



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

Samira Pereira Moreira

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E SEGURANÇA DE MELÃO MINIMAMENTE
PROCESSADO REVESTIDO EM MATRIZ DE QUITOSANA ADICIONADA DE
COMPOSTOS BIOATIVOS MICROENCAPSULADOS EXTRAÍDOS DE
SUBPRODUTOS DE ACEROLA.**

FORTALEZA

2014

SAMIRA PEREIRA MOREIRA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E SEGURANÇA DE MELÃO MINIMAMENTE
PROCESSADO REVESTIDO EM MATRIZ DE QUITOSANA ADICIONADA DE
COMPOSTOS BIOATIVOS MICROENCAPSULADOS EXTRAÍDOS DE
SUBPRODUTOS DE ACEROLA.

Dissertação apresentado 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.

Orientadora: Prof^a. Dra. Isabella Montenegro
Brasil

Coorientação: Prof. Dr. Haroldo César Beserra
de Paula

FORTALEZA

2014

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

-
- M839a Moreira, Samira Pereira.
Avaliação da qualidade e segurança de melão minimamente processado revestido em matriz de quitosana adicionada de compostos bioativos microencapsulados extraídos de subprodutos de acerola / Samira Pereira Moreira. – 2014.
117 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2014.
Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.
Orientação: Profa. Dra. Isabella Montenegro Brasil.
Coorientação: Prof. Dr. Haroldo César Bezerra de Paula.
1. Melão-embalagens. 2. Embalagem de alimentos. 3. Frutas-processamento. I. Título.

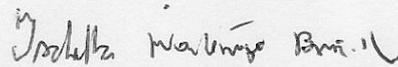
SAMIRA PEREIRA MOREIRA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E SEGURANÇA DE MELÃO MINIMAMENTE
PROCESSADO REVESTIDO EM MATRIZ DE QUITOSANA ADICIONADA DE
COMPOSTOS BIOATIVOS MICROENCAPSULADOS EXTRAÍDOS DE
SUBPRODUTOS DE ACEROLA.

Dissertação apresentada 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.

Aprovada em: 21/07/2014.

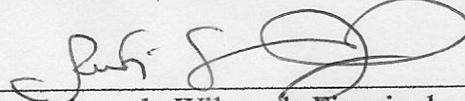
BANCA EXAMINADORA



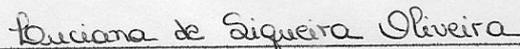
Prof.^a. Dsc. Isabella Montenegro Brasil (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)



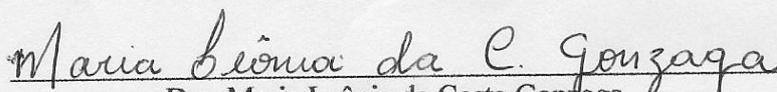
Prof. Dr. Haroldo César Beserra de Paula (coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Dra. Luciana de Siqueira Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Dra. Maria Leônia da Costa Gonzaga
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais
Hideraldo Luiz Bellini de Moura Moreira e
Maria Pereira Moreira.

AGRADECIMENTOS

À Deus por toda orientação nos momentos felizes e tristes. Por encher-me de sua misericórdia e amor.

À meus pais por todo amor, carinho, apoio e companheirismo em cada momento da minha vida.

Ao CNPq pelo apoio financeiro deste projeto.

À Profa. Dra. Isabella Montenegro Brasil por toda confiança e suporte durante os últimos anos.

Ao Prof. Dr. Haroldo César Beserra de Paula pela parceria na coorientação desta dissertação.

À Profa. Dr. Carmem L. Gomes da *Texas A&M University* pela ajuda e consultoria científica durante a execução deste projeto.

À Universidade Federal do Ceará, em especial ao Departamento de Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias por todo conhecimento adquirido.

Aos meus queridos professores, especialmente Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo, Dra. Evânia Altina Teixeira de Figueiredo, Prof. Gesário, Dr. Geraldo Arraes Maia, Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa, Dra. Maria do Carmo Passos Rodrigues, Dr. Cláudio Ernani Mendes da Silva, Dra. Dorasilvia Ferreira Pontes, Dra. Elisabeth Mary Cunha da Silva.

Aos amigos do Laboratório de Frutos e Hortaliças Leônia Gonzaga, Luciana Oliveira, Alessandra Carneiro, Alex Sandra, Ana Cristina Lima, Ana Valquíria, Giovana Matias, Jorgiane Lima, Luís Bruno, Karoline Oliveira, Larissa Morais, Denise Josino, Nara Vieira, Natália Sucupira, Patrícia Marques, Rafaela Lima, Winne Moita, Suelane, Jéssica Carmo, Maria Amanda, Samuel Brito, Aurenice Mota, Carla Lorena, Kelvianny Lino, Stephany Emmanuely, Sr. Omar Sra. Hilda pelos bons momentos vividos.

Aos pesquisadores Dr. Carlos Farley Herbster Moura e Márcia Régia por todo conhecimento adquirido no Laboratório de Fisiologia e Tecnologia de Alimentos da EMBRAPA – CNPAT.

Aos meus amigos Elenice Silva, Tiago Camelo, Diego Marques Seu Luiz, Pereira, Paulo Mendes, Luciano e Helena Ferreira.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta dissertação.

“Posso todas as coisas naquele que me fortalece.”

Filipenses 4:13

RESUMO

O processamento mínimo de frutas e hortaliças oferece ao consumidor alimentos frescos e práticos. Contudo, estes produtos perdem rapidamente a qualidade após o processamento devido às alterações físicas e suas conseqüentes reações bioquímicas reduzindo o valor nutricional, além de favorecer o crescimento de microrganismos patogênicos. Assim, este trabalho objetivou desenvolver um sistema de embalagem ativa, consistindo de um revestimento comestível antimicrobiano para revestimento de melão minimamente processado à base de quitosana incorporado de compostos bioativos microencapsulados extraídos de subprodutos do processamento de acerola (*Malpighia emarginata* D.C) visando a manutenção da qualidade e segurança microbiológica do produto. Os parâmetros de extração dos compostos bioativos dos subprodutos liofilizados (semente, película e fibras) foram otimizados quanto a velocidade de rotação, tempo de extração, solução extratora e proporção subprodutos : solução extratora . O extrato apresentou alto teor de compostos antioxidantes, principalmente polifenóis. O revestimento utilizado nesse estudo foi produzido a partir da mistura na proporção 1:1 (v/v) de solução de quitosana 1% e extrato etanólico de compostos bioativos, tendo a própria quitosana como material encapsulante. Dois tratamentos (melões revestidos e não revestidos) foram avaliados a cada 3 dias durante 12 dias de armazenamento a 10°C ± 1 quanto aos atributos de qualidade, compostos bioativos, atividade antioxidante total, microrganismos deteriorantes e patogênicos (*Salmonella* spp e *Listeria monocytogenes*). Os resultados demonstraram que o revestimento proporcionou aos melões menor perda de firmeza e de peso, além de maiores conteúdos de flavonóides amarelos e de polifenóis extraíveis totais, conseqüentemente elevada atividade antioxidante total quando comparado ao controle. Foi observado ação antimicrobiana contra bactérias (mesófilas, psicotróficas e lácticas), bolores e leveduras nos frutos revestidos. O produto apresentou-se em conformidade com a RDC n° 12 da ANVISA cuja recomendação para frutas *in natura* é de ausência de *Salmonella* spp em 25 g. Portanto, este revestimento é uma alternativa viável para a manutenção da qualidade de melões minimamente processados, uma vez que proporcionou a melhoria nutricional, através da manutenção de compostos bioativos da fruta a segurança, além da extensão da vida útil desse produto.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L. *Malpighia emarginata* D.C. Subprodutos vegetais. Quitosana. Microencapsulamento. Processamento mínimo.

ABSTRACT

The minimal processing of fruits and vegetables offers the consumer food fresh and practicality. However, these products rapidly lose quality after processing due to physical changes and their consequential biochemical reactions that can reduce the nutritional value and favours besides the growth of deteriorant and pathogenic microorganisms. Thus, this study aimed to develop a system of active packaging, consisting of an microencapsulated antimicrobial edible coating using chitosan added with bioactive compounds extracted from byproducts of processing of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) for minimally processed melon to maintain the quality and microbiological safety of this product. The parameters extraction of bioactive compounds of lyophilized byproducts (seed, peel and fibers) were optimized as the rotation speed, extraction time, extraction solution and by proportion: extraction solution. The extract showed high content of antioxidants, especially polyphenols. The coating was produced from the 1:1 mixture (v / v) solution of chitosan and 1% ethanolic extract of bioactive compounds, and chitosan itself as the encapsulating material. Two treatments (coated and uncoated melons) each 3 days during 12 days of storage at $10^{\circ}\text{C} \pm 1$ were evaluated as attributes of quality, bioactive compounds, total antioxidant activity, spoilage and pathogenic microorganisms (*Salmonella* spp and *Listeria monocytogenes*). The results showed that the coating samples provided the melons minor loss of firmness and weight, increased the content of yellow flavonoids and total extractable polyphenols, consequently high total antioxidant activity when compared to control cubes. Moreover, the coating showed antimicrobial activity against bacteria (mesophilic, psicotrophic and lactic), molds and yeasts in coated fruits. The novel product is according to RDC ANVISA 12° whose recommendation for fresh fruits must be absence of *Salmonella* spp in 25 g. Therefore, this coating is a viable alternative for maintain the quality of minimally processed melons , since it provided better nutrition by maintaining bioactive fruit compounds, the safety, beyond the scope of the life of the product.

Keywords: *Cucumis melo* L. *Malpighia emarginata* D.C. Vegetal byproduct. Chitosan. Microencapsulation. Fresh-cut.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Fluxograma do processamento mínimo do melão e aplicação do revestimento comestível à base de quitosana adicionado de extrato com compostos bioativos extraídos dos subprodutos de acerola.....	39
Figura 2 -	Plaqueamento em meio OXA para investigação da concentração bactericida mínima (CBM) de diferentes concentrações de quitosana para <i>Listeria innocua</i>	57
Figura 3 -	Plaqueamento em meio OXA para investigação da concentração bactericida mínima (CBM) de diferentes concentrações de extrato para <i>Listeria innocua</i>	57
Figura 4 -	Plaqueamento em meio OXA para investigação da concentração bactericida mínima (CBM) de diferentes concentrações do revestimento para <i>Listeria innocua</i>	57
Figura 5 -	Plaqueamento em meio XLD para investigação da concentração bactericida mínima (CBM) de diferentes concentrações de quitosana para <i>Salmonella enteritides</i>	58
Figura 6 -	Plaqueamento em meio XLD para investigação da concentração bactericida mínima (CBM) de diferentes concentrações de extrato para <i>Salmonella enteritides</i>	58
Figura 7 -	Plaqueamento em meio XLD para investigação da concentração bactericida mínima (CBM) de diferentes concentrações do revestimento para <i>Salmonella enteritides</i>	58
Figura 8 -	Distribuição do tamanho das micropartículas	60
Figura 9 -	Gráfico de regressão linear do parâmetro pH dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	61
Figura 10 -	Gráfico de regressão linear do parâmetro Sólidos Solúveis (SS) dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	62
Figura 11 -	Gráfico de regressão linear do parâmetro Acidez Titulável (AT) nos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	64

