentes concentrações do revestimento comestível.



*Ordem decrescente de concentração da esquerda para direita (6,89; 3,44; 1,72 mg de ácido gálico/ mL de revestimento).

Figura 6. Placas XLD para presença/ausência de crescimento de *S. enteritides* em diferentes concentrações de extrato.



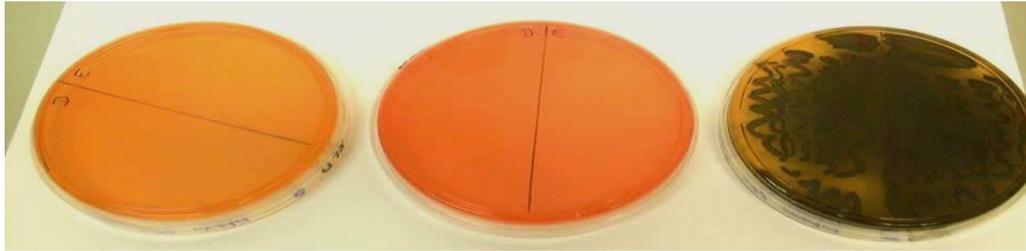
*Ordem decrescente de concentração da esquerda para direita (13,77; 6,89; 3,44 mg de ácido gálico/mL de extrato).

Figura 7. Placas XLD para presença/ausência de crescimento de *S. enteritides* em diferentes concentrações de PEC.



*Ordem decrescente de concentração da esquerda para direita (1000, 500 e 250 ppm).

Figura 8. Placas XLD para presença/ausência de crescimento de *S. enteritides* em diferentes concentrações do revestimento comestível.



*Ordem decrescente de concentração da esquerda para direita (6,89; 3,44; 1,72 mg de ácido gálico/ mL de revestimento).

Conforme apresentado na figura 3 e figura 6, somente para a menor concentração de extrato, contendo 3,44 mg de ácido gálico/mL de extrato, foi apresentado crescimento de colônia de *Listeria innocua* e *S. enteritides*. Logo, a concentração bactericida mínima (MBC) para o extrato foi de 6,89 mg de ácido gálico/mL de extrato. Para as demais amostras analisadas, a menor concentração que inibiu o crescimento bacteriano foi de 250 ppm e 1,72 mg de ácido gálico/ mL de revestimento, respectivamente. Entretanto, para *Salmonella enteritides* o extrato na concentração a 3,44 mg de ácido gálico/mL de extrato, o revestimento a 3,44 e 1,72 mg de ácido gálico/ mL de revestimento, e o PEC a 500 e 250 ppm, apresentaram crescimento em placas. Nas demais amostras e concentrações não houve crescimento, conforme pode ser visualizar nas figuras 4, 6 e 5, respectivamente.

Analisando concomitantemente o CIM e o CBM, as concentrações das amostras que se apresentaram como a concentração inibitória mínima (CIM), coincidem com as mesmas determinadas como concentrações bactericidas mínima.

Uma característica relevante analisada foi a ação sinérgica entre o extrato e o PEC. Para a Gram positiva, no extrato onde somente houve crescimento na concentração de 3,44 mg de ácido gálico/mL de extrato, ao ser incorporado ao PEC, o crescimento ou a absorvância mantiveram parâmetros de inibição e morte celular em todas as concentrações. Entretanto, para *Salmonella*, Gram negativa, o PEC apresentou crescimento em concentração superior a 500 ppm, ao do extrato a 3,44 mg de ácido gálico/mL de extrato, porém, na incorporação do extrato no PEC, conseguiu-se reduzir o crescimento microbiano, havendo crescimento, ou não inibição, apenas na concentração a 1,72 mg de ácido gálico/ mL de revestimento comestível.

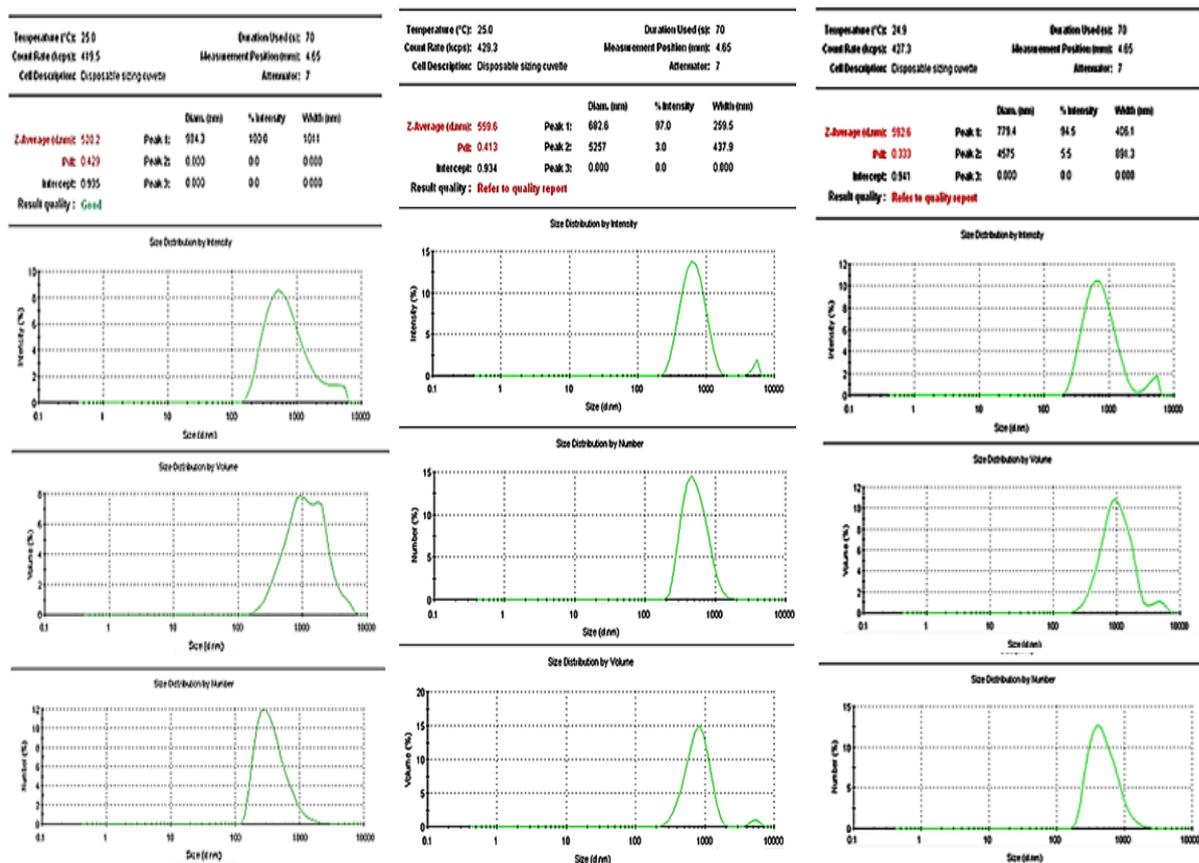
Sobre o efeito antimicrobiano dos compostos fenólicos, Wong *et al.* (2008), afirma a ação destes compostos de origem natural apresentam ações contra bactérias e outros microrganismos. Este trabalho confirma, bem como apresenta uma interação sinérgica química entre o revestimento e os compostos extraídos dos subprodutos da acerola.

A maior concentração de extratos analisados já obteve a CIM, para as duas classes de microrganismos estudadas. As concentrações obtidas comprovaram que em concentrações em que o filme possa ser formado no fruto, obteve-se CIM e CBM.

5.3. Tamanho e distribuição de partícula

Os tamanhos das partículas presentes no revestimento comestível apresentaram média de 520,2; 559,6 e 592,6 nm de diâmetro da partícula, e índice de polidispersão, índice que mostra o quanto que o tamanho destas partículas desviou da média, sendo quanto mais próximo a zero, mais uniforme a suspensão, 0,429; 0,413 e 0,333 respectivamente.

Figura 9. Gráficos de tamanho de partícula e índice de polidispersão do revestimento comestível, composto de PEC e extrato fitoquímico em solução etanólica á 50%.



Os valores apresentados por Tang, Huang, Lim (2003), foram inferiores aos apresentados neste trabalho. Porém, a composição química do extrato elevada concentração de bioativos complexos e não purificados, ricos em compostos fenólicos, vitaminas e ácidos, pode apresentar um dos fatores dessa diferença. Além disso, os autores utilizaram apenas a

quitosana como material de parede, enquanto neste trabalho houve a combinação de diferentes materiais encapsulantes para compor a parede das cápsulas.

Quanto ao índice de polidispersividade apresentado neste trabalho, os quais foram inferiores aos descritos pelos mesmos autores, ainda há a necessidade de melhorar a homogeneidade das partículas obtidas dispersas na emulsão. Os valores altos demonstram que os tamanhos das partículas variam bastante dos encontrados para a média.

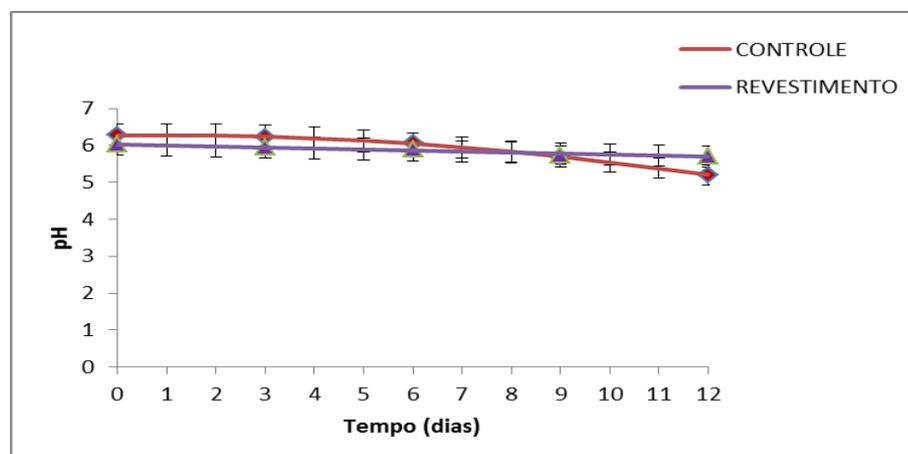
Usando o cobre nanoencapsulado como agente antimicrobiano, Qi *et al.* (2004) apresentaram diâmetro de partícula entre 65,19 e 663,8 nm, com valor médio próximos a 257nm. Os exemplos referenciados e as características das partículas obtidas neste trabalho, demonstraram que a complexidade do material a ser nanoencapsulado interfere diretamente no tamanho da partícula e na homogeneidade das partículas na dispersão do material durante a leitura para as análises.

5.4. Caracterização Física e Fisico-química de melões revestidos com Revestimento Comestível

5.4.1. pH e Acidez Titulável (AT)

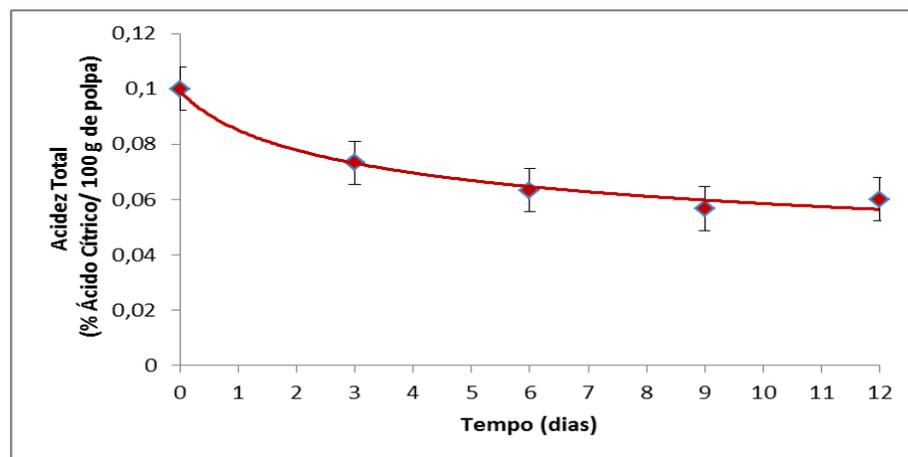
Analisando o pH durante o armazenamento, a figura 9 demonstra que houve diferença ao nível de 5% de significância entre as amostras analisadas. O pH dos cubos de melão controle variou de 6,32 a 5,19, enquanto que para os cubos revestidos variou de 6,03 a 5,69 durante os 12 dias de armazenamento.

Figura 10. Análise estatística dos valores de pH no melão revestido e não revestido (controle) durante o armazenamento a $10 \pm 2^\circ \text{C}$.



O revestimento conseguiu manter – se mais constante seus parâmetros durante os 12 dias de armazenamento, além dos ácidos presentes na goma de cajueiro e na solubilidade da quitosana terem reduzido o pH inicial dos cubos em comparação com o controle, que apresentou um declínio com maior redução durante o estudo.

Figura 11. Análise estatística dos valores de acidez total pelo tempo de armazenamento a $10 \pm 2^\circ \text{C}$.



Houve diferença estatística entre os tempos, e não entre os tratamentos. Os tempos 6, 9 e 12 não variaram entre si, os demais se diferenciaram.