Figura 12 - Gráfico de regressão linear da relação entre Sólidos Solúveis e Acidez Titulável (SS/AT) dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	65
Figura 13 - Gráfico do teste de média do parâmetro Luminosidade (L^*) dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	66
Figura 14 - Gráfico do teste de média do parâmetro a^* dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	67
Figura 15 - Gráfico do teste de média do parâmetro b^* dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	68
Figura 16 - Gráfico do teste de média do parâmetro Cromo (C^*) dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	69
Figura 17 - Gráfico do teste de média do parâmetro ângulo Hue (h) dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	70
Figura 18 - Gráfico de regressão linear do parâmetro firmeza dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	71
Figura 19 - Gráfico de regressão linear do parâmetro perda de peso dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	72
Figura 20 - Gráfico do teste de média do parâmetro vitamina C dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	73
Figura 21 - Gráfico de regressão linear do parâmetro flavonóides amarelos dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	75
Figura 22 - Gráfico do teste de média do parâmetro antocianinas totais dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12	

	dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	76
Figura 23 -	Gráfico de regressão linear do parâmetro Atividade Antioxidante Total dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	77
Figura 24 -	Gráfico de regressão linear do parâmetro Polifenóis Extraíveis Totais (PET) dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	78
Figura 25 -	Gráfico do teste de média do parâmetro licopeno dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	79
Figura 26 -	Gráfico do teste de média do parâmetro β -caroteno dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	80
Figura 27 -	Valores médios da contagem de bactérias mesófilas dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	83
Figura 28 -	Valores médios da contagem de bactérias psicotróficas dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	84
Figura 29 -	Valores médios da contagem de bactérias lácticas dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	85
Figura 30 -	Valores médios da contagem de bolores e leveduras dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Tratamentos experimentais para otimização dos parâmetros de velocidade de rotação (rpm) e do tempo de extração dos compostos bioativos dos subprodutos do processamento de acerola via turbólise a 25 °C	35
Tabela 2 -	Tratamentos experimentais para otimização da proporção de subprodutos de acerola liofilizados (em gramas) e volume do extrator (em mL) para diferentes soluções extratoras	36
Tabela 3 -	Conteúdo de compostos antioxidantes e atividade antioxidante total de subprodutos de acerola em estágio de maturação maduro nas formas <i>in natura</i> e liofilizados	48
Tabela 4 -	Conteúdo de vitamina C, polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante total dos extratos aquosos obtidos por meio de turbólise aplicando diferentes velocidades de rotação e tempos de extração.....	51
Tabela 5 -	Conteúdo de compostos bioativos e atividade antioxidante total dos extratos aquosos e etanólicos dos subprodutos de acerola obtidos por meio de turbólise utilizando diferentes concentrações e volumes da solução extratora	53
Tabela 6 -	Densidades ópticas do crescimento microbiano de <i>Listeria innocua</i> (ATCC 33090) em caldo duplo BHI e de <i>Salmonella enteritides</i> (IAL 1132) em caldo duplo TSA na presença de antimicrobianos (quitosana 1%, extrato e revestimento) em diferentes concentrações	55
Tabela 7 -	Coefficientes de correlação de Pearson para os parâmetros de qualidade acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), pH, SS/AT, firmeza e perda de peso dos dois tratamentos durante 12 dias de armazenamento	88
Tabela 8 -	Coefficientes de correlação de Pearson para os parâmetros colorimétricos L*, C*, h, a* e b* dos dois tratamentos durante 12 dias de armazenamento.....	89
Tabela 9 -	Coefficientes de correlação de Pearson para os compostos bioativos e a atividade antioxidante total (ABTS) dos dois tratamentos durante 12 dias de armazenamento	89
Tabela 10 -	Coefficientes de correlação de Pearson para antocianina e parâmetro colorimétrico a* durante 12 dias de armazenamento	90

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Cultura do melão	18
2.2	Produção de melão	20
2.3	Qualidade do melão	21
2.4	Processamento mínimo	22
2.5	Qualidade microbiológica de produtos minimamente processados	24
2.6	Revestimentos comestíveis	25
2.7	Quitosana	28
2.8	A importância do aproveitamento dos subprodutos agroindustriais	30
3	OBJETIVOS	32
3.1	Objetivo geral	32
3.2	Objetivos específicos	32
4	MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1	Material	33
4.1.1	<i>Frutos</i>	33
4.1.2	<i>Matriz de quitosana</i>	33
4.1.3	<i>Culturas de bactérias</i>	33
4.2	Métodos	34
4.2.1	<i>Obtenção dos frutos de acerola</i>	34
4.2.2	<i>Extração de compostos bioativos dos subprodutos de acerola</i>	34
4.2.3	<i>Tamanho e distribuição das microcápsulas</i>	36
4.2.4	<i>Concentração inibitória mínima (CIM) e concentração bactericida mínima (CBM)</i>	37
4.2.5	<i>Preparo do revestimento comestível</i>	38
4.2.6	<i>Processamento mínimo</i>	38
4.2.7	<i>Aplicação do revestimento nos melões minimamente processados</i>	39
4.2.8	<i>Análises de qualidade</i>	40

4.2.8.1	<i>pH</i>	40
4.2.8.2	<i>Sólidos Solúveis (SS)</i>	40
4.2.8.3	<i>Acidez Titulável (AT)</i>	40
4.2.8.4	<i>Relação Sólidos Solúveis / Acidez Titulável (SS/AT)</i>	40
4.2.8.5	<i>Cor</i>	40
4.2.8.6	<i>Firmeza</i>	41
4.2.8.7	<i>Perda de peso</i>	41
4.2.9	<i>Quantificação dos compostos bioativos</i>	41
4.2.9.1	<i>Vitamina C</i>	41
4.2.9.2	<i>Flavonóides amarelos e Antocianinas totais</i>	41
4.2.9.3	<i>Licopeno e β-caroteno</i>	42
4.2.9.4	<i>Atividade Antioxidante Total (ATT) e Polifenóis Extraíveis Totais (PET)</i>	42
4.2.9.4.1	Obtenção do extrato	42
4.2.9.4.2	Determinação da Atividade Antioxidante Total (ATT)	42
4.2.9.4.3	Determinação de Polifenóis Extraíveis Totais (PET)	43
4.2.10	<i>Análises microbiológicas</i>	44
4.2.10.1	<i>Mesófilos</i>	44
4.2.10.2	<i>Psicotróficos</i>	44
4.2.10.3	<i>Bactérias lácticas</i>	44
4.2.10.4	<i>Bolores e Leveduras</i>	45
4.2.10.5	<i>Detecção da presença de <i>Listeria monocytogenes</i></i>	45
4.2.10.5.1	Pré-enriquecimento, enriquecimento seletivo e isolamento	45
4.2.10.6	<i>Detecção da presença de <i>Salmonella</i></i>	46
4.2.10.6.1	Pré-enriquecimento, enriquecimento seletivo e isolamento ...	46
4.2.11	<i>Análise estatística</i>	46
5	RESULTADOS E DISCUSSAO	48
5.1	Caracterização dos subprodutos de acerola <i>in natura</i> e liofilizados	48
5.2	Otimização da extração dos compostos bioativos dos subprodutos de acerola liofilizados	49
5.3	Concentração inibitória mínima (CIM) e concentração bactericida mínima (CBM)	55

5.4	Tamanho e distribuição das microcápsulas	59
5.5	Determinações físicas e físico-químicas	60
5.5.1	<i>pH</i>	60
5.5.2	<i>Sólidos Solúveis (SS)</i>	62
5.5.3	<i>Acidez Titulável (AT)</i>	63
5.5.4	<i>Relação Sólidos Solúveis / Acidez Titulável (SS/AT)</i>	64
5.5.5	<i>Cor</i>	65
5.5.6	<i>Firmeza</i>	70
5.5.7	<i>Perda de peso</i>	71
5.5.8	Quantificação de compostos bioativos e atividade antioxidante total	73
5.5.8.1	<i>Vitamina C</i>	73
5.5.8.2	<i>Flavonóides amarelos</i>	74
5.5.8.3	<i>Antocianinas totais</i>	75
5.5.8.4	<i>Atividade Antioxidante Total (ATT)</i>	76
5.5.8.5	<i>Polifenóis Extraíveis Totais (PET)</i>	77
5.5.8.6	<i>Licopeno e β-caroteno.....</i>	79
5.6	Análises microbiológicas	82
5.6.1	<i>Mesófilos</i>	82
5.6.2	<i>Psicotróficos</i>	83
5.6.3	<i>Bactérias lácticas</i>	84
5.6.4	<i>Bolores e leveduras</i>	86
5.6.5	<i>Detecção da presença de <i>Listeria monocytogenes</i></i>	87
5.6.6	<i>Detecção da presença de <i>Salmonella</i></i>	88
5.7	Análises de correlação	88
6	CONCLUSÃO	91
	REFERÊNCIAS	92

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a saúde, aliada ao ritmo de vida intenso, tem provocado mudanças no hábito alimentar das pessoas, direcionando-as para uma alimentação saudável e ao, mesmo tempo, rápida e de fácil preparo. Nesse contexto, as frutas desempenham importante papel e têm conquistado novos espaços, tanto no mercado interno como externo (LOPES; PAIVA, 2002). Um dos setores mais expressivos da economia brasileira é a agroindústria. No setor de fruticultura, o Brasil oferece grande diversidade de espécies para consumo interno e mercado internacional.

Segundo ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA (2012), a fruticultura brasileira é por si só promissora e é de crer que os próximos anos são particularmente ainda mais promissores devido às dezenas de pólos de cultivo com forte identidade regional.

A produção de frutas no Brasil em 2010 apresentou uma estimativa de safra de 42,101 milhões de toneladas considerando as 20 espécies mais produzidas no país, entre elas a laranja, o melão e a banana. O Instituto Brasileiro de Frutas (Ibraf) afirmou que a área plantada em 2010 não variou em relação aos anos anteriores, mantendo-se em 2,240 milhões de hectares, assim como os valores estimados de produtividade no ano de 2011. No entanto, o Brasil continua na posição de terceiro maior produtor mundial de frutas, perdendo para China e Índia (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012).

No Brasil, a produção de melão (*Cucumis melo* L.) está concentrada na Região Nordeste, especialmente nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, que respondem mais de 80% da produção nacional (FNP, 2004). As condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento dessa cultura aliadas ao uso sistemático da irrigação, têm propiciado aos produtores alta produtividade e boa qualidade de frutos (GOMES JÚNIOR *et al.*, 2001). Os melões tipo Cantaloupe são excelentes fontes de vitamina C, minerais, fibra dietética e beta-caroteno (BEAULIEU, LEA, 2007).

As frutas tropicais exóticas são ricas em compostos bioativos, tais como compostos fenólicos, carotenóides, vitaminas e fibras alimentares. No entanto, a indústria de processamento de frutos enfrenta uma grande dificuldade relacionada com a porcentagem de seus subprodutos geradas nas diferentes etapas das cadeias de processamento, como cascas, sementes e polpas não utilizadas. Na maioria dos casos, os subprodutos desperdiçados podem apresentar conteúdo semelhante ou até mais altos de compostos bioativos que o produto final (AYALA-ZAVALA *et al.*, 2011). Silva *et al.* (2014) relataram em subprodutos do processamento de acerola alto conteúdos de polifenóis (7265.29 mg ácido gálico equivalente/

100g em base seca), além disso, o conteúdo antocianinas totais (245.90 mg/ 100g de base seca) e flavonóides amarelos (98.05 mg/ 100g em base seca), foram superiores aos detectados na polpa.

O segmento de produtos minimamente processados tem crescido exponencialmente nos últimos anos. Entretanto, a natureza do tratamento aplicado a esses produtos propicia um ambiente favorável e tempo suficiente para a proliferação de microrganismos deteriorantes e patogênicos de importante significado para a saúde pública, ocasionando relevantes perdas econômicas além do comprometimento da qualidade do produto, consequência de reações bioquímicas associadas com a resposta a injúrias, resultando em alterações de atributos como cor, textura e *flavor* (VAROQUAX; WILEY, 1994). Muitas estratégias para a preservação dos produtos frescos e minimamente processados têm sido utilizadas tradicionalmente e entre eles o controle químico o qual (aditivos sintéticos) tem sido usado desde o início da indústria de alimentos como um método confiável, que controla a quantidade de fatores deteriorantes em frutas e hortaliças frescas. No entanto, a maioria destes compostos não satisfaz os conceitos de natural e saudável que os consumidores estão buscando atualmente e que a indústria de alimentos precisa oferecer (MARRIOTT, 2010). O uso de revestimentos comestíveis pode ser uma alternativa rentável para embalagens de atmosfera modificada, principalmente em frutas e hortaliças minimamente processadas ou *fresh-cut fruit and vegetables*, (do inglês, *frutas e vegetais minimamente processados*- FCFV) (CAMPOS; GERSCHENSON; FLORES, 2011), uma vez que eles auxiliam na prevenção de danos físicos, na melhoria da aparência e na redução da microbiota (FRASSEN; KROCHTA, 2003; VARGAS *et al.*, 2008)

Os compostos com propriedades antioxidantes e antimicrobianos podem ser liberados na superfície do produto através do microencapsulamento. A aplicação desta tecnologia poderá ser 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 resíduos do processamento, de modo a garantir uma agregação de valor integral. Além do mais, podendo 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.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do melão

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma fruta climatérica pertencente à família botânica das *Cucurbitáceas* e originário da África e da Ásia. O meloeiro é uma planta de floração anual, herbácea, rasteira de haste sarmentosa que apresenta sistema radicular com crescimento abundante nos primeiros 30 cm de profundidade do solo. Os frutos são bastante variados, tanto com relação ao peso, que podem ter de 100 gramas até vários quilogramas como com relação ao formato, podendo ser achatado, redondo ou cilíndrico, (MELO *et al.* 2008; ALBUQUERQUE JÚNIOR, 2003). Além disso, os frutos são classificados como baga e contêm de 200 a 600 sementes na cavidade central (PEDROSA, 1997) que é envolvida pelo pericarpo que é a porção comestível do fruto.

As principais variedades produzidas comercialmente no Nordeste brasileiro pertencem a dois grupos: *Cucumis melo* var. *inodorus* Naud. e *Cucumis melo* var. *cantaloupensis* Naud. que correspondem, respectivamente, aos melões inodoros e aos melões aromáticos. Os melões também podem ser classificados quanto à semelhança entre as características visuais como cor de polpa, aspecto da casca, reticulação ou redilhamento, cicatrizes, formato do fruto, entre outros. Esta classificação agrupa os melões em “tipos” para facilitar a comunicação entre os diferentes agentes da cadeia do agronegócio do melão. A partir desta classificação são apresentados seis tipos de melões: Cantaloupe, Verde Espanhol, Gália, Amarelo, Charental e Orange Fresh (SIQUEIRA, 2007; CRISÓSTOMO *et al.* 2004; MENEZES *et al.*, 2000).

Os frutos do grupo *C. melo cantaloupensis* Naud. são melões muito aromáticos, mais doces que os inodoros, 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 ou, às vezes, verde. Os melões Cantaloupe, que são os mais produzidos no mundo, apresentam o padrão climatérico e devem ser colhidos no período mínimo climatérico, ou seja, no ponto de maturação fisiológica e anterior ao aumento da concentração de etileno (MENEZES *et al.* 2000; KLUGE *et al.* 2002; SOBRINHO *et al.* 2008).

Segundo Negreiros *et al.* (2005), o crescimento e desenvolvimento da cultura do meloeiro são favorecidos pelas condições edafoclimáticas dos meses de julho a dezembro, principalmente pela redução da incidência de chuvas. As baixas temperaturas (< 12 °C) prejudicam o crescimento vegetativo da planta, podendo até sofrer paralisação. A faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento do meloeiro de 20 a 30 °C. A temperatura

influencia diretamente no teor de açúcar, no sabor, no aroma e na consistência dos frutos, características que são decisivas no momento da comercialização (COSTA, 2000; SENAR, 2007). Em relação ao solo, a planta é moderadamente tolerante à salinidade e exige valores de pH na faixa ótima de 6,4 a 7,2 (FILGUEIRAS *et al.*, 2000).

As principais alterações sensoriais que ocorrem em frutos, durante o amadurecimento, e que são finalizadas durante a senescência estão relacionadas à textura, aparência e sabor. Essas alterações podem ser percebidas por análises físicas, químicas, bioquímicas ou sensoriais. O ponto de maturação dos frutos pode ser identificado através de índices químicos e físicos que resultam das transformações morfológicas pelas quais os frutos passam durante seu desenvolvimento. Estas transformações ocorrem em nível celular, envolvendo processos de degradação e síntese de compostos orgânicos, além de alterações na atividade enzimática. O conhecimento destas mudanças metabólicas associadas com a maturação é essencial para prolongar a conservação da qualidade dos frutos e prevenir os distúrbios fisiológicos. 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, o teor de SST aumenta, o pH varia pouco e a ATT apresenta uma rápida redução (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em relação aos índices físicos, podem ser citados: o formato dos frutos, incluindo o diâmetro longitudinal e transversal, o desenvolvimento da zona de abscisão do pedúnculo e a coloração e espessura da polpa, sendo que o último reflete diretamente no rendimento do fruto, pois normalmente a parte consumida é a polpa (SANTOS, 2003). A diminuição da firmeza da polpa, durante o amadurecimento, é função da perda da integridade da parede celular. A degradação das moléculas poliméricas constituintes da parede celular, como celulose, hemicelulose e pectina, gera alterações na parede celular levando ao amaciamento dos tecidos.

No tocante à qualidade e vida útil pós-colheita, em razão do exigente consumidor, é fundamental que o melão cultivado possa chegar ao mercado com excelente qualidade para consumo em poucos dias. Em muitas situações, as avaliações para os referidos aspectos são negligenciadas, acarretando problemas futuros na comercialização, pois mesmo com bom desempenho produtivo no campo, a qualidade do fruto pode ser inferior (TOMAZ *et al.*, 2009).

2.2 Produção de melão

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. No início de 2010, um em quatro produtos do agronegócio em circulação no mundo eram brasileiros. A projeção do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é que, até 2030, um terço dos produtos comercializados seja do Brasil, em função da crescente demanda dos países asiáticos. (BRASIL, 2012a).

No mercado de exportação de frutas frescas brasileiras, o melão é o principal produto negociado, sendo a Nordeste a maior região produtora. O estado do Ceará (CE) destaca-se como o segundo principal produtor depois do Rio Grande do Norte (RN) (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2012). Os principais pólos produtores estão concentrados em três microrregiões geográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, são elas: Baixo Jaguaribe (CE), Mossoró (RN) e Vale do Assu (RN) (GOMES, 2010). O estado do Rio Grande do Norte é responsável por 46,6 % da produção nacional de melão, enquanto o estado do Ceará tem 35,0 %. Outros estados nordestinos produtores são: Bahia (10,5 %) e Pernambuco (3,5 %). O melão do grupo *inodorus* é o mais cultivado na região nordeste e em plena expansão estão os melões do grupo *cantaloupensis* (AROUCHA *et al.* 2012).

Em 2010, o Brasil foi o segundo maior exportador de melão, enquanto a Espanha manteve a primeira posição (FAO, 2012). De acordo com o Ibraf (Instituto Brasileiro de Frutas), em estudos estatísticos sobre a produtividade em 2011, o melão ocupa uma área de 18.870 hectares, que produzem 478.431 toneladas, caracterizando aumentos de 7,56% na área plantada e 18,7% no volume produzido em relação a 2009. Na pauta de exportações brasileiras de frutas frescas de 2011, a exportação de melão apresentou, em relação a 2010, um decréscimo em volume de 4,64% (169.576 toneladas) e um aumento de 5,23% em valor (128,3 milhões de dólares), mantendo ainda a posição de primeiro lugar no *ranking* de exportação de frutas brasileiras. A retração nos volumes ocorreu, principalmente, devido a crise econômica européia (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2012).

De acordo os dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) as estimativas nacionais de perdas pós-colheita do melão são de 75% e estão associadas a doenças parasitárias, desordens fisiológicas, injúrias mecânicas e superamadurecimento. Por outro lado, o mercado internacional de frutas frescas cresce US\$ 1 bilhão em média ao ano, sendo um negócio de US\$ 22 bilhões anuais, superando a soja em

grão (US\$11bilhões), o trigo (US\$17,5 bilhões) e a carne bovina (US\$15bilhões) (BRASIL, 2007). Tecnologias para aumento da qualidade, segurança alimentar e extensão da vida de prateleira são importantes metas para a garantia da produtividade e competitividade no agronegócio de frutas.

2.3 Qualidade do melão

A qualidade pós-colheita dos frutos caracteriza-se como um conjunto de características ou atributos que permitam a diferenciação entre produtos, influenciando diretamente na aceitação pelo consumidor. Assim, o conceito de qualidade pós-colheita envolve vários atributos como a aparência visual (frescor, cor, defeitos e deterioração), textura (firmeza, resistência e integridade do tecido), *flavor*, valor nutricional e segurança do alimento. Dentre estas características 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 (teor 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. O valor nutricional e a segurança do alimento do ponto de vista da qualidade microbiológica e da presença de contaminantes químicos ganham cada vez mais importância por estarem relacionados à saúde do consumidor (CENCI, 2006; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

No caso do melão, as características mais importantes para determinar a qualidade pós-colheita são os sólidos solúveis totais (SST), as aparências interna e externa, firmeza da polpa e perda de massa (GOMES JÚNIOR *et al.*, 2001). De acordo com Miguel *et al.* (2008), a qualidade do melão está fortemente relacionada com o teor de sólidos solúveis totais. Um dos critérios de aceitação no mercado internacional, principalmente para os mercados Norte-americano e Europeu, é o conteúdo de SST superior a 9 °Brix, além de frutos com aparência externa uniforme e polpa firme (mínimo de 30 N) (MENEZES *et al.*, 2000; FILGUEIRAS *et al.*, 2000). A firmeza da polpa varia de acordo com o tipo de melão. Morais *et al.* (2009) analisaram a firmeza da polpa de melões do tipo Gália (41,09N), Cantaloupe (45,67 N), Charentais (50,53) e Orange Flesh (45,67N).