Os valores encontrados neste trabalho estão dentro dos parâmetros encontrados por Batista e Borges (2013), onde a aplicação de ácido ascórbico (um dos compostos presentes no extrato etanólico empregado no revestimento comestível final deste trabalho) apresentou uma redução no pH do fruto. Porém, mesmo os valores estando pouco ácidos, sendo susceptível a ação microbiana, estenderam a vida útil para Batista e Borges (2013) e apresentou um papel importante na manutenção do pH dos cubos revestidos neste trabalho.

Com relação à acidez titulável não houve diferença estatística ao nível de 5% de significância, entre as amostras e o tempo de armazenamento analisados, sendo observada uma queda linear da acidez, variando de 0,090 para 0,0513% ao final do armazenamento. Trabalhando com melão ‘Orange Flesh’ armazenado em atmosfera modificada ativa a $5 \pm 1^\circ \text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de UR, Araújo (2003), encontrou teores de acidez relativamente estáveis, porém com tendência a redução, variando de 0,096 a 0,064 g de ácido cítrico 100g^{-1} de polpa, ao longo do armazenamento. Os valores mais baixos apresentados entre os trabalhos são compreensíveis pelo material empregado para revestir o fruto e a natureza de seus ácidos e

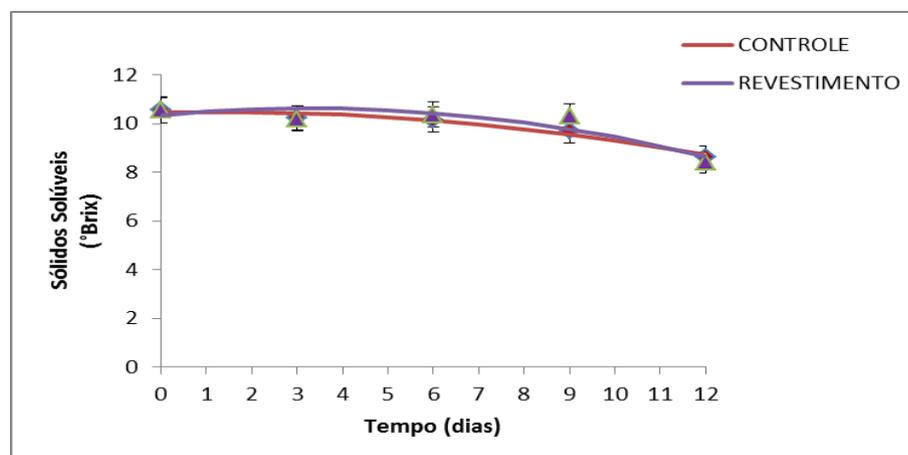
dos solventes. Além disso, fatores como estágio de maturação, período de colheita e outros aspectos culturais podem influenciar nos parâmetros de qualidade, diferentemente, para cada cultivar.

O melão durante o armazenamento apresenta um valor crescente em seu pH, e consequentemente baixa acidez, por Menezes *et al.*, 2001. Neste trabalho, os valores durante o armazenamento não obteve o mesmo comportamento. Porém, o crescimento de bactérias lácticas pode ter contribuído para que o mesmo não ocorresse. Ainda, há uma queda maior na acidez após o 3º dia de armazenamento e depois os valores apresentam uma tendência à valores constantes.

5.4.2. Sólidos Solúveis (SS)

Os valores de sólidos solúveis, medidos em ° brix, para ambos os tratamentos nos cubos, reduziram ao longo do armazenamento, apresentando valores médios de 10,55 a 8,63° Brix para o controle e de 10,57 a 10,30° Brix até o 9º dia analisado declinando para 8,40 no 12º dia. Os valores apresentados foram bastante superiores aos 6,60° Brix de Dal' Molin *et al.*, 2013. O estágio de maturação deste fruto caracteriza a diferença entre o autor citado e este trabalho. A redução dos sólidos solúveis, provocada por ações de degradação do fruto e também pelo próprio processo fisiológico do amadurecimento e respiração, apresentou valores inferiores no cubo controle quando comparados aos revestidos.

Figura 12. Análise estatística dos valores de Sólidos Solúveis no melão revestido e não revestido (controle) durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.



A atmosfera criada pelo revestimento apresentou eficiência no retardo do amadurecimento mantendo estável o teor de SS até o 9º dia de armazenamento 10,57 a 10,30 °Brix, enquanto para o controle varia de 10,55 a 9,70 ° Brix. Houve diferença estatística entre os tempos, e não entre os tratamentos

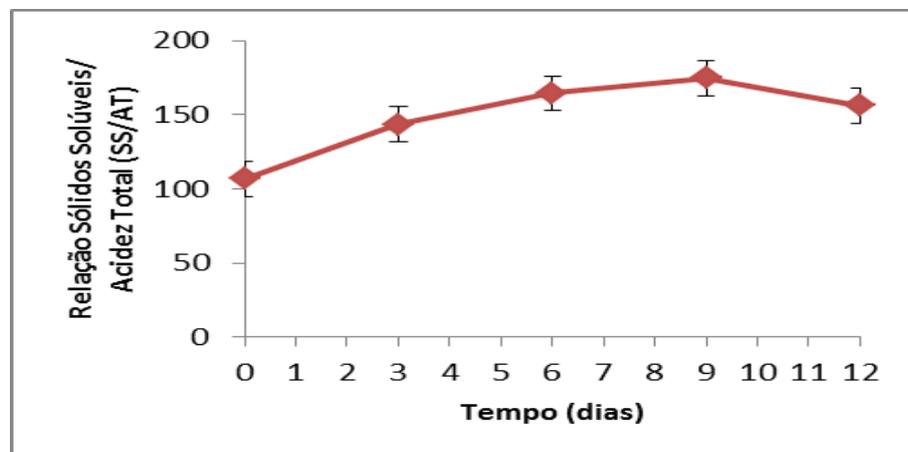
Sendo o PEC um agente protetor à ações externas e bioquímicas no cubo de melão até certo período, após a redução do papel protetor do revestimento pela decomposição dos compostos presentes no mesmo apresenta redução no °Brix mensurado.

5.4.3. Relação Sólidos Solúveis / Acidez Titulável Total (SS/AT)

Na figura 12 verifica-se que a relação entre sólidos solúveis e acidez total é crescente até o 9º dia de análise, havendo um decréscimo suave em seguida.

Conforme demonstra a figura a seguir, o comportamento apresentado pela relação entre SS/AT um crescimento até o 9º dia e pouco decréscimo após este, não diferenciando significativamente do 6º dia. Logo o comportamento da acidez total mostra influencia direta a este parâmetro, uma vez que a quantidade de SS aumentou pouco e a de AT baixou muito. Não houve diferença estatística entre os tratamentos ao nível de 5% de significância. Os tempos 6, 9 e 12 não variaram entre si. Já o tempo 3, variou com o tempo 0, que diferenciou-se de todos, e o 9, mas não entre os tempos 6 e 12.

Figura 13. Análise estatística dos valores para relação de Sólidos Solúveis e Acidez Total pelo tempo de armazenamento a 10 ± 2 °C.

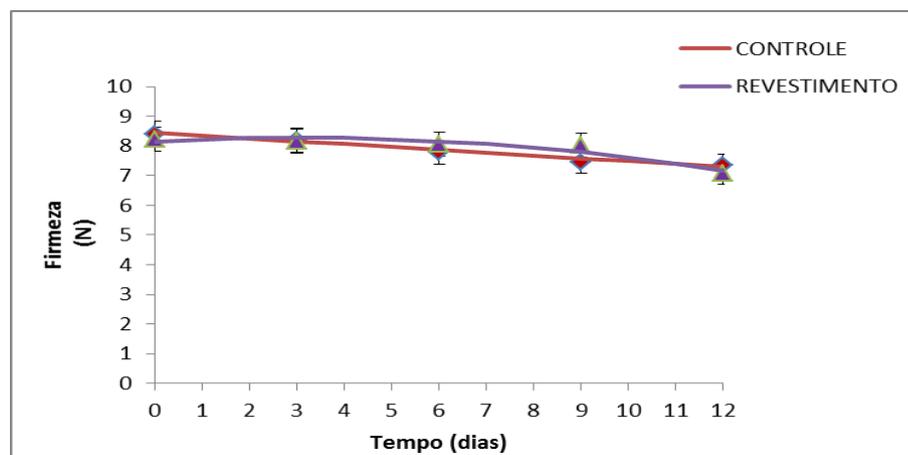


A relação entre sólidos solúveis e acidez titulável fornece um indicativo do sabor da fruta, pois relaciona a quantidade de açúcares e ácidos presentes. Ampla variação da relação SS/AT entre os híbridos de melão Gália (66,92 ‘Melidol’ a 219,34 ‘Medalion’), Charentais (103,66 ‘Magisto’ a 302,64 ‘Magritte’), Pele de Sapo (96,84 ‘Sancho’ a 131,03 ‘Medelin’) e Cantaloupe (83,90 ‘PX 4048’ a 315,38 ‘Caribbean Pérola’) enquanto a média geral foi de 133,05 foram observadas por Barreto, 2011.

5.4.4 Firmeza

De acordo com a Figura 13 verifica-se que a firmeza do melão controle é maior do que o melão revestido no dia zero do armazenamento, entretanto nos períodos seguintes, após a formação do filme e este agregar-se ao cubo revestido. Logo, enquanto para o controle os valores decrescem linearmente de 8,41 até 7,34 e para o revestido, valores compreendidos entre 8,27 a 7,18, porém par este tratamento, os valores medianos entre o 1 e 5º dia após o processamento, apresenta um aumento na firmeza dos cubos. Apresentaram diferença ao nível de 5% de significância com relação ao grupo controle. Com o armazenamento refrigerado há um decréscimo leve na firmeza, porém o revestimento, e a atmosfera modificada criada pelo mesmo, retarda a perda da firmeza em comparação ao controle.

Figura 14. Análise estatística dos valores de Firmeza no melão revestido e não revestido (controle) durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.



Em regiões semiáridas do nordeste brasileiro, onde o meloeiro é mais cultivado, têm-se verificado valores variando de 25,19 a 26,77 N em melões do tipo Amarelo (BARRETO, 2008) e 44,85 N para melões do tipo Cantaloupe (DANTAS, 2010).

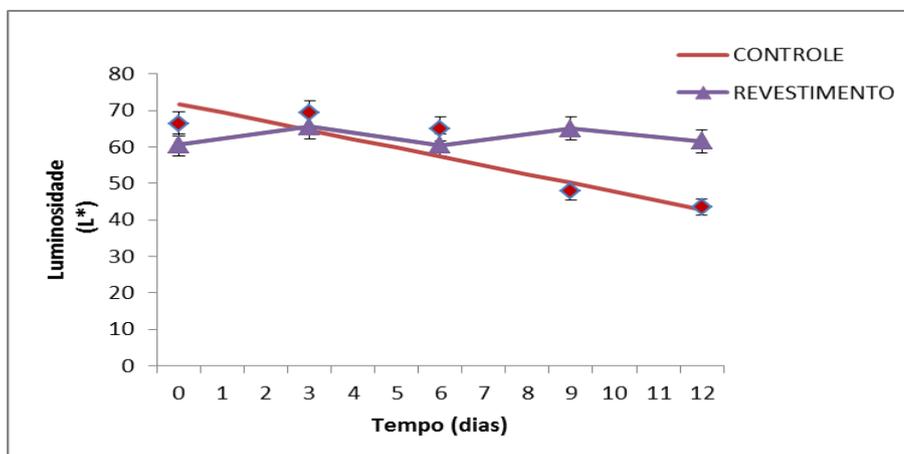
Porém, os melões foram colhidos em ponto de maturação comercial, diferente dos utilizados neste trabalho, o que pode justificar a diferença de firmeza. Outro fator relevante são as injúrias sofridas pelo fruto e influências externas (do ambiente) durante o processamento mínimo. Arruda (2003) em estudos de atmosfera modificada apresenta valores inferiores aos apresentados neste trabalho. Para o autor a firmeza varia entre 3,06 e 5,42 N.

5.4.5. Cor

5.4.5.1. Luminosidade (L*)

Durante o armazenamento, os valores de L* para o melão controle foi menor que para o melão revestimento. Para o cubo revestido, não houve variação estatística entre os tempos de armazenamento, variando entre 60,41 a 65,50. Já para o controle, observou-se um declínio de 71,76 para 42,91, onde os valores analisados apresentaram distantes dos pontos estimados até o 9º dia. Assim, a análise de luminosidade do melão revestido comprova que o papel do revestimento em garantir visualmente a manutenção dos cubos foi alcançado, tendo o controle escurecido.

Figura 15. Análise estatística dos valores de luminosidade no melão revestido e não revestido (controle) durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.