Para o consumidor, a coloração é o atributo mais atrativo das frutas que pode estimular ou inibir o apetite. Por isso, uma das preocupações dos produtores de melão é manter a uniformidade da cor dos frutos após a colheita, pois esta é uma importante característica de qualidade considerada pelo consumidor. O teor de clorofila total é um dos fatores estudados

durante a maturação e o amadurecimento dos melões como forma de explicar as alterações ocorridas (ANSELMO, 2007). Nos frutos que apresentam polpa salmão ou alaranjada, o pigmento predominante é o β -caroteno, correspondendo a 84,7% do total, seguido de fitoflueno, fitoeno, luteína e violaxantina (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os pigmentos relatados na literatura que conferem essa variação de cores externas são carotenóides, principalmente β -caroteno e clorofilas (BURGER *et al.*, 2006).

No melão, a variação nos níveis de acidez tem pouco significado em função da baixa concentração (pH entre 5,89-6,12 e acidez entre 0,117-0,144 % de ácido cítrico em melões Amarelo em estudo de Tomaz *et al.*, 2009), e a intervenção da acidez no *flavor* não é muito representativa (MORAIS *et al.*, 2009).

2.4 Processamento Mínimo

Mudanças demográficas relacionadas ao envelhecimento, novos estilos de vida, maior número de membros das famílias no mercado de trabalho, maior número de pessoas morando sozinhas e o aumento do setor de refeições coletivas transformaram os hábitos alimentares da população. As exigências do mercado estão voltadas para novos produtos, mais convenientes e seguros, com sabor e aroma preservados, similares aos produtos comercializados *in natura*. (KENNEDY; WALL, 2007; MENG; DOYLE, 2002; SEBRAE, 2012a).

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 e lavagem e tenha sido fisicamente alteradas através de operações de descascamento e/ou corte até chegarem a um produto 100% aproveitável, que é embalado a fim de oferecer, aos consumidores frescor, conveniência e qualidade nutricional (LAMIKANRA, 2002).

Nas duas últimas décadas, as pesquisas em nutrição humana têm mostrado que uma dieta balanceada e rica em frutas e hortaliças promove boa saúde e pode reduzir o risco de certas doenças. O aumento da popularidade de frutas e hortaliças minimamente processadas (do inglês, *Fresh-Cut Fruit and Vegetables* - FCFV) tem sido atribuído aos benefícios causados à saúde, associados a produtos com características próximas ao estado fresco e, ainda, com as tendências atuais do mercado em relação ao consumo de alimentos prontos para comer (BASTOS, 2006). Com um consumidor mais consciente e exigente, aumenta a demanda por produtos com maior valor agregado, com redução de aditivos sintéticos e uso de sistemas de prevenção mais naturais (SEBRAE, 2012a).

A qualidade dos FCFV é a combinação de atributos, propriedades ou características que determinam seu valor para o consumidor. Os parâmetros de qualidade incluem aparência, textura, *flavor* e valor nutricional. Estes parâmetros, por sua vez, são consequência das características dos frutos/hortaliças intactos (fatores pré-colheita, colheita e pós-colheita) assim como dos métodos de preparação (como tipo de ferramenta utilizada nas etapas de descascamento e corte, tamanho e área superficial das unidades, higienização do alimento, ambiente e utensílios e remoção da umidade excessiva) e condições posteriores de distribuição e armazenamento (tipo de embalagem, temperatura, umidade relativa, higiene e logística de distribuição). (LAMIKANRA, 2002).

É bem conhecido que as frutas e hortaliças minimamente processadas são susceptíveis a perder rapidamente a qualidade após o processamento, devido a alterações físicas com conseqüentes reações bioquímicas associadas com a resposta à injúria, podendo resultar na degradação dos atributos de cor, textura e *flavor* dos produtos (VAROQUAUX; WILEY, 1994). Segundo Toivonen e Brummell (2008), a perda da textura desejável e mudanças na cor são importantes problemas para a manutenção da qualidade dos FCFV, embora de mecanismos bioquímicos não totalmente esclarecidos.

O descasque e o corte de frutas para o processamento mínimo são feitos, geralmente, pelo método manual ou mecânico (escala industrial). O processo mecânico por resultar em maiores danos aos tecidos com conseqüente perda de qualidade sensorial, nutricional e microbiológica. Para minimizar esses problemas, recomenda-se utilizar o método manual. Para se obter melhor resultado, os cortes devem ser feitos em ambiente climatizado, utilizando-se facas com lâminas afiadas e de inox, previamente sanitizadas. O corte dos tecidos, também, aumenta as atividades enzimáticas, resultando em rápida perda de ácido ascórbico pelos produtos minimamente processados; esse ácido pode ser oxidado por uma série de mecanismos químicos e bioquímicos, que são responsáveis pela perda de sua atividade vitamínica e pela formação de pigmentos escuros (BASTOS, 2006).

Para o setor de frutas e hortaliças minimamente processadas ainda não existe legislação específica no Brasil, embora já se reconheça a necessidade de instituí-las logo, pois esta falta representa um dos principais problemas do setor. Entretanto, a ausência de legislação ou de normas específicas para o setor não significa total ausência de legislação. Na verdade, existem várias normas aplicáveis a esse setor, além da legislação sanitária genérica sobre alimentos, frutas e hortaliças. (SEBRAE, 2012b).

2.5 Qualidade microbiológica de produtos minimamente processados

Os tecidos vegetais externos intactos (casca ou película) exercem função de barreira de proteção física e química contra a contaminação microbiológica dos tecidos internos. Por isso, os surtos de doenças transmitidas por frutas e hortaliças ocorrem com menor frequência que em outros tipos de alimentos.

Por outro lado, as perdas de qualidade das frutas e hortaliças minimamente processadas 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 ricos em minerais, açúcares, vitaminas e outros nutrientes criando, desse modo, um ambiente apropriado ao crescimento microbiano, sendo alguns microrganismos potencialmente danosos para a saúde pública (BAI *et al.*, 2008). A qualidade microbiológica das frutas e hortaliças minimamente processadas é particularmente crítica dada a sua exposição durante o processo do corte, o que pode causar contaminação por bactérias, fungos e levedura (RAYBAUDI-MASSILI; MOSQUEDA-MELGA; MARTÍN-BELLOSO, 2009)

A aplicação das Boas Práticas de Fabricação nas etapas de processamento mínimo pode não ser eficiente para eliminar a contaminação microbiológica de FCFV e, além disso, o armazenamento sob refrigeração pode favorecer o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes psicrotróficos (AGUADO; VITAS; GARCÍA-JALÓN, 2004; LEESON; O'BEIRNE, 2005). Por isso, nos últimos anos muitas pesquisas têm sido focadas 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 Brasil (2012b), doenças transmitidas por alimentos, mais comumente conhecidas como DTAs, são causadas pela ingestão de alimentos ou bebidas contaminados. Existem mais de 250 tipos de DTAs e a maioria são infecções causadas por bactérias e suas toxinas, vírus e parasitas. Outras doenças são envenenamentos causados por toxinas naturais (ex. cogumelos venenosos, toxinas de algas e peixes) ou por produtos químicos prejudiciais que contaminaram o alimento (ex. chumbo, agrotóxicos).

A microbiota comumente encontrada em frutas e hortaliças é *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 que causam o desperdício das frutas minimamente processadas devido à

condições acídicas que tendem a suprimir o crescimento bacteriano (FRAZIER; WESTHOFF, 1993). Os vírus envolvidos nos surtos têm um reservatório humano (por exemplo, *Norwalk-like* e Hepatite A) e pode ser associado com produtos íntegros frescos em contato com o solo e/ou água (BUSTA *et al.*, 2003).

Surtos ligados à protozoários (por exemplo, *Cryptosporidium*, *Cyclospora*, *Giardia*) foram mais associados com frutas que com hortaliças (BUSTA *et al.*, 2003). Protozoários e vírus são mais freqüentemente associados com água contaminada ou manipuladores de alimentos e podem ser transmitidos aos produtos minimamente processados durante o cultivo, refrigeração, colheita, armazenamento e processamento mínimo, que compromete a saúde do consumidor (GARRETT *et al.*, 2003).

A maioria dos surtos notificados tem sido associada com a contaminação bacteriana, particularmente por membros da família *Enterobacteriaceae*. Vários estudos têm relatado a ocorrência de patógenos de origem alimentar em vegetal, especialmente os FCFV, tais como *Salmonella* spp. (BOHAYCHUCK *et al.*, 2009; ELVISS *et al.*, 2009; KHOO *et al.*, 2009; SALLEH *et al.*, 2003; SANT'ANA *et al.*, 2011). Desse modo o risco microbiológico é um dos fatores de maior importância que afeta a qualidade e segurança das frutas minimamente processadas

No Brasil, o número de casos de DTAs registrados em 2011 foi de 17.500, sendo que a região Nordeste ocupa a segunda região com maior percentual de surtos no período 2000-2011. (BRASIL, 2012c).

Os significantes aumentos dos surtos das DTAs demonstram que as tecnologias tradicionais de preservação e guias de medidas de prevenção não são ainda suficientes para obtenção de alimentos frescos seguros (FDA, 2009). Doenças causadas devido ao 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* pode sobreviver em uma ampla variedade de condições ambientais bem como em diversos tipos de alimentos processados e inclusive em produtos frescos (GRAM *et al.*, 2002).

2.6 Revestimentos comestíveis

As embalagens para alimentos são atualmente objeto de estudos na indústria alimentícia em vista de sua importância na proteção do produto e meio de atratividade do

consumidor pelo produto ofertado, porém, de grande dispêndio financeiro. As embalagens e os materiais que as compõem sempre foram importantes no setor alimentício. O desenvolvimento de novas embalagens é proveniente de necessidades geradas por alterações na indústria tais como obtenção de produtos alimentares com vida útil mais prolongada e aumento da demanda por alimentos mais frescos.

Dentro deste contexto têm-se ainda a preocupação em atender as exigências dos consumidores por alimentos mais naturais cujas embalagens contribuam para a proteção do meio ambiente (CAMPOS; GERSCHENSON; FLORES, 2011). Além disso, 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; BARRY-RYAN; BOURKE, 2008).

Os revestimentos e filmes não pretendem substituir os materiais de embalagem tradicionais, mas fornecer uma proteção adicional ao ser aplicado em alimentos. Podem também ajudar a reduzir os custos de produção e a quantidade de embalagens tradicionais utilizados (CAMPOS; GERSCHENSON; FLORES, 2011).

Segundo a Regulação 450 de 2009 da União Européia, definem-se materiais ou agentes ativos como substâncias que se destinam a prolongar a vida de prateleira (*shelf life*), melhorando ou mantendo as condições do alimento embalado (RESTUCCIA *et al.*, 2010). Portanto, embalagens ativas têm por finalidade estender a vida de prateleira do alimento interagindo ativamente com o produto (HAN; HO; RODRIGUES, 2005). De acordo com Coma (2008), apesar da eficiência da aplicação de compostos ativos em formas de sachês dentro das embalagens, torna-se mais importante a realização de estudos para desenvolvimentos de estruturas que possam carrear os agentes ativos e que estas substâncias possam ser liberadas gradualmente e/ou de forma controlada.

De acordo com o Código Federal de Regras Americano (*USA Code of Federal Regulations*; CFR-FDA, 2006), revestimentos comestíveis são formulados com aditivos de natureza alimentar na quantidade necessária para realizar um efeito intencional, além disso, os ingredientes têm que serem GRAS e listados no Código Federal Americano. 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). 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.

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 (MARTÍN-BELLOSO; SOLIVA-FORTUNY; BALDWIN, 2005; FRANSSEN; KROCHTA, 2003).

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 com garantia a qualidade e a segurança (SUPPAKUL *et al.*, 2003).

Os antimicrobianos mais comumente utilizados são o polissacarídeo quitosana, ácidos orgânicos, alguns polipeptídios como a nisina, o sistema lactoperoxidase, alguns extratos de plantas e seus óleos essenciais, entre outros. Para a seleção de um agente antimicrobiano, ele deve ser considerado a eficácia contra o microrganismo alvo e as possíveis interações entre o antimicrobiano, o biopolímero formador da película do revestimento e os componentes do alimento. Estas interações podem modificar a atividade antimicrobiana e as características da película sendo estes fatores importantes para o desenvolvimento de filmes e revestimentos antimicrobianos (CAMPOS; GERSCHENSON; FLORES, 2011) A incorporação de compostos antimicrobianos em revestimentos comestíveis proporciona maior efeito sobre deteriorantes e patógenos, pois mantêm de forma eficaz as concentrações necessárias para ação sobre os microorganismos (ROJAS-GRAÜ; SOLIVA-FORTUNY; MARTÍN-BELLOSO, 2009).

O interesse em revestimentos comestíveis antimicrobianos tem aumentado recentemente devido ao aumento do consumo dos FCFV (ROJAS-GRAU *et al.*, 2007) e as propriedades potenciais e as aplicações de revestimentos comestíveis tem sido extensivamente estudadas em frutos minimamente processados (SERRANO *et al.*, 2008; SANGSUWAN *et al.*, 2008; OMS-OLIU, 2008; MOREIRA *et al.*, 2005).Entretanto, informações da aplicação de revestimentos em frutos tropicais minimamente processados são escassas (TAPIA *et al.*,

2008; RAYABAUDI-MASSILIA *et al.*, 2009; GONZALEZ-AGUILAR *et al.*, 2009; CERQUEIRA *et al.*, 2009; ALI *et al.*, 2011).

A aplicação de revestimentos comestíveis em melão (*Cucumis melo* L.) minimamente processado é imprescindível para a manutenção da qualidade e segurança desse produto, uma vez que os principais problemas que tornam esse produto altamente perecível são a perda de peso e de firmeza além de crescimento microbiano superficial devido às operações do processamento mínimo.

2.7. Quitosana

A quitosana é um biopolímero derivado da desacetilação em condições alcalinas da quitina (poli- β -1(1 \rightarrow 4)N-acetil-D-glucosamina), que é o maior componente da carapaça de crustáceos. É considerada biocompatível, não tóxica, não antigênica, aditivo biofuncional (No *et al.*, 2007) e reconhecida como substância GRAS em 2005 pelo USFDA (2007).

Os revestimentos de quitosana estão sendo muito utilizados em alimentos devido, principalmente, as suas propriedades como preservativo antimicrobiano natural e estruturais que proporcionam barreira semipermeável a gases, redução de perdas de água, manutenção da firmeza do tecido e redução de crescimento de microrganismos.

O estudo realizado por ALI *et al.* (2011) sobre o efeito da quitosana sobre as características físico-químicas do mamão Eksotika II armazenados a 12 ± 1 °C e 85-90% de umidade relativa, observou que a quitosana favoreceu eficazmente o controle sobre a redução da perda de peso, firmeza, alterações tardias na coloração da casca e da concentração de sólidos solúveis totais, durante 5 semanas de armazenamento.

De acordo com Gonzalez-Aguillar *et al.* (2008), o revestimento de quitosana tem a habilidade de modificar a atmosfera interna no tecido do fruto, criando uma barreira semipermeável que controla a troca gasosa, reduzindo a perda de água e, desse modo, mantendo a firmeza do tecido além de inibir a deterioração microbiana

A morte celular ocorre, principalmente, devido ao aumento da permeabilidade das membranas celulares pela interação entre os grupos amino da quitosana, positivamente carregados, e as cargas negativas das membranas, ou seja, é necessário o contato direto entre o microorganismo e o sítio reativo da quitosana. Essa interação ocasiona a liberação de constituintes proteínicos e outros constituintes intracelulares. O espectro de ação compreende a inibição do crescimento de deteriorantes, bactérias patogênicas, leveduras e bolores (CAMPOS; GERSCHENSON; FLORES, 2011; MOREIRA; ROURA; PONCE, 2011; NO *et al.*, 2007; SANGSUWAN; RATTANAPANONE; RACHTANAPUN, 2008).

Um segundo mecanismo propõe que a quitosana atua como agente quelante de metais essenciais para a célula (ROLLER; COVILL, 1999), enquanto um terceiro mecanismo estabelece que a quitosana de baixo peso molecular é capaz de transpor as membranas celulares e reagir com o DNA, interferindo na síntese do RNA mensageiro e, conseqüentemente, afetando a síntese de proteínas e inibindo a atividade das enzimas (RABEA *et al.*, 2003). A bioatividade da quitosana é função das suas propriedades físico-químicas, principalmente o peso molecular, grau de acetilação, microorganismo alvo, pH do meio e presença de outros aditivos ou componentes do alimento (CHIEN; CHOU, 2006; AIDER, 2010). Por exemplo, a quitosana altamente desacetilada tem maior caráter antimicrobiano do que quitosanas com uma proporção mais elevada de grupos amino acetilado, por causa da sua solubilidade e de densidade maior de cargas (DUTTA *et al.*, 2009)

A quitosana tem sido utilizada com sucesso em uma ampla variedade de produtos hortifrutícolas (D'AMATO; SINIGAGLIA; CORBO, 2010; CAMPANIELLO *et al.*, 2008; CHIEN; CHOU, 2006; CHUNRAN *et al.*, 2005; DEVILEGHERE *et al.*, 2004; DUAN *et al.*, 2008; GONZALEZ-AGUILLAR *et al.*, 2009; SANGSUWAN *et al.*, 2008).

Em estudo realizado por Moreira, Roura e Ponce (2011), o crescimento de coliformes totais, mesófilos aeróbios e psicrófilos foi substancialmente inibido pela aplicação de revestimentos de quitosana em brócolis minimamente processados durante todo o armazenamento (20 dias). O revestimento de quitosana inibiu o crescimento de coliformes totais ao longo do tempo de armazenamento. Além disso, as amostras tratadas com quitosana apresentaram efeito bactericida sobre *Escherichia coli* endógena e uma diminuição significativa da contagem total de *Escherichia coli* total (endógeno e O157:H7). Os revestimentos de quitosana, portanto, são úteis para neutralizar a contaminação acidental com *E. coli* e isto é importante porque este tipo de contaminação ocorre em qualquer parte da cadeia de suprimentos.

Por outro lado, estudos sobre os efeitos dos revestimentos à base de quitosana sobre a qualidade e segurança de frutos tropicais minimamente processados são escassos. Sangsuwan *et al.* (2008) avaliaram o efeito de um filme comestível à base de quitosana e metil-celulose nas características de qualidade e segurança de melão e abacaxi minimamente processados e concluíram que o filme teve um efeito inibitório para *E. coli* e *Saccharomyces cerevisiae* e os atributos de qualidade foram aceitáveis de maneira geral.

2.8 A importância do aproveitamento dos subprodutos agroindustriais

Os avanços das técnicas na agroindústria promovem maiores volumes de produção, qualidade e segurança dos produtos. Contudo, paralelamente ocorre o aumento do consumo de insumos e da geração de subprodutos. Segundo o Ministério do Meio ambiente (2000), desde a década de 1980 pesquisas demonstram o agravamento de problemas ambientais globais, desde a destruição da camada de ozônio até impactos locais provenientes da geração de resíduos. Diversas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de utilizar estes materiais como substratos para a obtenção de substâncias com alto valor agregado como combustíveis, ácidos orgânicos, enzimas, corantes, flavorizantes e compostos bioativos (compostos fenólicos, carotenóides, entre outros) (ALEXANDRINO *et al.*, 2007; KAUR *et al.*, 2008; AYALA-ZAVALA *et al.*, 2010).

Para a indústria de alimentos é importante a diferenciação entre resíduo e subproduto. Resíduo é o produto que não é o objetivo final do processo produtivo, enquanto para ser um subproduto deve existir uma aplicação futura para este dentro de outro processo produtivo (FIPA FLASH, 2007).

As atividades agroindustriais geram cerca de 800 mil toneladas de resíduos vegetais anualmente, sem considerar o desperdício durante os processamentos. Além disso, os vegetais e algumas frutas tem perdas entre 25 e 30% em peso correspondentes aos tecidos não comestíveis (AJILA *et al.*, 2007; AJILA *et al.*, 2010; MAKRIS *et al.*, 2007). O destino dado para a maioria destes resíduos causa um déficit econômico na cadeia produtiva, uma vez que muitos deles são ricos, por exemplo, em compostos bioativos que têm elevado valor comercial (BALASUNDRAM *et al.*, 2006). Diversas patentes têm sido publicadas relativas ao uso de plantas tropicais como fonte de compostos nutracêuticos (ANDREWS; ANDREWS, 2008; GARRITY *et al.*, 2008; MILJKOVIC; BIGNAMI, 2002).

No caso de frutas minimamente processadas, os resíduos são provenientes não apenas dos tecidos não comestíveis (sementes, cascas ou películas), mas também das perdas de polpa durante as etapas de descascamento e corte.

Existem vários métodos para extração de compostos bioativos de tecidos vegetais, sendo que a eficiência de cada metodologia pode ser influenciada por diversos fatores como solução de extração, tempo e temperatura de extração, além da integridade e tamanho da partícula (YANG; LIU; GAO, 2009). O tempo de extração afeta consideravelmente a extração dos polifenóis e vitamina C. O período de extração pode variar entre 1 minuto a 24 horas. No entanto, longos períodos de extração aumentam a possibilidade de oxidação dos compostos

bioativos exigindo que agentes redutores sejam adicionados ao solvente do sistema (SHAIDI; NACZK, 1995).