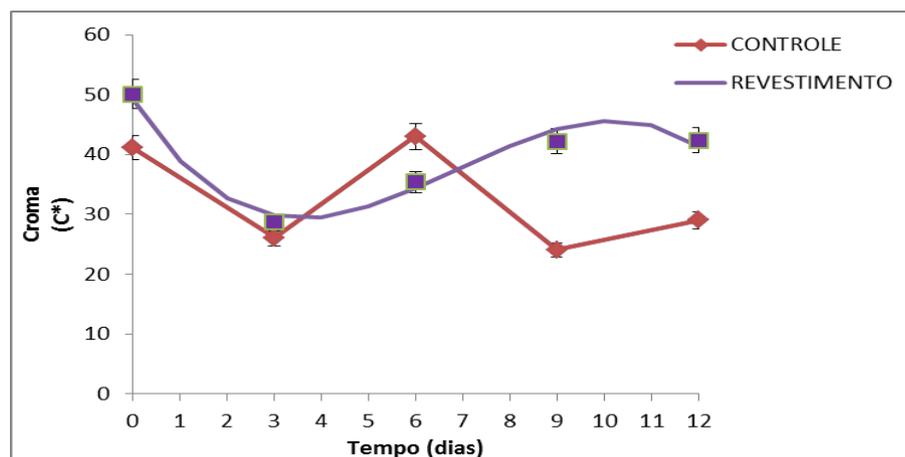


Durante o revestimento de tomates com quitosana e argila, Costa *et al.*, (2013) observaram que a luminosidade decresceu durante os 12 dias de armazenamento, o que mostrou insatisfatório o emprego deste filme para este fruto. O contrário foi apresentado no cubo de melão revestido com quitosana e goma de cajueiro acrescido de bioativos, este conseguiu manter a luminosidade durante o mesmo período (12 dias).

5.4.5.2. Cromo (C*)

Com relação ao valor de C* houve diferença ao nível de 5% de significância entre os melões controle e com revestimento durante a vida de prateleira.

Figura 16. Análise estatística dos valores de croma no melão revestido e controle durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.



Embora inconstância entre o tempo de armazenamento os valores de C* para os melões revestidos foram maiores em relação aos não revestidos. Porém, no sexto dia os valores de C* foram maiores para os melões controles. Porém, os valores apresentados para o croma de 43,02 a 26,08, e de 49,10 a 29,75 para os cubos controle e o revestido respectivamente, demonstra que mesmo com um comportamento diferente durante a estocagem, ambos estiverem variando entre os mesmos valores e apresentando intensidade mediana.

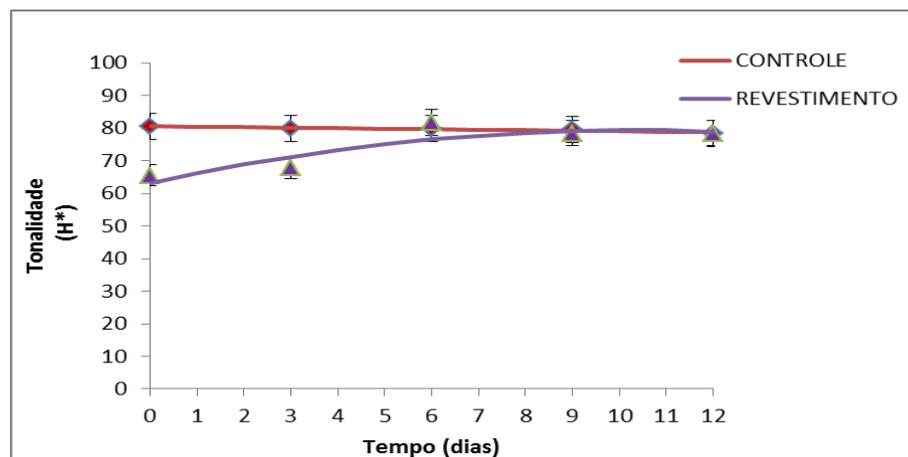
Rodriguez – Lafuente *et al.* (2010) estudando a vida de prateleira de tomates cerejas inoculados com *A. alternata* em embalagens de papel ativo à base de parafina e óleos essenciais da casca da canela, trans-cinamaldeído (princípio ativo do óleo da canela) e de orégano verificaram que não houve diferença estatística para os valores de C*. O mesmo não

foi encontrado com o PEC incluído com bioativos extraídos de casca, semente e outros componentes presentes no resíduo da acerola.

5.4.5.3. Valor do ângulo *hue* (h^*)

A Figura 16 mostra que houve diferença estatística entre os tratamentos ao longo do armazenamento, no entanto, a partir do sexto dia não houve diferença ao nível de 5% de significância. Analisando o ângulo *hue* das amostras, mesmo com a diferença até o tempo de 6 dias, os dois tratamentos apresentaram suas amostras entre as cores vermelho - amarelado, ou vermelho - alaranjado. Para o controle os valores estiveram entre 80,59 e 78,81°; enquanto para o revestido consistiu valores entre 63,23 e 78,98°.

Figura 17. Análise estatística dos valores do ângulo *hue* no melão revestido e controle durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.

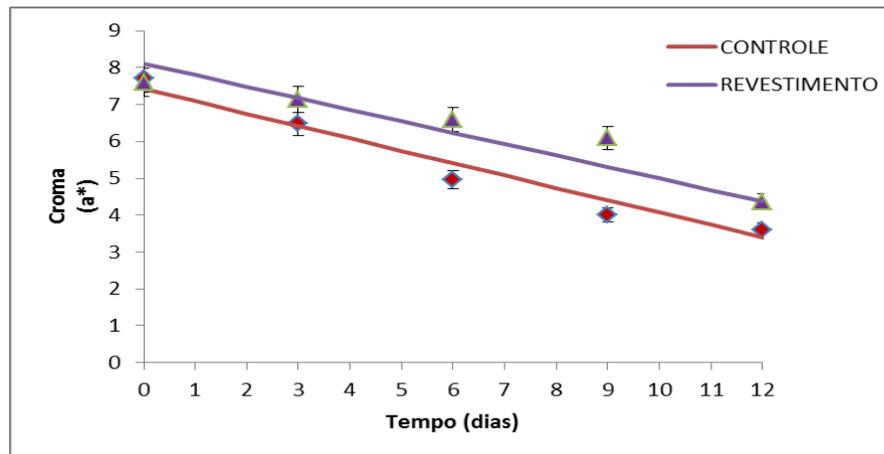


5.4.5.4. Valor de a^*

Havendo diferença ao nível de 5% de significância tanto entre os tratamentos e entre os dias, a figura 17 mostra que os dois tratamentos obtiveram um declínio dos valores lidos durante os 12 dias de estocagem. Para os cubos controle os valores variaram entre 7,42 e 3,40 e de 8,11 a 4,37 para cubos revestidos. Apesar do declínio, o revestimento apresentou valores superiores aos do controle, o que pode ter se dado, devido aos componentes presentes no extrato que enriquece o filme comestível, retarda o amadurecimento dos frutos (inclusive pela nova atmosfera em volta do fruto) e os bioativos presentes, que podem ter ajudado a proteger os pigmentos, como o β -Caroteno que foi superior á 1182, 24 $\mu\text{g}/100\text{g}$ e de

antocianinas superior a 0,05 mg/100g. Os valores positivos de a^* , afirma que a cor do cubo ficou próximo vermelho/alaranjado.

Figura 18. Análise estatística dos valores de a^* no melão revestido e controle durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.



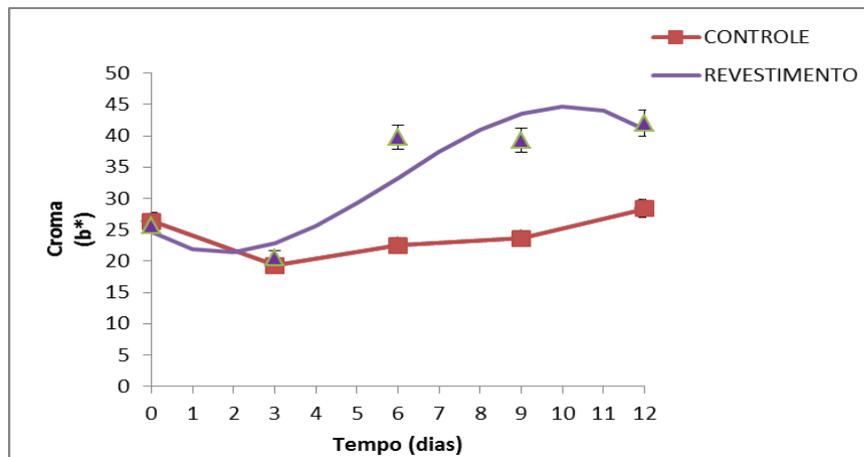
Costa *et al.*, (2013) afirma que o revestimento á base de quitosana e argila aplicado sobre tomate permitiu o amadurecimento do fruto durante a estocagem. O PEC apresentou grande significância quanto a maturação dos cubos, uma vez que este parâmetro estima a mudança entre a coloração de verde (-) a vermelho (+).

5.4.5.5. Valor de b^*

A Figura 18 mostra que houve diferença ao nível de 5% de significância até o décimo segundo dia entre os tratamentos a partir do terceiro dia. Analisando a variação entre os cubos controle e o revestido compreendido entre 19,32 e 28,37, e de 21,45 e 44,75 respectivamente, onde o valor positivo de b^* (amarelo) comprova que o revestimento evitou a senescência dos frutos ou qualquer natureza de manchas ou escurecimento no material analisado.

O comportamento do PEC nos parâmetros referentes à cor dos frutos demonstra a combinação entre o revestimento comestível e o fruto analisado, sendo o revestimento um fator favorável à manutenção visual da cor, importante para consumidor na atitude de compra.

Figura 19. Análise estatística dos valores de b^* no melão revestido e controle durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.



A curva referente ao croma b^* apresentou o mesmo comportamento da curva de flavonóides com uma curva bastante acentuada após o 3º dia de armazenamento. Isso pode ter ocorrido pela liberação (rompimento) do extrato encapsulado e extravasamento do material celular do próprio fruto.

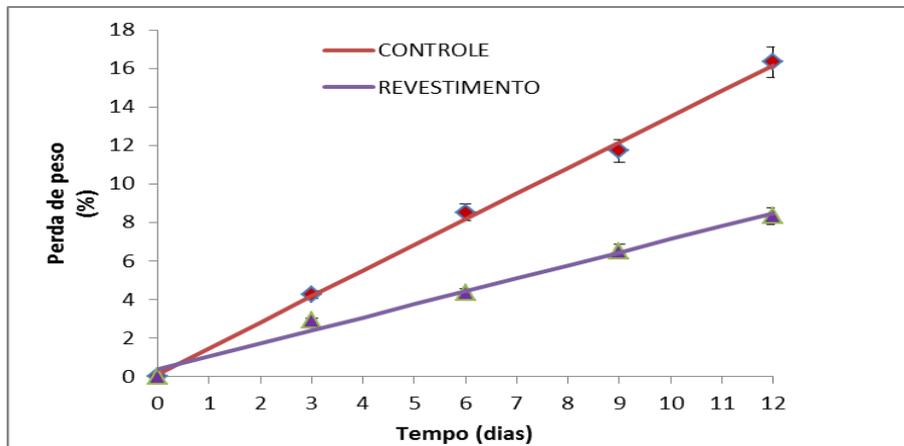
5.4.6. Perda de Massa

A Figura 19 apresenta os resultados da perda de massa do melão revestido e não revestido (controle) durante os 12 dias de armazenamento. De acordo com os resultados, houve diferença ao nível de 5% de significância entre as amostras analisadas durante o armazenamento. No entanto, nos melões revestidos observou-se uma menor redução da perda de massa, efeito este comprobatório da proteção polimérica causada pelo PEC, que reduziu a perda de água e de outros compostos que o influenciasse.

O revestimento aplicado sobre o cubo reduz a transpiração e desenvolve uma nova atmosfera, melhorando alguns fatores intrínsecos e extrínsecos ao fruto. Essa barreira é responsável também pela suave redução na firmeza, mantendo assim células mais íntegras e menor volume de exsudado dos cubos de melões.

Brasil *et al.* (2011) observaram perdas de massa em amostras de mamão cerca de duas vezes maior no grupo controle que nas amostras tratadas com revestimento multicamada (quitosana, pectina e cloreto de cálcio). Tal fato foi associado a presença protetora da multicamada de revestimento.

Figura 20. Análise estatística dos valores de perda de peso no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.



5.5. Compostos bioativos e atividade antioxidante total

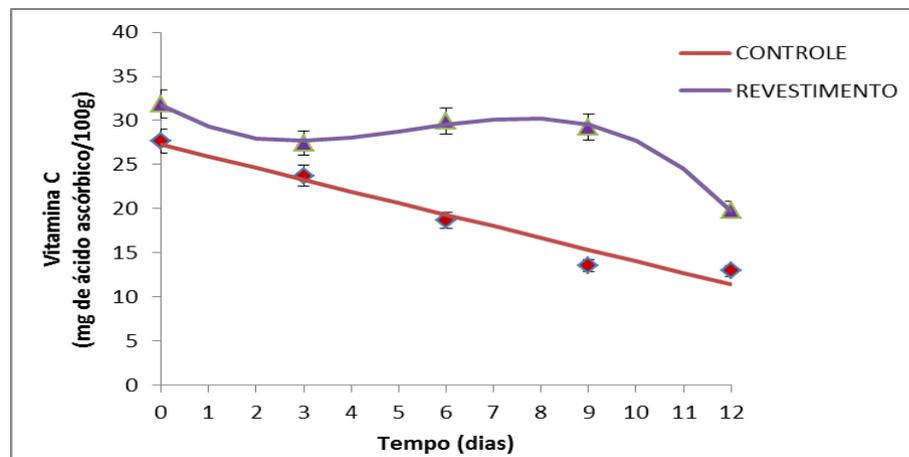
As figuras de 20 a 26 apresentam os resultados dos antioxidantes do melão revestido e controle, sem revestimento, durante 12 dias de armazenamento.

5.5.1. Vitamina C

Com relação ao conteúdo de vitamina C, a análise estatística revelou, mediante regressão linear, que houve diferença ao nível de 5% de significância entre as amostras tratadas e não tratadas.