De acordo com Song e Barlow (2004), o teor de compostos funcionais em frutos tropicais depende do tecido analisado. De um modo geral, a vitamina C está uniformemente distribuída na fruta, os carotenóides ocorrem principalmente na superfície dos tecidos (na parte externa do pericarpo e na casca), os compostos fenólicos, com propriedades antioxidantes e antimicrobianas, estão localizados preferencialmente em casca e sementes e, em menor grau na polpa. A casca e as películas também são ricas em fibras (KALTA, 2005). Os subprodutos de frutas tem sido estudados por pesquisadores em vários países (SOARES *et al.*, 2008; AJILA *et al.*, 2010; LI *et al.*, 2005; SOONG; BARLOW, 2004; ABDALA *et al.*, 2007; DE BRITO *et al.*, 2007; ELLEUCH *et al.*, 2011; SUN-WATHERHOUSE *et al.*, 2009)

Em estudo sobre os subprodutos do processamento mínimo de frutos, Ayala-Zavala *et al.* (2010) constataram o processamento de maçã (*Malus domestica* cv. Golden Delicious), tangerinas (*Citrus reticulata*), mamão (*Carica papaya* cv. Maradol), abacaxi (*Ananas comosus* cv Premium caiene) e manga (*Mangifera indica* cv. Kent) geraram, respectivamente, 10,91%; 16,05%; 47,04%; 51,96% e 42,44% de subprodutos. A casca e o caroço da manga apresentaram os maiores valores de compostos bioativos e capacidade antioxidante. A casca apresentou valores para o conteúdo de compostos fenólicos, flavonóides totais e capacidade antioxidante, respectivamente, de 5,997mg de gálico ácido / g de peso fresco, 4,455 mg de quercetina / g peso fresco e 47,97% de atividade de captura do radical DPPH na concentração de 322 mg / mL. Por outro lado, o caroço apresentaram valores de 37,279 mg de ácido gálico / g, 35,954 mg de quercetina / g numa base de peso fresco e 93,4% de atividade de captura do radical DPPH na concentração de 307 mg / mL.

Alguns resíduos também apresentam atividade antimicrobiana. Al-Habib *et al.* (2010) demonstraram a atividade antibacteriana de extratos de sementes e bagaços de uva contra *Staphylococcus aureus*. O extrato bruto de sementes de uva apresentou inibição de todas as cepas testadas na concentração de 3mg/mL.

Portanto, os resíduos de frutas podem ser utilizados como aditivos naturais para melhorar aspetos sensoriais, enriquecer a capacidade antioxidante e a proteção antimicrobiana aos produtos de outros processamentos, como frutas minimamente processadas. Al-Sayed *et al.* (2013) utilizaram cascas de melancia e melão como fonte natural de fibras alimentares e antioxidantes em bolos. Além disso, o maior percentual de utilização pode levar ao incremento da rentabilidade industrial através de processos operacionais sustentáveis (AYALA-ZAVALA *et al.*, 2010).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Desenvolver de um sistema inovador de embalagem ativa consistindo de um revestimento comestível antimicrobiano à base de quitosana com adição de compostos bioativos microencapsulados extraídos de subprodutos do processamento de acerola minimamente processado.

3.2 Objetivos Específicos

- Otimizar os parâmetros de extração dos compostos bioativos dos subprodutos do processamento da acerola: velocidade de rotação do equipamento extrator, tempo de extração, solução extratora e proporção entre subproduto liofilizado e volume de solução extratora;
- Quantificar os compostos bioativos e a atividade antioxidante total do extrato de compostos bioativos;
- Determinar a concentração inibitória mínima (CIM) e a concentração bactericida mínima (CBM) do extrato obtido dos subprodutos do processamento de acerola e do revestimento à base de quitosana incorporado de compostos bioativos contra *Listeria innocua* e *Salmonella enteritides*;
- Avaliar o tamanho e a distribuição das cápsulas formadas a partir de compostos bioativos em matriz de quitosana;
- Avaliar o efeito do revestimento comestível nos atributos de qualidade (físicos e físico-químicos), microbiológicos, quantificação dos compostos bioativos e atividade antioxidante total, durante o armazenamento de melão minimamente processado durante a vida de prateleira do produto.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Frutos

Melões (*Cucumis melo* L.) tipo Cantaloupe foram fornecidos por empresa localizada na cidade de Acaraú - CE no estágio de maturação III (50% amarelo, segundo classificação de Brasil *et al.*, 1998) e selecionados quanto ao tamanho e ausência de sinais de deterioração.

4.1.2 Matriz de quitosana

Para a produção da matriz do revestimento e do material encapsulante das microcápsulas foi utilizada quitosana fornecida pela empresa Polymar Ciência e Nutrição S/A (Fortaleza - CE), obtida de crustáceos, com grau de desacetilação de 85% e massa molar de 290.000 Da.

4.1.3 Culturas de bactérias

Culturas puras de *Salmonella enteritides* (IAL 1132) e de *Listeria innocua* (ATCC 33090) foram incubadas utilizando tubos inclinados em BOD (Biochemical Oxygen Demand) a 35 °C por 10 minutos. Em seguida, a cultura de *S. enteritides* foi estriada em ágar tripticase de soja (TSA), enquanto que a *L. innocua* foi estriada em ágar com tripticase de soja e extrato de levedura (TSA-YE), sendo ambas incubadas a 35 °C por 24 horas.

As 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*. Posteriormente, as colônias de ambas as culturas foram incubadas a 35 °C por 24 horas. Alíquota de 1 mL de cada tubo de ensaio foi diluída em 9 mL de água peptonada 0,1%. Foram utilizadas diluições de 10^{-3} para a *L. innocua* e de 10^{-4} para *S. enteritides*, correspondente a uma solução contendo contagem de 10^5 UFC(Unidade Formadora de Colônias)/mL de cada microorganismo. Para a certificação da concentração do inóculo nos caldos, utilizou-se as diluições 10^5 , 10^6 e 10^7 .

4.2 Métodos

4.2.1 Obtenção dos frutos de acerola

Frutos de acerola (*Malpighia emarginata* D.C), fornecidos pela EMBRAPA – Agroindústria Tropical (Fortaleza - CE), foram colhidos em estágio de maturação maduro no Campo Experimental localizado em Pacajus, acondicionados em sacos de polietileno e transportados em isopor a 12 °C para o Laboratório de Tecnologia de Frutos Tropicais do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Os frutos foram separados, manualmente, de folhas e outros materiais indesejáveis provenientes da colheita, seguido de lavagem com água corrente e posterior sanitização em água clorada (150µL.L⁻¹ de cloro, pH 7.0). Os subprodutos composto por película, sementes e fibras, foram obtidos após extração da polpa dos frutos, e em seguida, liofilizados (Christ beta 1-8 LD-plus) a -37,0 °C sob vácuo e moídos (moedor tipo Analítico A11 Basic IKA).

4.2.2 Extração de compostos bioativos dos subprodutos de acerola

A extração dos compostos bioativos foi realizada pela técnica da turbólise segundo metodologia adaptada de Lagos *et al.*(2012) utilizando aparelho desintegrador de tecidos (marca Ultra Turrax IKA modelo T25 basic).

Objetivando a maximização da recuperação dos compostos bioativos dos subprodutos de acerola liofilizados, realizou-se duas etapas de testes preliminares para otimizar os parâmetros de extração. A Etapa 1 consistiu na realização de testes para a otimização dos parâmetros: velocidade de rotação do equipamento (7000 – 24000 rpm) e tempo de extração (1 - 5 minutos), sendo realizada a temperatura ambiente de 25 °C. Para estes testes utilizou-se água destilada como solução extratora na proporção 1:15 (peso em gramas dos subprodutos liofilizados de acerola : volume em mL da solução extratora). A codificação e as variáveis de cada tratamento estão apresentadas na Tabela 1. As extrações para cada tratamento foram realizadas em 3 repetições.

Após a extração, as amostras de cada tratamento foram centrifugadas a 10000 rpm por 10 minutos a 20 °C (ROTINA 380-r) e, em seguida, filtradas em papel de filtro (marca Qualy[®]) com diâmetro de 12,5 cm, gramatura de 80g/m³ e porosidade de 14 µm.

Tabela 1 – Tratamentos experimentais para otimização dos parâmetros de velocidade de rotação (rpm) e do tempo de extração dos compostos bioativos dos subprodutos do processamento de acerola via turbólise a 25 °C.

Tratamento	Velocidade de rotação do equipamento (rpm)	Tempo de extração (minutos)
1	7000	1
2	7000	3
3	7000	5
4	15500	1
5	15500	3
6	15500	5
7	24000	1
8	24000	3
9	24000	5

Fonte: Elaborada pela autora.

Os extratos foram acondicionados em frascos plásticos escuros e armazenados a -18 °C até realização das análises.

Para avaliação da eficiência de cada tratamento, realizou-se análises dos conteúdos de vitamina C (item 4.2.9.1), de polifenóis extraíveis totais (item 4.2.9.4. 3) e a atividade antioxidante total (item 4.2.9.4.2).

Definidos os parâmetros para a extração via turbólise na Etapa 1, realizou-se testes para otimizar a concentração e o volume da solução extratora (mL) na Etapa 2. As proporções entre subprodutos de acerola liofilizados (g) e volume de solução extratora (mL) testadas foram 1:4; 1:6; 1:8; 1:10; 1:15; 1:20 sendo utilizadas como soluções extradoras a água destilada e soluções etanólicas em diferentes concentrações (25%, 50% e 100%). As características de cada tratamento desta etapa estão sintetizadas na Tabela 2.

Da mesma forma que na Etapa 1, as amostras de cada tratamento foram submetidas, após o processo de extração, como descrito anteriormente, à centrifugação (10000 rpm/10 minutos/20 °C) e filtração em papel de filtro. Em seguida, determinaram-se os conteúdos de polifenóis solúveis totais (item 4.2.9.4.3), vitamina C (item 4.2.9.1), antocianinas totais (item 4.2.9.2), flavonóides amarelos (item 4.2.9.2) e a atividade antioxidante total (item 4.2.9.4.2). O tratamento que apresentou os maiores conteúdos dos compostos avaliados definiu os parâmetros de extração que foram utilizados neste trabalho.

Tabela 2 – Tratamentos experimentais para otimização da proporção de subprodutos de acerola liofilizados (em gramas) e volume da solução extratora (em mL) para diferentes soluções extratoras.

Codificação	Solução extratora	Subprodutos de acerola liofilizados (g):volume da solução extratora (mL)
1:4 A	Água destilada	1:4
1:4 25%	Solução etanólica 25%	1:4
1:4 50%	Solução etanólica 50%	1:4
1:4 100%	Solução etanólica 100%	1:4
1:6 A	Água destilada	1:6
1:6 25%	Solução etanólica 25%	1:6
1:6 50%	Solução etanólica 50%	1:6
1:6 100%	Solução etanólica 100%	1:6
1:8 A	Água destilada	1:8
1:8 25%	Solução etanólica 25%	1:8
1:8 50%	Solução etanólica 50%	1:8
1:8 100%	Solução etanólica 100%	1:8
1:10 A	Água destilada	1:10
1:10 25%	Solução etanólica 25%	1:10
1:10 50%	Solução etanólica 50%	1:10
1:10 100%	Solução etanólica 100%	1:10
1:15 A	Água destilada	1:15
1:15 25%	Solução etanólica 25%	1:15
1:15 50%	Solução etanólica 50%	1:15
1:15 100%	Solução etanólica 100%	1:15
1:20 A	Água destilada	1:20
1:20 25%	Solução etanólica 25%	1:20
1:20 50%	Solução etanólica 50%	1:20
1:20 100%	Solução etanólica 100%	1:20

Fonte: Elaborada pela autora.

4.2.3 Tamanho e distribuição das microcápsulas

As microcápsulas foram obtidas por homogeneização por gotejamento do extrato contendo compostos bioativos de subprodutos do processamento de acerola na solução de quitosana em várias proporções em aparelho Polytron a 11.000 rpm. O tamanho e distribuição das microcápsulas foram verificados utilizando um analisador de tamanho de partículas

Zetasizer Nano (modelo ZS 3600 Malvern). Os resultados são mostrados em forma de gráficos tendo o volume das cápsulas como função do tamanho das partículas. A análise foi realizada em triplicata.

4.2.4 Concentração inibitória mínima (CIM) e concentração bactericida mínima (CBM)

A concentração inibitória mínima (CIM) e a concentração bactericida mínima (CBM) do extrato obtido dos subprodutos de acerola liofilizados (item 4.2.2), da solução de quitosana 1% e do revestimento com os compostos bioativos encapsulados contra *Salmonella enteritides* (IAL 1132) e *Listeria innocua* (ATCC 33090) foi determinada pelo método de diluição descrito por Brandt *et al.* (2010). Uma alíquota de 100 µL de cada suspensão bacteriana na concentração de 10^5 UFC/mL, conforme descrito no item 4.1.3, foi adicionada a 9,9 mL de caldo TSB (peptona caseína de soja), em concentração dupla para *L.innocua* e de BHI (ágar de infusão de cérebro-coração) para *S. enteritides*. Posteriormente, 200 µL desta suspensão foi adicionada em cubetas estéreis de poliestireno (1,5mL) seguidas de 550 µL de caldo duplo de TSB para *L.innocua* ou BHI para *S. enteritides* e 750 µL de solução antimicrobiana. Todas as cubetas foram cobertas com PARAFILM[®]. O extrato, a quitosana 1% e o revestimento foram adicionados em três concentrações (100%, 50% e 25%) sendo as diluições feitas em água estéril, em duplicata. O parâmetro utilizado para caracterização da atividade antimicrobiana do extrato foi a concentração de polifenóis totais do extrato (conteúdos aproximados de 1834,00; 917,00 e 458,50 mg de ácido gálico equivalente/100 g de amostra, para cada diluição, respectivamente).

A densidade óptica (DO) de cada amostra foi medida por espectrofotometria em comprimento de onda de 630 nm (SHIMADZU, modelo UV-180) logo após as cubetas terem sido cobertas com PARAFILM[®] e após 24 horas de incubação a 35 °C sob agitação de 225 rpm. Posteriormente ao período de incubação, foi retirada uma alíquota de 0,1 mL para contagem de células viáveis em placa pelo método de *spread plate*, em ágar Oxford (OXA) para *L.innocua* ou em ágar desoxicolato-lisina-xilose (XLD) para *S.enteritides* e incubadas por 24 horas a 37 °C. A menor concentração do composto ativo resultando em crescimento não significativo, com diferença máxima em 0,05 entre as leituras da densidade óptica antes e após incubação foi estabelecida como o CIM. Já a CBM foi determinada pela ausência de crescimento microbiano nas placas.

4.2.5 Preparo do revestimento comestível

O revestimento incorporado dos compostos bioativos encapsulados foi produzido a partir da homogeneização do extrato dos subprodutos de acerola liofilizados com a solução de quitosana em proporções 2:1 e 1:1 (volume de solução de quitosana 1%: volume de extrato) em triplicata.

A solução a base de quitosana utilizada para elaborar o revestimento foi preparada na concentração de 1% (p/v) em água destilada, sendo que para completa solubilização do polissacarídeo, adicionou-se ácido acético glacial a 1%. A solução permaneceu sob agitação por 12 horas em temperatura ambiente (25 °C) e, em seguida, filtrada sob vácuo em funil de vidro sinterizado (tamanho 3).

O extrato foi misturado por gotejamento na solução de quitosana 1% em aparelho Polytron a 11.000 rpm. Posteriormente, adicionou-se glicerol 1,5% (v/v) na solução para melhorar as propriedades de barreira ao vapor d'água do filme. Então, o revestimento foi homogeneizado em aparelho Polytron a 24.000 rpm por 1 minuto. O revestimento foi acondicionado em recipientes de vidro protegidos da luz, com papel alumínio, e armazenados a 4 °C.

4.2.6 Processamento mínimo

O processamento mínimo foi realizado no Laboratório de Processamento, anexo ao Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, com temperatura do ambiente mantida a 14 °C. Antes do processamento, todos os utensílios e o ambiente foram previamente higienizados com água clorada (150 $\mu\text{L.L}^{-1}$ de cloro livre, pH 7.0). Os manipuladores foram protegidos com luvas de látex, aventais e máscaras para evitar possíveis contaminações para o alimento.

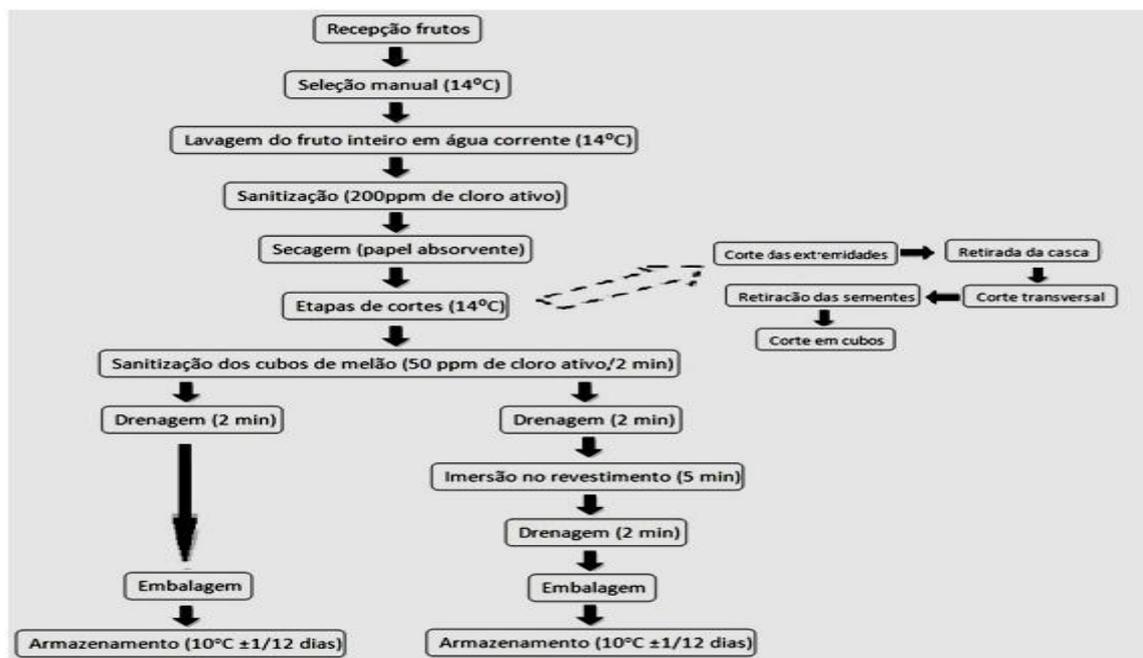
Os melões foram selecionados, lavados com água corrente para retirada de impurezas do campo e higienizados com água clorada (200 $\mu\text{L.L}^{-1}$ de cloro livre, pH 7.0, por 10 minutos). Após secagem em papel absorvente, os frutos foram processados de acordo com as seguintes etapas: corte das extremidades, retirada da casca, corte transversal dividindo o fruto em metades equivalentes, retirada das sementes e cortes em cubos (3 cm x 3 cm) de aproximadamente 25 g. Posteriormente, os cubos foram imersos em água clorada (50 $\mu\text{L.L}^{-1}$ de cloro livre, pH 7.0) por 30 segundos e drenados por 2 minutos.

4.2.7 Aplicação do revestimento nos melões minimamente processados

Após o processamento mínimo, os cubos de melão foram imersos por 5 minutos na solução do revestimento, com temperatura do ambiente mantida a 14 °C e, em seguida, drenados por 2 minutos para remover o excesso da solução.

Os cubos de melão revestidos e os controle foram acondicionados em bandejas de tereftalato de polietileno (PET) em número de oito (160 – 200 g), as quais, foram envoltas com filme de PVC (marca MWRAP®). A permeabilidade desse filme plástico é de 142.86 $\text{fmol s}^{-1} \text{m}^{-2} \text{kPa}^{-1}$ ao vapor d'água a 38 °C, 90% de U.R, de 52.38 $\text{fmol s}^{-1} \text{m}^{-2} \text{kPa}^{-1}$ ao O₂ a 23 °C, 90% U.R e de 2.38 $\text{fmol s}^{-1} \text{m}^{-2} \text{kPa}^{-1}$ ao CO₂ a 23 °C, 90% U.R. As bandejas preparadas foram armazenadas em refrigerador doméstico a 10 ± 1 °C durante 12 dias, sendo os frutos minimamente processados analisados quanto aos parâmetros de qualidade (físicos e físico-químicos), microbiológicos, compostos bioativos e atividade antioxidante total a cada 3 dias ao longo de 12 dias de armazenamento. A Figura 1 a seguir, representa o fluxograma das etapas do processamento mínimo e aplicação do revestimento nos melões.

Figura 1 – Fluxograma do processamento mínimo do melão e aplicação do revestimento comestível à base de quitosana adicionado de extrato de compostos bioativos extraídos dos subprodutos de acerola.



4.2.8 Análises de qualidade

4.2.8.1 pH

O pH foi determinado através de leitura direta utilizando potenciômetro digital com membrana de vidro, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, conforme IAL (2005).

4.2.8.2 Sólidos Solúveis (SS)

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

4.2.8.3 Acidez Titulável (AT)

A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação volumétrica com solução de NaOH 0,1 N conforme IAL (2005). Aproximadamente 2 g da amostra foi pesada e diluída em 50 mL de água destilada. Fenolftaleína 1% foi utilizada como indicador. Uma solução de NaOH 0,1 N foi adicionada lentamente até a mudança de cor para levemente róseo. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

4.2.8.4 Relação Sólidos Solúveis / Acidez Titulável (SS/AT)

A variável SS/AT foi obtida através da razão entre o conteúdo de sólidos solúveis e a acidez total titulável.

4.2.8.5 Cor

Para a determinação da cor as amostras foram adicionadas em placas de Petri em quantidades suficientes para cobrir a base da mesma. As leituras foram obtidas a partir da emissão de um feixe de luz da lente do espectrofotômetro, medidos por reflectância, utilizando um colorímetro (Konica Minolta spectrophotometer CM – 3500d). Os resultados foram expressos de acordo com as coordenadas CIELAB que incluem as variáveis L*, a*, b*, C* e h sendo L* uma medida da luminosidade de um objeto e varia de 0 (para o preto) até 100 (para o branco), a* é uma medida do vermelho (a* positivo) ou do verde (a* negativo), b* é uma medida do amarelo (b* positivo) ou do azul (b* negativo), C* (Croma) uma medida da

intensidade da cor , onde $C^* = 0$ representa o cinza, aumentando a intensidade da cor com o aumento do valor, e h a tonalidade, onde 0° vermelho, 90° amarelo, 180° verde e 270° azul. .

4.2.8.6 Firmeza

A firmeza foi determinada por meio de um penetrômetro digital computadorizado (marca Stable Micro Systems, modelo TA.XT2i Texture analyser), com ponteira de 11 mm de diâmetro. Para essa determinação, realizou-se quatro leituras em regiões diferentes e opostas dos cubos de melão. Os resultados foram expressos em Newton (N).