Os melões com revestimento apresentaram maior conteúdo de vitamina C durante a vida de prateleira atingindo valores entre 31,76 e 19,77 mg de ácido ascórbico/ 100g, e um teor de 30, 22 mg de ácido ascórbico/100g de amostra, no período compreendido entre o 6 e 9º dia. Após nove dias de armazenamento, o teor de ácido voltou a reduzir. Para o controle, os valores declinaram linearmente, variando entre 27,24 e 11,40 mg/ 100g.

Figura 21. Análise estatística dos valores de vitamina c no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.



Conforme Gomes *et al.*, (2001), o encapsulamento possibilita o controle de condições nas quais os agentes devem ser liberados na superfície do produto. Assim, os compostos bioativos extraídos dos resíduos encapsulados, e a sua liberação durante a estocagem, podem ter sido o motivo do enriquecimento do cubo do melão com ácido ascórbico quando comparado ao controle.

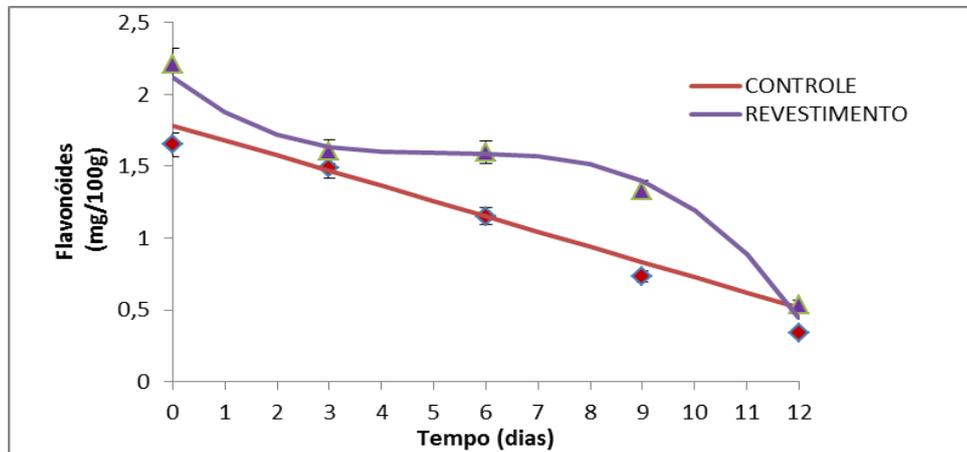
Mesmo apresentando valores superiores aos apresentados até mesmo pelo controle por Costa *et al.*, (2013) onde o estudo com melão revestido variou a concentração entre 13 e 6 mg/100g, o que pode ser relevante devido ao estágio de maturação do fruto durante sua colheita, o revestimento no melão minimamente processado, apresentou seus pontos na curva estimada próximo aos valores obtidos em análise, o que comprova a eficiência da encapsulação e a liberação controlada.

5.5.2. Flavonóides amarelos

O conteúdo de flavonóides amarelos nos melões tratados, durante o armazenamento, diferiram à um nível de significância de 5%. Porém, esta afirmação não persistiu até o fim do armazenamento, no último dia analisado. Nos cubos controles os valores variaram de 1,79 a 0,34 e de 2,12 a 0,45 mg/ 100 g nos melões com revestimento.

Segundo literatura apresentada por Barreto, (2011) os valores de flavonoides encontrados para melão amarelo, variaram entre 0,52 e 1,32 mg/100g de amostra. Enquanto que para o Cantaloupe, híbrido ‘Sédna’ seu valor médio foi de 5,77mg/100g.

Figura 22. Análise estatística dos valores de Flavonóides amarelos no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.



O cruzamento entre as espécies pode ter favorecido o valor superior ao Cantaloupe utilizado para este estudo. Porém, deve-se salientar o pico durante o dia 3 e 9, assim como apresentado para vitamina C, conforme apresentado na figura 20.

Os flavonóides amarelos apresentaram comportamentos indiretamente proporcionais ao parâmetro croma (b^*). A degradação dos flavonóides e do fruto não interferiu na coloração amarelo - laranja dos cubos de melão, bem como não foi analisada nenhum ponto de escurecimento ou manchas escuras.

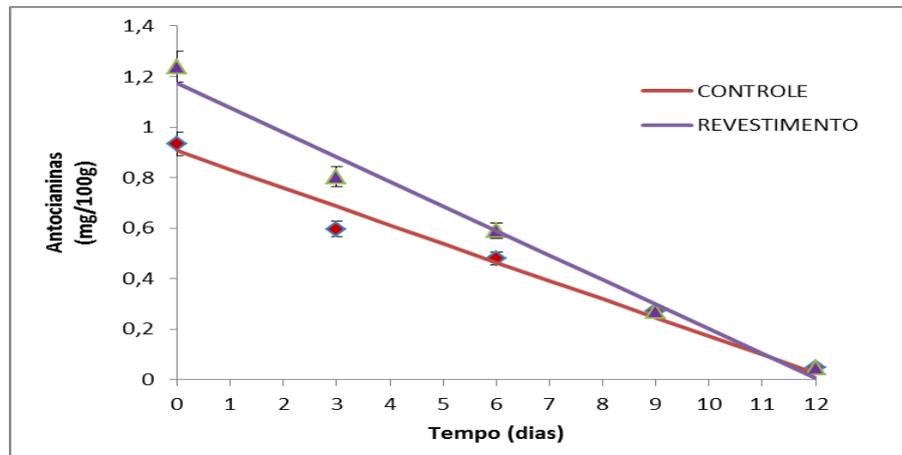
5.5.3. Antocianinas Totais

Durante o armazenamento não diferiram entre si ($p > 0.05$) apenas no dos dias 9 em diante. Nos cubos controles os valores variaram de 0,91 a 0,03 e de 1,17 a 0,01 mg/100 g nos melões com revestimento.

Os valores apresentados entre os tratamentos apresentou comportamento igual ao apresentado entre o revestido e o controle. Assim, as antocianinas não se apresentaram como um parâmetro relevante para o estudo de encapsulamento no PEC comestível nem tampouco para a cor, uma vez que a sua quantidade foi bastante pequena.

Mesmo estando diretamente ligado ao croma a^* , e ambos apresentaram mesmo comportamento durante os 12 dias de estocagem, este não se relaciona com a cor do melão.

Figura 23. Análise estatística dos valores de Antocianinas no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.



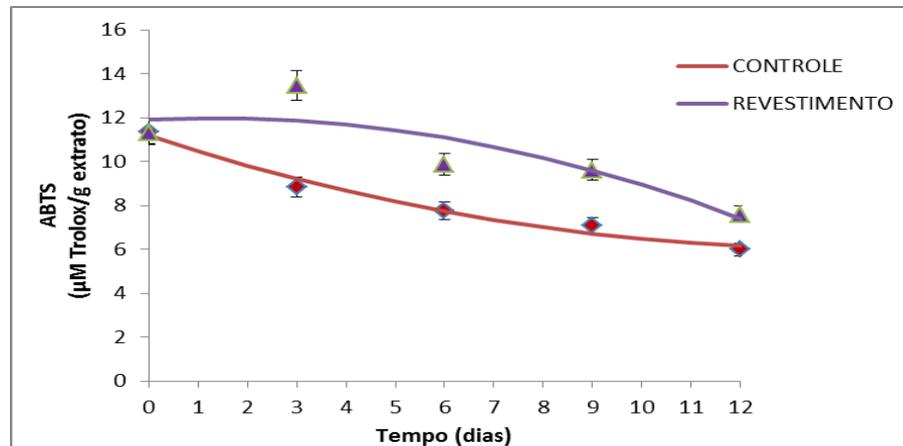
Outros compostos como o β – Caroteno, licopeno e flavonóides estão entre os fatores da coloração deste fruto.

5.5.4. Atividade Antioxidante Total (ABTS⁺)

A atividade antioxidante total nos melões com revestimento e controle foram distintos onde, os valores para o cubo revestido manteve uma leve redução nos valores de μM de Trolox/g de extrato, enquanto para o controle a queda foi bastante acentuada e diferente estatisticamente entre si. Tal fato corresponde a maior presença de compostos bioativos nas amostras imersas na emulsão comestível, onde houve um aumento da atividade antioxidante total variando de 11,92 (no tempo zero) a 7,40 μM Trolox/g no final do experimento (Figura 23). Para o controle os valores apresentaram-se entre 11,18 e 6,16 μM Trolox/g. Em ambos os tratamentos podem relacionar a perda gradual no conteúdo dos bioativos do fruto devido ao processo da senescência e ao crescimento de bolores e leveduras.

A atividade antioxidante superior à encontrada no controle devesse ao fato da dos compostos dos subprodutos da acerola, extraídos por solução etanólica e carregada para o cubo através do revestimento. Além do melhoramento na atividade bioativa deste produto, comprovou-se também uma melhora na vida útil do produto.

Figura 24. Análise estatística dos valores de ABTS no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.



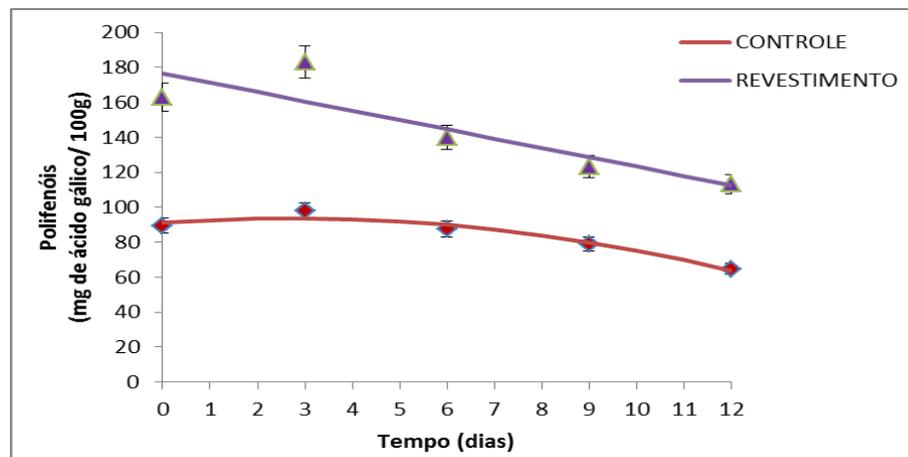
De acordo com Sánchez-González *et al.* (2011) a capacidade antioxidante aumentou significativamente durante os primeiros 3 dias de armazenamento tanto nas uvas com revestimento de quitosana e óleo essencial de bergamota como nas uvas sem revestimento. Neste estudo não foi observado mesmo comportamento, mas o filme conseguiu reter melhor os compostos da oxidação dos mesmos.

5.5.5. Polifenóis Solúveis Totais

Com relação ao conteúdo de polifenóis, observa-se na Figura 24 que houve diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade entre as amostras analisadas e os melões revestidos apresentaram um maior conteúdo de polifenóis no final do armazenamento. O conteúdo de polifenóis totais nos melões revestidos variou de 76,50 a 112,67 mg de ácido gálico/100 g de fruto enquanto nos melões não revestidos (controle) foi de 93,70 a 63,90 mg de ácido gálico/100 g de fruto ocorrendo um acúmulo desse conteúdo no período de armazenamento de 3 a 5 dias de armazenamento, porém não há variação estatística entre o tempo 0 e 7 dias do controle.

Sánchez-González *et al.* (2011) verificaram que houve uma perda significativa no conteúdo de polifenóis tanto nas uvas revestidas com quitosana e óleo essencial de bergamota como nas uvas não tratadas.

Figura 25. Análise estatística dos valores de ABTS no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.



A capacidade antioxidante está diretamente relacionada com o conteúdo dos compostos fenólicos (Cordenunsi *et al.*, 2005; Connor *et al.*, 2002). Portanto, confirmando o autor, nas Figuras 25 e 26 observa-se que a atividade antioxidante total e o conteúdo de polifenóis totais apresentaram comportamentos semelhantes durante o período de armazenamento.

Zheng *et al.* (2012) relataram que a acúmulo de compostos fenólicos em plantas e frutas por excitores abióticos ou bióticos tem sido considerados como mecanismo de defesa. Portanto, a presença destes compostos extraídos dos resíduos de acerola e a comprovação do efeito enriquecedor do mesmo incorporado ao filme comestível, pode apresentar um grande benefício ao consumidor do produto minimamente processado, uma vez que o mesmo *in natura* apresenta valores inferiores.

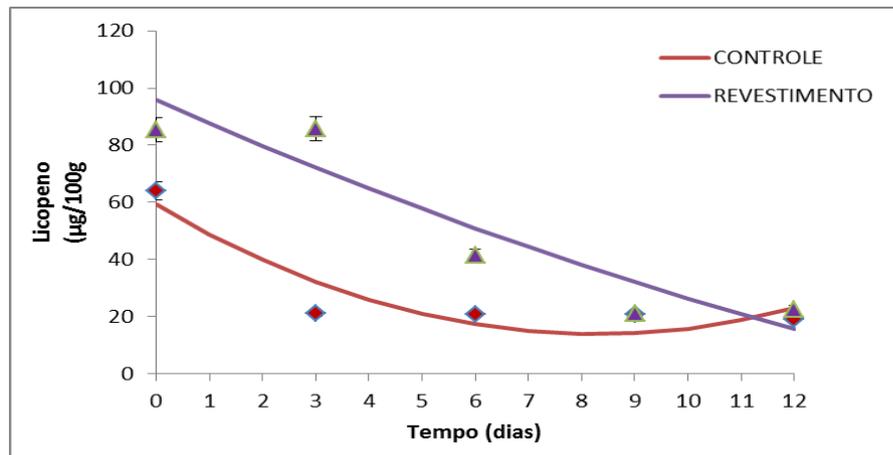
5.5.6. Licopeno e β – Caroteno

De acordo com a Figura 25, o revestimento apresentou conteúdo de Licopeno superior aos do controle, no entanto, pode ser observado novamente que não ocorreu diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os melões tratados e não tratados durante a vida de prateleira do décimo primeiro ao décimo primeiro dia de armazenamento. Anterior a este período, ocorreu diferença estatística entre as amostras tratadas e não tratadas.

Para o revestido, os valores variaram entre 95,74 e 15,58. Para o controle variaram entre 59,12 e 22,88. Mesmo demonstrando o aumento do conteúdo no cubo revestido, o mesmo apresentou uma oxidação bastante superior ao outro (controle). Isso pode ter

ocorrido devido à presença de mais substâncias oxidativas e outros componentes presentes no filme não apresentados pelo controle.

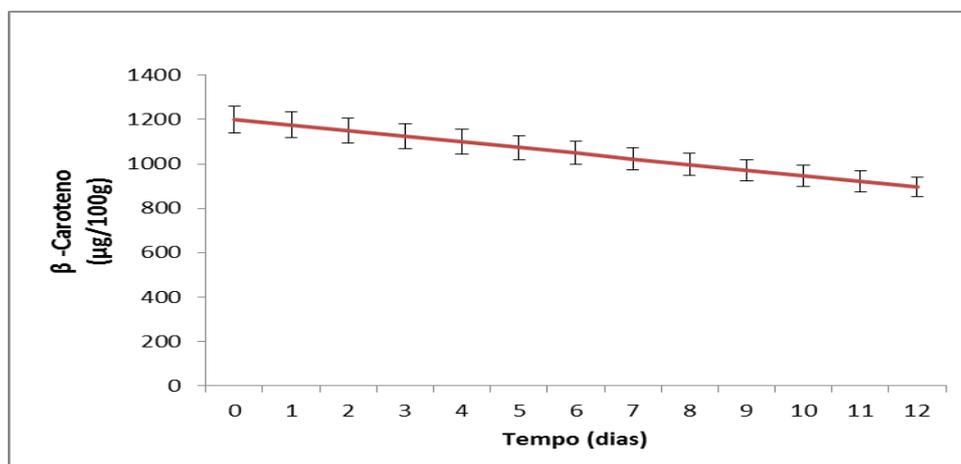
Figura 26. Análise estatística dos valores de Licopeno no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 10 ± 2 °C.



De acordo com a Figura 26, observou-se que não ocorreu diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os melões revestidos e os controles durante a vida de prateleira. Os valores apresentaram-se entre 1192,94 e 911,80, e de 1201,55 e 895,76 µg de β -Caroteno /100g de amostra para o controle e revestido, respectivamente.

Portanto, mesmo havendo uma oxidação dos carotenóides (β -Caroteno e Licopeno) estudados, os mesmo não conseguiram ser detectados com grande importância, principalmente na luminosidade do cubo revestido.

Figura 27. Análise estatística dos valores de β -Caroteno pelo tempo de armazenamento a 10 ± 2 °C.



Essa perda pode estar associada à exposição dos produtos ao oxigênio, tanto do melão durante o processamento mínimo, quanto do revestimento, uma vez que o β - Caroteno é oxidado rapidamente quando expostos à luz e ao oxigênio (Rivera-Lopez, Vasquez- Ortiz, Ayala-Zavala, Sotelo-Mundo, e Gonzalez-Aguilar (2005).

O β -Caroteno ainda encontra-se diretamente ligado ao croma b^* e aos flavonóides, quanto à coloração laranja do melão cantaloupe. Assim, os valores altos destes compostos justificam a predominância permanente da cor durante o amadurecimento. Mesmo ocorrendo a degradação dos bioativos durante o amadurecimento e da senescência dos cubos minimamente processados, a atmosfera modificada conseguiu retardar essa perda durante um determinado tempo de armazenamento, como é o caso do licopeno, que comparado ao controle, o revestido teve um conteúdo superior até o 11º dia de análise.

Para os compostos bioativos, todos foram correlacionados diretamente entre si. Os valores variaram entre 46%, relação entre flavonóides e licopeno, e 80,8%, entre β -Caroteno e Vitamina C.

Tabela 7. Coeficiente de correlação de Pearson entre as análises de compostos bioativos, compreendidos por Licopeno, B- Caroteno, ABTS, Polifenóis, Vitamina C, Flavonóides e Antocianinas, avaliados durante 12 dias de armazenamento e 2 tratamentos.

Variáveis	LICOPENO	B- CAROTENO	ABTS	POLIFENÓIS	VIT. C	FLAV.	ANT.
LICOPENO		0,464	0,739	0,683	0,543	0,460	0,729
BETA CAROTENO	0,464		0,680	0,748	0,808	0,485	0,487
ABTS	0,739	0,680		0,760	0,781	0,550	0,755
POLIFENÓIS	0,683	0,748	0,760		0,725	0,486	0,525
VIT. C	0,543	0,808	0,781	0,725		0,725	0,695
FLAV.	0,460	0,485	0,550	0,486	0,725		0,790
ANT.	0,729	0,487	0,755	0,525	0,695	0,790	

Os valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância $\alpha=0,05$

Esta correlação comprova que os valores de atividade antioxidante e de compostos bioativos apresentam-se interligações entre si durante a análise do fruto, logo, a atividade destes pode ser representada pela soma de todos os parâmetros.

5.6. Análises Microbiológicas de microrganismos deteriorantes

As médias dos resultados das análises estão apresentadas nas Figuras de 27 a 31 no cubo de melão controle e no cubo revestido.

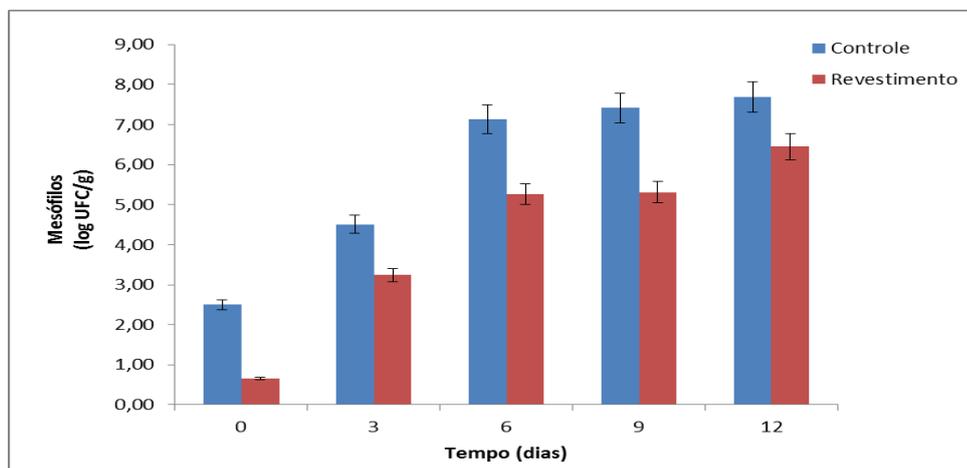
Para frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, a tolerância para amostra indicativa de contaminação segundo a RDC nº 12, é de 5×10^{-2} UFC para Coliformes a 45° C/g e ausência total de *Salmonella sp*/ 25g.

5.6.1. Mesófilos

Na análise microbiológica de crescimento de mesófilos, observa-se, na Figura 27, que houve diferença estatística ao nível de 5% probabilidade entre as amostras analisadas durante a vida de prateleira.

A figura abaixo representa um crescimento exponencial de mesófilos nos melões sem revestimento durante os doze dias de armazenamento. Já nos melões com o revestimento, quando comparado com o controle, ambos armazenados nas mesmas condições, houve uma inibição do crescimento de mesófilos, mantido até o final do armazenamento.

Figura 28. Média dos valores de contagem para mesófilos no melão revestido e controle, durante o armazenamento a 37 °C.



Os valores das contagens variaram entre 2,50 a 7,69 para o controle e de 0,65 a 6,45 log UFC/g. As reduções logarítmicas compreendidas entre 1,20 e 1,8 log UFC/g, comprova, portanto, que o PEC mostrou-se eficiente na redução desta classe microbiológica.

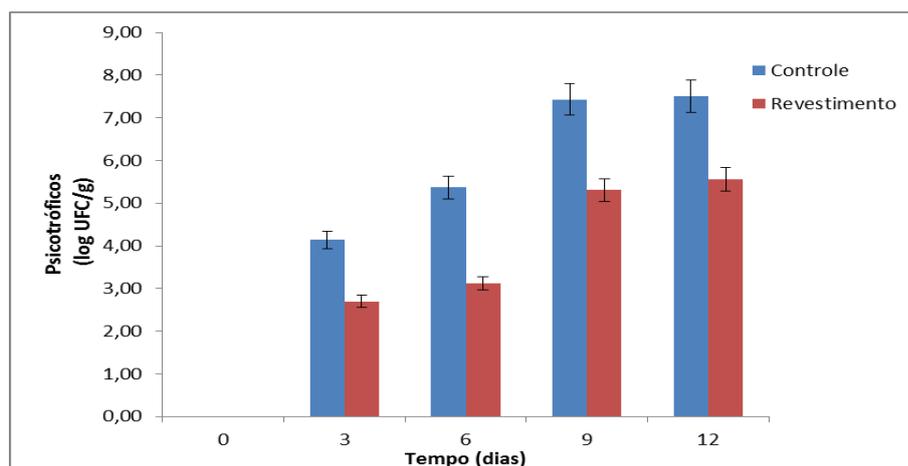
González-Aguilar *et al.* (2009) verificaram que o revestimento de quitosana de baixo e médio peso molecular apresentaram uma redução de 4,5 log UFC/g na contagem de mesófilos no final do período de armazenamento de mamão minimamente processado.

5.6.2. Psicotróficos

Para os psicotróficos, observa-se que houve crescimento para ambos os tratamentos, porém, não houve contagem no dia do processamento (dia 0). Houve variação estatística entre o controle e o revestido, e este último conseguiu reduzir até 2 ciclos logarítmicos a partir do 3º dia de armazenamento (figura 28). Em ciclos logarítmicos, o controle variou entre 0 e 7,51 e para os revestidos entre 0 e 5,56 log UFC/g.

Para Campaniello *et al.*, (2008), a carga de bactérias psicotróficas foi efetivamente reduzida em morangos minimamente processados tratados exclusivamente com a quitosana (1%) concentrada a 1%.

Figura 29. Média dos valores de contagem para psicotróficos nos melões controle e revestido durante o armazenamento a 6 °C.



Segundo Moreira *et al.* (2011) o controle na deterioração em brócolis pode ser atribuída a atmosfera modificada originada pelo revestimento comestível gerando uma permeabilidade seletiva a gás bem como o efeito antimicrobiano da quitosana que é carregada positivamente nos grupos amino, que interage com a carga negativa da membrana celular microbianas, levando ao vazamento protéico e outros constituintes intracelulares dos microrganismos.

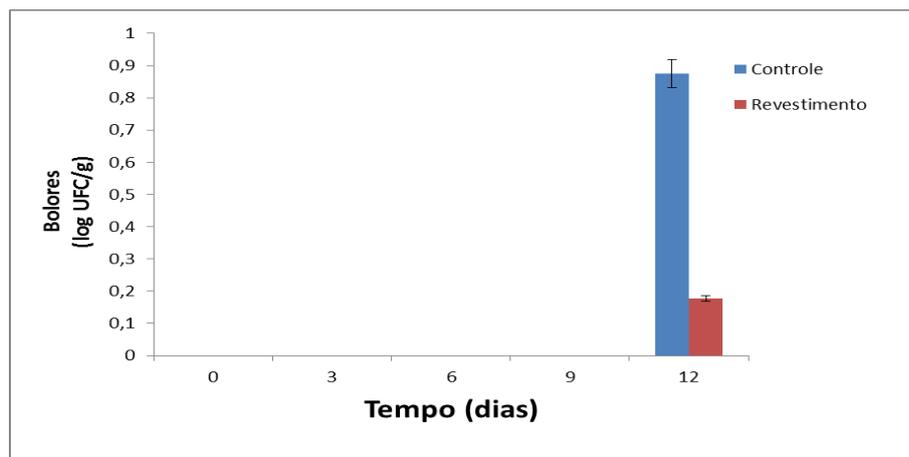
5.6.3. Bolores e Leveduras

Para a contagem de bolores e leveduras, verificado na figura 29 que houve presença apenas no último dia de armazenamento para bolores. Na figura 30, no entanto,

apresenta entre as amostras valores bastante crescente para leveduras a partir do tempo de armazenamento de 3 dias.

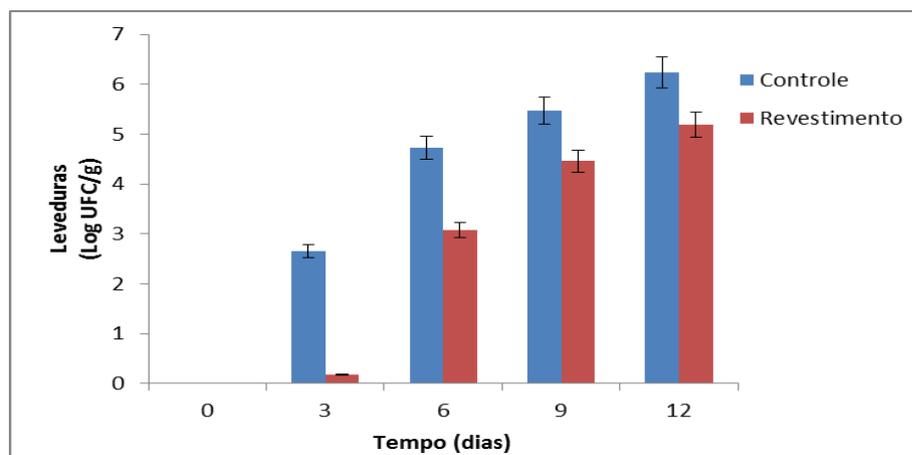
Para os bolores, apenas o décimo segundo dia apresentou crescimento abaixo de log UFC/g. O revestimento não foi eficiente em reduzir em este crescimento.

Figura 30. Média dos valores de contagem para bolores no melão sem revestimento (controle) e com revestimento durante o armazenamento a 25 °C.



A redução da contagem de leveduras nos melões com o revestimento chegou a 2 log UFC/g no terceiro dia de armazenamento porém no final da vida de prateleira foi de 1 log UFC/g. Os valores variaram de 0 a 6,24 e de 0 a 5,19 log UFC/g.

Figura 31. Média dos valores de contagem para leveduras no melão sem revestimento (controle) e com revestimento durante o armazenamento a 25 °C.



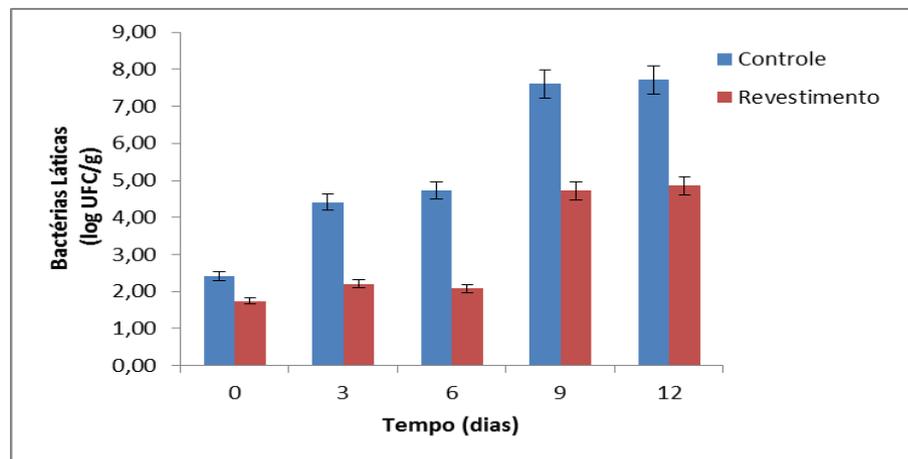
González-Aguilar *et al.* (2009) verificaram que o mamão minimamente processado tratado com o revestimento de quitosana de baixo e médio peso molecular inibiu o crescimento de bolores e leveduras com uma redução de 2 e 4 log UFC/g.

A redução do pH pode ter sido um fator determinante e favorável no crescimento exponencial durante os últimos dias de armazenamento, tanto de bolores quanto de leveduras.

5.6.4. Bactérias lácticas

De acordo com a Figura 31, observa-se que houve um crescimento contínuo das bactérias lácticas nos melões controle e no revestimento. Durante o período de armazenamento as reduções chegaram a quase de 3 ciclos logarítmicos.

Figura 32. Média dos valores de contagem para bactérias lácticas no melão sem revestimento (controle) e com revestimento durante o armazenamento a 37 °C.



O crescimento das bactérias lácticas foi de 2 a 7 log UFC/g e de 1 a 4 log UFC/g para os melões sem e com o revestimento, respectivamente. Comparando as amostras analisadas, no nono dia de armazenamento, o melão revestido apresentou uma redução de 2 log UFC/g.

Segundo Moreira *et al.* (2011) a contagem de bactéria láctica durante o período de armazenamento foi relativamente baixa tanto nos brócolis revestidos com quitosana (2%) como nos não revestidos variando entre 2,5 a 4 log UFC/g. Além disso, não houve diferenças significativas entre as amostras com e sem tratamento. Portanto, as bactérias lácticas parece não ser importante para deterioração de brócolis e pode não exercer qualquer mecanismo biológico sobre outras populações de bactérias.

O crescimento exponencial de bactérias lácticas pode ter favorecido a acidificação dos cubos analisados, durante os 12 dias de armazenamento.

5.7. Análises Microbiológicas de microrganismos patogênicos

5.7.1. Detecção da presença de *Listeria monocytogenes*

Não houve crescimento de *Listeria monocytogenes* das amostras de melões tratados ou não tratados durante o armazenamento.

5.7.2. Detecção da presença de *Salmonella ssp*

Conforme exigido em legislação, na Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 12, onde as análises para as frutas minimamente processadas refrigeradas têm que ter ausência de *Salmonella ssp*.

5.8. Análises de Correlações

Tabela 8. Coeficiente de correlação de Pearson para os parâmetros físicos e físico-químicos (Acidez, Brix, Ratio, pH e Firmeza), avaliados durante 12 dias de armazenamento e 2 tratamentos.

Variáveis	AT	SS	SS/AT	pH	FIRMEZA
AT		0,584	-0,931	0,637	0,660
SS	0,584		-0,309	0,748	0,923
SS/AT	-0,931	-0,309		-0,487	-0,427
pH	0,637	0,748	-0,487		0,761
FIRMEZA	0,660	0,923	-0,427	0,761	

Os valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância $\alpha=0,05$

Apenas as correlações entre a relação SS/AT e SS não apresentaram significância ao nível de 5%. Na relação SS/AT, a correlação deu-se inversamente proporcional, a todos os outros parâmetros. As demais correlações apresentaram-se diretamente proporcionais.

Tabela 9. Coeficiente de correlação de Pearson entre antocianinas e cor a*, avaliados durante 12 dias de armazenamento e 2 tratamentos.

Variáveis	ANT.	a*
ANT.		0,787
a*	0,787	

Os valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância $\alpha=0,05$

A correlação entre Antocianinas e o parâmetro a^* de cor (varia do vermelho/púrpura $+a^*$ ao verde $-a^*$) apresentou valores correlativos altos, a um nível de significância de 5%. Comprovando que a cor analisada no parâmetro a^* possui uma relação acima de 78% com a antocianina presente nos cubos e no revestimento final.

Tabela 10. Coeficiente de correlação de Pearson entre as análises de cor, compreendidos por L^* , C^* , H^* , a^* e b^* , avaliados durante 12 dias de armazenamento e 2 tratamentos.

Variáveis	L^*	C^*	H^*	a^*	b^*
L^*		0,346	-0,127	0,543	0,114
C^*	0,346		-0,071	0,245	0,603
H^*	-0,127	-0,071		-0,388	0,423
a^*	0,543	0,245	-0,388		-0,295
b^*	0,114	0,603	0,423	-0,295	

Os valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância $\alpha=0,05$

Para os parâmetros de cor, o amarelo do cubo, representado pelo b^* , apresentou correlação direta às variáveis de croma (C^*) e tonalidade (H^*) a 5%. A luminosidade (L^*) e o croma (a^*) apresentaram valores proporcionais diretos de 54%. Para a tonalidade, o índice de croma a^* demonstrou-se inversamente proporcional próximo a 38%, onde à medida que a quantidade de antocianinas aumenta, diminui a tonalidade da cor do melão analisado.

6. CONCLUSÃO

Os resíduos de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) utilizados para a extração de compostos bioativos apresentaram valores superiores aos apresentados na polpa da fruta. As propriedades físico-químicas do extrato não apresentaram variações significativas, quando comparados os controles e melões em cubo revestidos.

O extrato etanólico apresentou propriedades antimicrobianas contra microrganismos deteriorantes e patogênicos. Foram encontradas Concentrações Bactericidas Mínimas e Inibitórias mínimas para *Salmonella* e *Listeria*. O revestimento permitiu a redução, ou impediu a contaminação microbiológica em até 2 ciclos logaritmos durante os doze dias de armazenamento.

O PEC à base de quitosana e goma de cajueiro concentradas a 1%, apresentou propriedades de formar um biofilme e capacidade de incorporar o extrato bioativo dos resíduos para um conseqüente enriquecimento nutricional e segurança microbiológica do melão minimamente processado. Além do mais, apresentou uma boa propriedade de barreira quanto à perda de massa dos cubos. Tais características favoreceram um aumento da vida de prateleira do produto.

As nanocápsulas de extrato bioativo de resíduos de acerola em PEC de quitosana e goma de cajueiro apresentaram uma boa liberação dos compostos bioativos durante o armazenamento do produto, apresentando valores de compostos bioativos quando comparadas as amostras controle.

A aplicação de complexos polieletrólíticos como melhoradores de propriedades de revestimentos tais como à base de quitosana e goma de cajueiro através da tecnologia de encapsulação, foram compatíveis com a adição dos compostos bioativos dos resíduos de acerola contribuindo para a melhoria das características de qualidade e da segurança microbiológica do melão minimamente processado durante o armazenamento, destacando o aumento do valor agregado do produto uma vez que ocorre o aproveitamento integral do produto além de destacar-se como uma tecnologia de embalagem amiga do ambiente (Em inglês, *packaging and environmentally friendly*).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABECITRUS, 2008. **História da Laranja e Subprodutos da Laranja**. Available from: www.abecitrus.com.br/. Acessado em 26.11.2013.
- ADDINSOFT, S. A. R. L. XLSTAT software, version 9.0. Paris, France, 2009.
- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, p. 400, 2010.
- ALEXANDRINO, A. M.; FARIA, H. G DE; SOUZA, C. G. M. DE; PERALTA, R. M. **Aproveitamento do resíduo de laranja para a produção de enzimas lignocelulolíticas por *Pleurotus ostreatus* (jack:Fr)**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 27, n.2, p. 364-368, Abril/Junho, 2007.
- ALI, A; MUHAMMAD, M.T.M; SIJAM, K; SIDDIQUI, Y. **Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage**. Food Chemistry, v. 124, n. 2, p. 620-626, 2011.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3ªed. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap4.pdf>. Acesso em: 22 de Novembro de 2012.
- AOAC - Associations of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17th ed. Washington: AOAC, 1115 p. 2002.
- AROUCHA, E. M. M.; NUNES, G. H. S.; SOUSA, A. EL. D.; FERNANDES, P. L. O.; SOUZA, M. S. **Qualidade e potencial pós-colheita de híbridos de melão**. Revista Ceres, Viçosa, MG, v. 56, n. 2, p. 181-185, 2009.
- ARRUDA, M. C. de *et al* . **Qualidade de melão minimamente processado armazenado em atmosfera modificada passiva**. Hortic. Bras., Brasília , v. 21, n. 4, Dec. 2003.
- ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D.; FORATO, L. A. **O Uso de Biopolímeros como Revestimentos Comestíveis Protetores para Conservação de Frutas in Natura e minimamente Processadas**. São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 29, 23 p. 2009.
- AYALA-ZAVALA, J. F. & GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. **Use of additives to preserve the quality of fresh-cut fruits and vegetables**. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 231–254, 2011.
- AYALA-ZAVALA, J. F., VEGA-VEGA, V.; ROSAS-DOMÍNGUEZA, C.; PALAFOX - CARLOS, H.; VILLA-RODRIGUEZ, J. A.; WASIM, M.; SIDDIQUI, D.; DÁVILA-AVIÑA, J. E.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A. **Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives**. Food Research International, v.44, n.7, p.1866-1874, 2011.
- BAI, J.; WU, P.; MANTHEY, J.; GOODNER, K.; BALDWIN, E. **Effect of harvest maturity on quality of fresh-cut pear salad**. Postharvest Biol. Technol, v.51, n.2, p. 250-256, 2008.

BARRETO, N. D. S. **Qualidade compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos híbridos comerciais de meloeiro cultivados no CE e RN.** Mossoró, 185 p, 2011.

BARRETO, N. D. S. **Qualidade, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de híbridos comerciais de meloeiro cultivados no CE e RN.** Mossoró, Rio Grande do Norte. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Agricultura tropical, Universidade Federal Rural do Semiárido, 2011.

BARRETO, N. D. S. **Utilização de fertilizantes à base de fosfito e micronutrientes.** 2008. 95f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi Árido, Mossoró, 2008.

BATISTA, A. P.; BORGES, C. D. **Métodos de conservação aplicados a melão minimamente processado.** Ciência Rural vol. 43, nº5, p.915-923. 2013.

BRANDT, A. L., CASTILLO, A., HARRIS, K. B., KEETON, J. T., HARDIN, M. D., & TAYLOR, T. M. **Inhibition of Listeria monocytogenes by food antimicrobials applied singly and in combination.** Journal of Food Science, vol. 75, num. 9, pág. 557 a 563, 2010.

BRASIL, R.F.; PRAÇA, E.F.; MENEZES, J.B.; GRANGEIRO, L.C.; GOMES JÚNIOR, J.; ALVESTRE, R.E. **Qualidade do melão ‘Hy-Mark’ em cinco estádios de maturação.** Horticultura Brasileira. Brasília, v.16, n.2, p.165–166, 1998.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. A nanotecnologia como plataforma tecnológica para inovação.** Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 88p, 2012b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio. **Exportação brasileira de melões frescos.** Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>> Acesso em: 24 de novembro de 2012a.

BUSTA, F. F.; SUSLOW, T. V.; PARISH, M. E.; BEUCHAT, L. R.; FARBER, J. N.; GARRETT, E. H.; HARRIS, L. J. **The use of indicators and surrogate microorganisms for the evaluation of pathogens in fresh and fresh-cut produce.** Compr. Rev. Food Sci. Food, Saf 2:179–85, 2003.

CAMPOS, C. A.; GERSCHENSON, L. N.; FLORES, S. K. **Development of edible films and coatings with antimicrobial activity.** Food Bioprocess Technol, v.4, p.849-875, 2011.

CASTELL-PEREZ, M. E.; MORENO, M.; RODRIGUEZ, O.; MOREIRA, R.G. **Electron beam irradiation treatment of cantaloupes: effect on product quality.** Food Sci Technol Int., v.10, n.6, 2004.

CERQUEIRA, M. A.; LIMA, A. M.; TEIXEIRA, J. A.; MOREIRA, R. A.; VICENTE, A. **A Suitability of novel galactomannans as edible coatings for tropical fruits.** Journal of Food Engineering, v.94, n.3-4, p.372-378, 2009.

CFR-FDA. Code of Federal Regulations. **Indirect food additives (adhesives and components of coatings): resinous and polymeric coatings or polyolefin films.** Title 21, Part. 175. 320, p 184-187, 2003.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2005, 785p.

COSTA, T. L. E. D., SANTOS, F. K. G. D., AROUCHA, E. M. M., & LEITE, R. H. D. L. **Avaliação de coberturas comestíveis compostas por quitosana e argila no revestimento em tomates sob refrigeração pelo método dipping**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 7(5), 12-19, 2013.

CRISÓTOMO, L. A. *et al.* **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro do nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. p.1-21. (Circular Técnica, 14).

CUNHA, P. L. R. da; PAULA, R. C. M. de; FEITOSA, J. P. A. **Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico**. Quím. Nova, São Paulo, v. 32, n. 3, 2009.

DAL'MOLIN, L. F. C. S.; CAROLINE, L.; OLIVERIA, G. G.; MARTINS, S. A.; PINTO, D. M. **Avaliação microbiológica e física química de produtos minimamente processados comercializados na região de Cuiabá-MT**. Revista Connectionline, n. 10, 2013.

DANTAS, D. DA C. **Função de produção do meloeiro em resposta à fertirrigação nitrogenada e potássica na microrregião de Mossoró**. 2010. 80f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN, 2010.

DU PLOOY, W.; REGNIER, T.; COMBRINCK, S. **Essential oil amended coatings as alternatives to synthetic fungicides in citrus postharvest management**. Postharvest Biology and Technology, v.53, n.3, p.117-122, 2009.

EFSA, European Food Safety authority. **Scientific opinion on ‘the potential risk arising from nanoscience and nanotechnologies on food and feed safety’**. Scientific opinion of the scientific committee, EFSA J. 958: 1-39, February 2009.

FAO: **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Statistical databases. 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 27 de Novembro de 2012.

FAO & WHO. **Expert meeting on the application of nanotechnologies in the food and agriculture sectors: potential food safety implications**. 2009. Disponível em: http://www.fao.org/ag/agn/agns/files/FAO_WHO_Nano_Expert_Meeting_Report_Final.pdf. Acessado em 27 de Novembro de 2012.

FDA, FOOD DRUG ADMINISTRATION. **Guidance for Industry: Concerns related to the use of clove oil as an anesthetic for fish**, 2007.

FEITOSA, T.; BORGES, M. F de; NASSU, R. T; AZEVEDO, E. H. F.; MUNIZ, C. R. **Pesquisa de Salmonella sp., Listeria sp. e microrganismos indicadores higiênico-sanitários em queijos produzidos no estado do Rio Grande do Norte**. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, v. 23, suplemento, p. 162-165, dez. 2003

FERREIRA, D.F. SisVar: **sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 4.0**. Lavras: DEX/UFLA. 1999.

FILGUEIRAS, H. A. C., MENEZES, J. B.; ALVES, R. E.; COSTA, F. V.; PEREIRA, L. S. E.; GOMES, JR. **Colheita e manuseio pós-colheita**. Melão pós-colheita. Brasília: EMBRAPA-SPI/FRUTAS DO BRASIL, p. 23-41, 2000.

FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M. **Cultura de melão. Olericultura: teoria e prática**. UFV. Viçosa- MG, p. 407-428. 2005.

FRANCIS, F.J. **Analysis of anthocyanins**. New York: Academic Press, p.181-207, 1982.

FRANSSSEN, L. R.; KROCHTA, J. M. **Edible coatings containing natural antimicro- bials for processed foods**. CRC Press, Boca Raton, Cambridge, UK, p. 250–262, 2003.

FRAZIER ,W. C., WESTHOFF, D. C.; **Microbiología de los alimentos**. Zaragoza Espanã: Acribia, 1993.

GANDHI, M.; CHIKINDAS, M. L. **Listeria: A foodborne pathogen that knows how to survive**. International Journal of Food Microbiology, v. 113, p. 11-15, 2007.

GARRETT, E. H.; GORNY, J. R.; BEUCHAT, L. R.; FARBER, J. N.; HARRIS, L. J.; PARISH, M. E.; SUSLOW T. V.; BUSTA F. F. **Microbiological safety of fresh and fresh-cut produce: description of the situation and economic impact**. Compr Rev Food Sci Food Saf p.13–37, 2003.

GOMBAS, D. E; CHEN, Y; CLAVERO, R. S; SCOTT, V. N. **Survey of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods**. J. Food Prot. 66, 559 – 569, 2003.

GOMES, C.; MOREIRA, R. G.; CASTELL-PEREZ, E. **Poly (DL-lactide-co-glycolide (PLGA) nanoparticles with entrapped trans-cinnamaldehyde and eugenol for antimicrobial delivery applications**. Journal of Food Science. In press, 2011.

GONZALEZ-AGUILAR, G.A.; LIZARDI-MENDOZA, J.; MARTINEZ-TELLEZ, M.A.; MONROY-GARCIA, I.N.; AYALA-ZAVALA, J.F. **Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya**. J Sci Food Agric., v. 89, p. 15–23, 2009.

GOOSEN, M. E. A – “**Applications of chitin and chitosan**”, Technomic Publishing Company, Lancaster (1996).

GUERRERO, C. C.; BRITO, J.C.; **Re-use of industrial orange waste as organic fertilizers**. Bioresource Technology, Essex, v. 53, n. 1, p. 43 – 51, Janeiro, 1995.

GUTIERREZ, J.; BARRY-RYAN, C.; BOURKE, P. **The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients**. International Journal of Food Microbiology. v. 124 , p. 91-97, 2008a.

HAN, J. **Antimicrobial packaging system for optimization of electron beam irradiation of fresh produce**. Texas. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Engenharia Biológica e Agrícola, Texas A&M University, 2006.

HORBY, P. W.; O'BRIEN, S. J.; ADAK, G. K.; GRAHAM, C.; HAWAKER, J. I.; HUNTER, P.; LANE, C.; LAWSON, A. J.; MITCHELL, R. T.; REACHER, M.H.; THRELFALL, E. J.; WARD, L. R. **A national outbreak of multiresistent *Salmonella enterica* serovar Typhimurium definitive phage type (DT) 104 associated with consumption of lettuce**. *Epidemiology and Infection*, 169 – 178, 2003.

IAL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Vol. 1. Métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. São Paulo, SP, Brasil. 371pp. 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 de janeiro de 2011.

IBRAF – Instituto Brasileiro de Frutas, 2011. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Expotação/ComparativoExportacoesBrasileiras2010-2011.pdf>>. Acesso em: 23 de Novembro de 2012.

IFPA – International Fresh-cut Produce Association. **Offering global expertise in fresh-cut produce**. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org/about.php>>. Acesso em: 27 novembro 2012.

JULIÃO, L. **Melão: Áreas da safra de 2010 crescem mais que 5%**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/101/melao.pdfite/339/default.aspx>. Acesso em: 25 de Novembro de 2011.

KAUR, D.; WANI, A. A.; OBEROI, D. P. S.; SOGI, D. S. **Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using reponse surface methodology**. *Food Chemistry*, Barking, v. 108, n.2, p.711 – 718, Maio, 2008.

LAGOS, J. B.; GEMIN, C. A. B.; DIAS, J. F. G.; MIGUEL, M. D.; CAMPOS R.; CARVALHO, J. L. DE S.; DUARTE, M. R. AND MIGUEL, O. G. **Contribution to the Study of Phytosterols and Phenolics from the Barks and Leaves of the *Trichilia Catigua* A. Juss., Meliaceae**. *Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation*, Vol. 2 No. 1, pp. 37-41, 2012.

LAMIKANRA, O. **Fresh-cut Fruits and Vegetables**. Science, Technology and Market. Washington: CRC Press, 2002.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. **Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels**. *J. Agric. Food Chem.* v.45, p. 1390-1393, 1997.

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

LÓPEZ-MALO VIGIL, A.; PALOU, E.; AZAMORA, S. M. **Naturally occurring compounds – plant sources. Antimicrobials in food.** 3ªed. Boca Raton: Taylor & Francis, chap. 14, p. 429 – 451, 2005

LUCIANO, F. B.; HOSSEINIAN, F. S.; BETA, T.; HOLLEY, R. A. **Effect free-SH containing compounds on allyl isothiocyanate antimicrobial activity against *Escherichia coli* O157:H7.** International Journal of Food Science, Chicago, v. 73, n. 5, p. M214 – M220, Junho/Julho, 2008.

MARTÍN-BELLOSO, O.; BENDICHO, S.; ELEZ-MARTÍNEZ, P.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. **Do high-intensity pulsed electric fields induce changes in enzymatic activity, protein conformation, and vitamins and flavors stability?.** Novel Food Processing Technologies, Marcel Dekker/CRC Press, New York, USA. 2005. pp. 87–104

MARTINEZ-SANCHEZ, A.; ALLENDE, A.; BENNETT, R.N.; FERRERES, F.; GIL, M.I. **Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers.** Postharvest Biology and Technology, v. 42, p. 86-97, 2006.

MASTROMATTEO, M.; BARBUZZI, G.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. **Controlled release of thymol from zein based film.** Innovative Food Sci. Emerg. Technol., v. 10, p. 222–227, 2009.

MEDEIROS, D. C.; GOMES JÚNIOR, J.; MENEZES, J. B.; SILVA, G. G. **Vida útil pós-colheita de melão tipo *Gália* genótipo *Solarking*.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 23, n. 1, p. 59-63, 2001.

MENEZES, J. B.; FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E.; MAIA, C. E.; ANDRADE, G. G.; ALMEIDA, J. H. S.; VIANA, F. M. P. **Características do melão para exportação.** Melão: pós-colheita. Brasília: MAARA/EMBRAPA/FRUPEX, 43p. 2000.

MENEZES, J.B., GOMES JÚNIOR, J. ARAÚJO NETO, S.E., SIMÕES, A. do N. **Armazenamento de dois genótipos de melão amarelo sob condições ambiente.** Horticultura Brasileira, Brasília, v.19,n.1, p.42-49, 2001.

MIGUEL, A. A.; PINHO, J. L. N.; CRISÓSTOMO, J. R.; MELO, R. F. **Comportamento produtivo e características pós-colheita de híbridos comerciais de melão amarelo, cultivados nas condições do litoral do Ceará.** Ciênc. agrotec., v. 32, n. 3, p. 756 -761, 2008.

MOREIRA, G. E. G., **Obtenção e caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola.** PPGEQ/Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal - RN, 2007. (Dissertação de Mestrado)

MORETTI, C. L.; PUSCHMANN, R. **Processamento mínimo de hortaliças. In: Encontro Nacional sobre processamento mínimo de frutas e hortaliças. Simpósio Iberoamericano de Vegetais frescos cortados.** Piracicaba: USP/ESALQ/CYTED, p. 234-239, 2006.

MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. **Características físico-químicas de acerola da banco ativo germoplasma**

em Pernambuco. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 24, n. 4, p. 556-561, Oct-Dec, 2004.

MOTHÉ, C. G. **Produção de goma de cajueiro**. 2000. Patente nº PI0004114-9.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. **Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit**. *J. Japan. Soc. Food Sci. Technol.*, v. 39, n. 10, p. 925–928, 1992.

OBANDA, M.; OWUOR, P.O. **Flavanol Composition and Caffeine Content of Green Leaf as Quality Potential Indicators of Kenyan Black Teas**. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. v.74, p. 209-215. 1997.

OMS-OLIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, R. **Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon**. *LWT - Food Science and Technology*, v.41, n.10, p.1862-1870, 2008.

OMS-OLIU, G.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; GONZÁLEZ, L. A.; VARELA, P.; SOLIVA-FORTUNY, R.; HERNANDO, M. I. H.; MUNUERA, I. P.; FISZMAN, S.; MARTÍN-BELLOSO, O. **Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review**. *Postharvest Biology and Technology*, v.57, p. 139–148, 2010.

PAGOTTO, F., DALEY, E., FARBER, J., & WARBURTON, D. (2001). **Isolation of *Listeria monocytogenes* from all food and environmental samples**. Health Products Food Branch. Compendium of analytical methods: laboratory procedures of microbiological analytical of foods, Ottawa, 2001.

PAIVA, M.G. **Utilização do polissacarídeo da goma do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em cicatrização experimental**. 56f. Dissertação em Bioquímica, Pós-graduação em Bioquímica, Universidade Federal de Pernambuco. 2003.

PAULA, H. C. B. de; OLIVEIRA, E. F.; ABREU, F. O. M. S.; PAULA, R. C. M de; MORAIS, S. M de; FORTE, M. M. C. **Esferas (beads) de alginato como agente encapsulante de óleo de *croton zehntneri* Pax et Hoffm**. *Polímeros* [online], São Carlos, v. 20, n. 2, 112-120, June 2010.

PAULA, H.C.B. de; RODRIGUES, M.L.; RIBEIRA, W.L.C.; STADLES, A.S.; PAULA, R.C.M.; ABREU, F.O.M.S. **Protective effect of cashew gum nanoparticles on Natural Larvicide from *Moring oleifera* Seeds**. *Journal of applied Polymer Science*, v.124, p. 1778-1784, 2012.

PAULA, R. C. M.; HEATLEY, F. & BUDD, P. M. **Characterization of *Anacardium occidentale* exudate polysaccharide**. *Polymer Int.*, 45, p. 54, 1998.

PEDROSA, J. F. **Cultura do melão**. Mossoró, RN: ESAM, 1997, 50p.

PEREIRA, A. J. **Produção e qualidade de melão amarelo submetido a pulverização com duas fontes de cálcio**. Dissertação de Mestrado. Universidade federal de Lavras. Lavras, 1997, 46p.

PERONI, K. M. C. **Influência do cloreto de cálcio sobre a vida de prateleira de melão ‘Amarelo’ minimamente processado.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2003, 86p.

PETERSSON, M.; HAGSTRÖM, J.; NILSSON, K; STADING, M. **Kinetics of release from karifin films** Food Hydrocolloid., v. 21, p. 12-56, 2007.

PRADO, A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-09112009-135846/>>. Acesso em: 2013-02-02.

PRATT, H. K. **The biochemistry of fruits and their products.** London: Academic Press, v. 2, p. 207-232, 1971.

PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. **Separation and characterization of endopolygalacturonase and exopolygalacturonase from peaches.** Plant Physiology, v.52, n., p.252-256, 1973.

QI, L.; XU, Z.; JIANG, X.; HU, C.; ZOU, X. **Preparation and antibacterial activity of chitosan nanoparticles.** Carbohydrate Research, Volume 339, Issue 16, 15, Pages 2693–2700, 2004.

RAYBAUDI-MASSILIA, R. M.; MOSQUEDA-MELGAR, J.; MARTÍN-BELLOSO, O. **Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon.** International Journal of Food Microbiology, v.121, n.3, p.313-327, 2008a.

RAYBAUDI-MASSILIA, R. M.; ROJAS-GRAU, M. A.; MÓSCUEDA-MELGAR, J.; MARTÍN-BELLOSO, O. **Comparative study on essential oils incorporated into an alginate-based edible coating to assure the safety and quality of fresh-cut Fuji apples.** Journal of Food Protection, v. 71, p. 1150–1161, 2008b.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RAICE-EVANS, C. **Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay.** Free Radic. Boil. Med., v. 26, n. 9/10, p. 1231-1237, 1999.

REZZADORI, K.; BENEDETTI, S.; AMANTE, E. R. **Proposals for the residues recovery: Orange waste as raw material for new products.** Food and Bioproducts Processing, v. 90, n. 4, p. 606-614, 2012.

ROBINSON, J. R. **Controlled drug delivery. Past, present, and future.** Am. Chem. Soc. p 1– 7,1997.

RODRIGUES, J.F.; PAULA, R.C.M.; COSTA, S.M.O.; **Métodos de Isolamento de Gomas Naturais: Comparação Através da Goma do Cajueiro (Anacardium occidentale L).** Polímeros: Ciência e Tecnologia, p.31 - 36, 1993.

ROJAS-GRAU, M. A.; RAYBAUDI-MASSILIA, R. M.; SOLIVA-FORTUNY, R. C.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; MCHUGH, T. H.; MARTÍN-BELLOSO, O. **Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples.** *Postharvest Biology and Technology*, v. 45, p. 254–264, 2007.

ROMBALDI, C. V.; TIBOLA, C. S.; ZAICOVSKI, C. B.; SILVA, J. A.; FACHINELLO, J. C.; ZAMBIAZI, R. C. **Potencial de conservação e qualidade de frutas: aspectos biotecnológicos de pré e pós-colheita.** *Anal Congresso Brasileiro de Fruticultura*, Cabo Frio, RJ. v. 19, p. 105-132, 2006.

ROSENTHAL, F.R.T. **Goma do cajueiro: estudo químico e tecnológico.** Rio de Janeiro, RJ : Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, Instituto Nacional de Tecnologia, 35p, 1951.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. **Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS•+.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico).

RUSSO, V. C.; DAIUTO, É. R.; VIEITES, R. L. **Fresh cut yellow melon (CAC) submitted to different type cuts and concentrations of calcium chloride stored under modified passive atmosphere.** *Semina: Ciências Agrárias*, Vol. 33 No. 1 pp. 227-236, 2012.

SALES JÚNIOR, R.; DANTAS, F. F.; SALVIANO, A. M.; NUNES, G. H. S. **Qualidade do melão exportado pelo porto de Natal-RN.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36. n.1, p. 286-289, jan./fev. 2006.

SANGSUWA, J.; RATTANAPANONE, N.; RACHTANAPUN, P. **Effect of chitosan/methyl cellulose films on microbial and quality characteristics of fresh-cut cantaloupe and pineapple.** *Postharvest Biology and Technology*, v.49, p. 403-410, 2008.

SARUBBO, L. A.; CAMPOS-TAKAKI, G. M.; PORTO, A. L. F.; TAMBOURGI, E. B.; OLIVEIRA, L.A. **A goma de cajueiro como sistema inovador de extração líquido-líquido.** *Revista Exacta*, v.5; p. 145 – 154, 2007.

SCHIRATO, G. V. PAIVA, M. G. ; MONTEIRO, F. M. F.; MELO JÚNIOR, M. R. ; SILVA, F. O.; LIMA FILHO, J. L.; LEÃO, A. M. A. C.; PORTO, A. L. F. **Application of the polysaccharide from cashew gum in the rehabilitation of experimental cutaneous lesions in mice.** *Reunião anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular*. 32, São Paulo, p. 100, 2003.

SECEX/MDIC. Secretaria de comércio exterior/Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio. **Exportações brasileira de frutas.** Disponível em: <<http://www2.desenvolvimento.gov.br/sitio/secex>>. Acesso em: 25 de Novembro de 2012.

SENHOR, R. F.; CARVALHO, J. N.; SOUZA, P. A.; ANDRADE NETO, R. C.; MARACAJÁ, P. B. **Eficiência de diferentes fungicidas no controle de *Alternaria alternata*, agente causal da podridão pós-colheita em frutos do meloeiro.** *Revista Caatinga*, v. 22, n. 4, p. 14-19, 2009.

SERRANO, M.; VALVERDE, J.M.; GUILLÉN, F.; CASTILLO, S.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; VALERO, D. **Use of aloe vera gel coating preserves the functional properties of table grapes.** Journal Agricultural and Food Chemistry, v. 54, p. 3882–3886, 2006.

SEYMOUR, G. B.; MCGLASSON, W. B. MELONS. IN: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. 1ªed. **Biochemistry of fruit ripening.** Londres: Chapman e Hall, p. 273-290, 1993.

SHRIKHANDE, A. J. **Wine by-products with health benefits.** Food Research International, Kidlington, v. 33, p. 469–474, 2000.

SILVA, H. S. R. C.; SANTOS, K. S. C. R.; FERREIRA, E. I.; **Quitosana: derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços.** Quim. Nova, vol. 29, pag. 776 -785, 2006.

SILVA, D. A., OLIVEIRA, M. D. A., MACIEL, J. S., PAULA, H. C., DE PAULA, R. C., & FEITOSA, J. P. **Nanopartículas de goma do cajueiro modificada e quitosana por complexação polieletrólítica.** Disponível em: <http://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbpol/2009/PDF/1400.pdf>. In: 10º Congresso Brasileiro de Polímeros- CBPol, 2009, Foz do Iguaçu. Anais do 10 ° CBPol, 2009.

SILVA, D. A., MACIEL J. S., FEITOSA J. P. A., PAULA H. C. B., DE PAULA R. C. M. **Polysaccharide-based nanoparticles formation by polyelectrolyte complexation of carboxymethylated cashew gum and chitosan.** J Mater Sci 45:5605–5610, 2010.

SINGLA, A. K.; CHAWLA, M.; J. **Chitosan: some pharmaceutical and biological aspects - an update.** Journal of Pharmacy and Pharmacology, vol. 53, pag. 1047- 1067, 2001.

SIQUEIRA, A. A. Z. C. **utilização de irradiação gama em melões cantaloupe (*Cucumis melo* var. *Cantaloupensis*) como técnica de conservação pós-colheita.** Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo. Piracicaba,124p, 2007.

SOUSA, M. S. B., Vieira, L. M.; da Silva, M. J. M.; Lima, A. **Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais.** Braz. J. Food. Technol. Preprint Series, n. 449, 2011.

STIPP, L. C. L. **Cultura de tecidos em melão amarelo (*Cucumis melo* var. *inodorus* Naud.): organogênese *in vitro* e embriogênese somática.** Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 63 p, 2000.

STROHECKER, R., HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados.** Madrid: Paz Montalvo. 428p. MCCREADY, R. M.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material in fruits. Analytical Chemistry, Washington, v.24, n.12, p.1586-1588, 1967.

SUPPAKUL, P.; MILTZ J.; SONNEVELD , K.; BIGGER, S. W. **Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications.** Journal of Food Science, v.68, p. 408–420, 2003.

TANG, E. S. K.; HUANG, M.; LIM, L. Y. **Ultrasonication of chitosan and chitosan nanoparticles**. *International Journal of Pharmaceutics*, Volume 265, Issues 1–2, 20, Pages 103-114, 2003.

TAPIA, M. S.; ROJAS-GRAU, M. A.; CARMONA, A.; RODRIGUEZ, F. J.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. **Use of alginate and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya**. *Food Hydrocolloids*, v. 22, p. 1493–1503, 2008.

THIES, C. **A survey of microencapsulation processes**. *J. Drugs and the pharmaceutical sciences*, v. 73, p. 1–19, 1996.

THUNEMANN, A. F.; MULLER, M.; H. DAUTZENBERG; J. F. JOANNY; H. LUWEN. **Polyelectrolyte complexes**, *Adv. Polym. Sci.* 166, 113–171 (2004).

TOIVONEN, P. M. A.; BRUMMELL, D. A. **Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables**. *Postharvest Biology and Technology*, v. 48, p. 1 - 14, 2008.

TORQUATO, D. S.; FERREIRA, M. L.; SÁ, G. C.; BRITO, E. S.; PINTO, G. A. S.; AZEVEDO, E. H. F. **Evaluation of antimicrobial activity of cashew tree gum**. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, v. 20, p. 505-507, 2004.

TUCHILA, C.; JIANU, I.; RUJESCU, C. I.; BUTUR, M.; AHMADI-KHOIE, M.; NEGREA, I.; **Evaluation of the antimicrobial activity of some plant extracts used as food additives**. *J. Food. Agric. Environ* v.6nn.3-4, p.68–70, 2008.

U. S. FDA - Food and Drug Administration, 2013. *Foodborne Illnesses: What You Need to Know*. Disponível em: <<http://www.fdagov/Food/FoodborneIllnessContaminants/FoodborneIllnessesNeedToKNOW/default.htm>>. Acesso em: 14/01/2014.

VARGAS, M.; PASTOR, C.; CHIRALT, A.; MCCLEMENTS, D. J.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. **Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits**. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, v. 48, p. 496–511, 2008.

VAROQUAUX, P.; WILEY, R. C. **Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, cap.6, p.226-268, 1994.

VILLANUEVA, M. J.; TENORIO, M. D.; ESTEBAN, M. A.; MENDONZA, M. C.; 2004. **Compositional changes during ripening of two cultivars of muskmelon fruits**. *Food Chemistry*. 87, p.179–185, 2004.

WOLBANG, C. A.; SINGH, D. P.; SYKES, S. R.; MCINERNEY, J. K., BIRD, A. R.; TREEBY, M. T. **Influence of pre- and postharvest factors on β -carotene content, its in vitro bioaccessibility, and antioxidant capacity in melons**. *J. Agric. Food Chem.* 58(3), 1732–1740, 2010.

WONG, S. Y.; GRANT, I. R.; FRIEDMAN, M.; ELLIOTT, C. T.; SITU, C. **Antibacterial activities of naturally occurring compounds against *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis**. *Appl Environ Microbiol*; 74: 5986–5990, 2008.

ZHENG, L-Y.; ZHU, J.-F.; Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights. *Carbohydr. Polym.*, vol. 54, pág. 527-530, 2003.