4.2.8.7 Perda de peso

A determinação da perda de peso foi realizada utilizando uma balança digital. Os resultados foram expressos em percentagem (%), sendo o tempo 0 (dia do processamento) correspondente a 0%. O cálculo foi realizado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Perda de peso (\%)} = [(P_f - P_i) / P_i] * 100$$

onde, P_f : peso em gramas da bandeja de cubos de melão no tempo de análise (3, 6, 9 ou 12 dias);

P_i : peso em gramas da bandeja de cubos de melão no tempo anterior ao analisado (0, 3, 6 ou 9 dias).

4.2.9. *Quantificação dos compostos bioativos*

4.2.9.1 *Vitamina C*

O conteúdo foi determinado por método titulométrico utilizando solução de Tillman (DFI / 2,6 diclorofenolindofenol 0,02 % de acordo com metodologia de Strohecker e Henning, 1967). Diluiu-se 1 g da amostra em 10 ml de ácido oxálico 0,5 %. Em seguida, foi retirado uma alíquota de 2 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 *Flavonóides amarelos e Antocianinas totais*

A determinação de flavonóides amarelos e de antocianinas totais nas amostras foi realizada segundo metodologia descrita por Francis (1982). Foi pesado aproximadamente 1 g da amostra em um bécker contendo 8 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. Posteriormente, o conteúdo foi transferido para

frascos de vidro cobertos com papel alumínio e deixado descansar por 12 horas em refrigerador a 4 °C. Após esse período, o material foi filtrado utilizando papel filtro qualitativo 80 g/m² e o filtrado teve a sua absorbância analisada, utilizando espectrofotômetro (SHIMADZU UV-1800), em 374 nm para os flavonóides amarelos e em 535 nm para as antocianinas totais. Os resultados foram expressos em mg/100 g de amostra.

4.2.9.3 Carotenóides Totais (*Licopeno e β-caroteno*)

Os carotenóides licopeno e β-caroteno foram determinados pelo método de Nagata e Yamashita (1992). Em tubo de ensaio protegido da luz com papel alumínio, foram colocados 1 g da amostra liofilizada e 10 mL da mistura extratora (acetona-hexano na proporção 4:6) e, posteriormente, agitada por 1 minuto. O material foi filtrado, utilizando papel filtro qualitativo 80 g/m² e o filtrado teve sua absorbância analisada, utilizando espectrofotômetro (SHIMADZU, modelo UV-1800), a 453, 505, 645 e 663 nm. Os resultados foram 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 β-caroteno, onde ax = absorbância no comprimento x de onda.

4.2.9.4 Atividade Antioxidante Total (AAT) e Polifenóis Extraíveis Totais (PET)

4.2.9.4.1 Obtenção do extrato

O extrato para a determinação da atividade antioxidante total e polifenóis totais foi obtido segundo metodologia descrita por Larrauri *et al.* (1997). Aproximadamente 0.5 g da amostra seca foram pesados e a estes foram adicionados 2 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 5.000 rpm por 30 minutos a 8 °C e o sobrenadante recolhido em balão volumétrico de 5 mL. O precipitado dessa extração foi ressuspensão em 2 mL da solução de acetona 70%, homogeneizado, deixado em repouso por 1 h a temperatura ambiente e centrifugado a 10000 rpm por 10 minutos a 8 °C. O sobrenadante foi recolhido e colocado em balão volumétrico junto ao primeiro, sendo o volume final aferido com água destilada.

4.2.9.4.2 Determinação da Atividade Antioxidante Total (AAT)

A atividade antioxidante total foi determinada conforme metodologia desenvolvida por Re *et al.* (1999) e adaptada 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^{•+} diluído em álcool etílico P.A. 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 absorbância da solução do radical ABTS^{•+} foi monitorada a 734 nm enquanto etanol absoluto foi adicionado de modo que esta alcançasse 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 do radical ABTS^{•+} preparada. As absorbâncias foram medidas em espectrofotômetro (SHIMADZU UV-1800) a 734 nm, 6 minutos após a adição da solução do radical. A partir dessa curva foi obtida uma equação 1, da qual calculou-se a absorbância referente a 1000 µM de Trolox.

Utilizando o extrato obtido (item 4.2.9.4.1), foram preparadas três concentrações: 100.000, 50.000 e 25.000 mg/L. Seguindo os mesmos procedimentos utilizados na determinação da curva padrão uma equação linear 2, também foi obtida. A AAT das amostras foi calculada substituindo na equação 2 a absorbância equivalente a 1000 µM de Trolox. Os resultados foram expressos como capacidade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC) em µM Trolox/g de amostra.

4.2.9.4.3 Determinação de Polifenóis Extraíveis Totais (PET)

Os polifenóis extraíveis 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. A mistura de reação foi homogeneizada e as leituras das absorbâncias foram realizadas em espectrofotômetro a 700 nm (SHIMADZU UV-1800), 30 minutos após a adição dos reagentes. As concentrações de polifenóis solúveis totais foram calculadas com base em uma curva padrão de doses crescentes de ácido gálico 98% (0 - 50 µg). Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente/100 g de amostra.

4.2.10 Análises microbiológicas

As contagens de bactérias mesófilas, psicotróficas, bactérias lácticas, bolores e leveduras foram realizadas, em triplicata, durante o armazenamento para fins de conhecimento da influência do revestimento antimicrobiano sobre a microbiota nativa do minimamente processado, sendo a presença de patógenos verificada no tempo zero (dia do processamento), 3º dia, 6º dia, 9º dia e no final do armazenamento (12º dia).

4.2.10.1 Mesófilos

Para a enumeração de aeróbios mesófilos foram utilizadas placas de Compact Dry™ TC (*Total Count*), segundo as instruções do fabricante. Foram pesadas, assepticamente, 25 g da amostra em sacos de *stomacher*, onde foram adicionados 225 mL de água peptonada 0,1% e, por conseguinte, homogeneizados durante 1 minuto. Em seguida, foram realizadas diluições seriadas em tubos de ensaio contendo 9 mL de água peptonada 0,1% e, de cada diluição, foram transferidas alíquotas de 1mL para a superfície das placas Compact Dry™ TC, específicas para estes microrganismos. As placas foram incubadas a 37 °C por 48 horas. Após o período de incubação, as colônias formadas foram enumeradas, sendo o resultado da contagem corrigido de acordo com a diluição considerada e expresso em UFC/g.

4.2.10.2 Psicotróficos

Para a contagem de aeróbios psicotróficos foram utilizadas placas de Compact Dry™ TC, segundo as instruções do fabricante. Foram pesadas, assepticamente, 25 g da amostra em sacos de *stomacher* onde foram adicionados 225 mL de água peptonada 0,1% e, por conseguinte, homogeneizados durante 1 minuto. Em seguida, foram realizadas diluições seriadas em tubos de ensaio contendo 9 mL de água peptonada 0,1% e, de cada diluição, foram transferidas alíquotas de 1mL para a superfície das placas Compact Dry™ TC, específicas para estes microrganismos. As placas foram incubadas sob refrigeração a 7 °C a durante 7 dias. Após o período de incubação, as colônias formadas foram enumeradas, sendo o resultado da contagem corrigido de acordo com a diluição considerada e expresso em UFC/g.

4.2.10.3 Bactérias lácticas

Para a contagem de bactérias lácticas foram utilizadas placas Compact Dry™ TC, segundo as instruções do fabricante. Foram pesadas, assepticamente, 25 g da amostra em sacos de *stomacher* onde serão adicionados 225 mL de água peptonada 0,1% e, por

consequente, homogeneizados durante 1 minuto. Em seguida, foram realizadas diluições seriadas em tubos de ensaio contendo 9 mL de água peptonada 0,1% e, de cada diluição, foram transferidas alíquotas de 1mL das diferentes diluições para a superfície das placas Compact Dry™ TC, específicas para estes microrganismos. As placas foram incubadas a 37 °C em anaerobiose por 48h. Após o período de incubação, as colônias formadas foram enumeradas, sendo o resultado da contagem corrigido de acordo com a diluição considerada e expresso em UFC/g.

4.2.10.4 Bolors e Leveduras

A amostra foi analisada por plaqueamento utilizando placas Compact Dry™ YM (*Yeast & Mold Count*), específicos para contagem de bolores e leveduras, segundo as instruções do fabricante. Foram pesadas, assepticamente, 25 g da amostra em sacos de *stomacher* onde foram adicionados 225 mL de água peptonada 0,1% e, por conseguinte, homogeneizados durante 1 minuto. Em seguida, foram realizadas diluições seriadas em tubos de ensaio contendo 9 ml de água peptonada 0,1% e, de cada diluição, foram transferidas alíquotas de 1mL para a superfície das placas Petrifilm™ YM (Agar Batata Dextrose acidificado), específicas para estes micro-organismos. 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.

4.2.10.5. Detecção da presença de *Listeria monocytogenes*

A metodologia empregada para detecção de *Listeria monocytogenes* foi o método *Health Protection Branch* do Canadá (PAGOTTO; DALEY; FARBER, 2001).

4.2.10.5.1. Pré-enriquecimento, Enriquecimento seletivo e Isolamento

Na etapa de pré-enriquecimento foram adicionados 25 g 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 após a incubação e adicionado em 10 mL de caldo Fraser suplementado. Em seguida, reincubou-se o LEB por mais 24 horas na temperatura inicial. O tubo de caldo Fraser foi incubado a 35 °C por 24 a 26 horas. O tubo de ensaio que apresentou mudança de cor, de amarelo para roxo, foi considerado positivo.

4.2.10.6 Detecção da presença de *Salmonella*

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

4.2.10.6.1. Pré-enriquecimento, Enriquecimento seletivo e Isolamento

Para a etapa de pré-enriquecimento, 25 g da amostra foram adicionados em um recipiente contendo 225 mL de caldo lactosado, o qual foi, posteriormente, incubado a 35 °C por 24 horas com a tampa ligeiramente afrouxada.

Após o período de incubação, foi realizado o enriquecimento seletivo. Nessa etapa, 0,1 mL da cultura contida no recipiente com caldo lactosado foi adicionada em tubo de ensaio contendo 10 mL de Caldo Rappaport- Vassilidis modificado (RV), enquanto que 1,0 mL foi adicionado em tubos de ensaio contendo 10 mL de Caldo Tetrionato (TT). O tubo de Caldo Rappaport foi colocado em banho Maria a 42 °C por 24 a 26 horas, enquanto que o tubo de Caldo Tetrionato foi incubado em estufa à temperatura de 35 °C por 24 a 26 horas.

O plaqueamento diferencial foi utilizado para a etapa de isolamento. Nesse método, após homogeneização dos tubos de ensaio, com o auxílio de uma alça de plástico, uma alíquota de cada tubo de ensaio incubado (com caldos RV e TT), foi estriada em placas com meio Ágar Entérico de Hectoen (HE), Ágar Bismuto Sulfito (BS) e Ágar Xilose Lisine Desoxicolato (XLD) e, posteriormente, foram incubados a 35 °C por 48 horas.

Após a incubação as colônias apresentam características diferentes em cada meio de cultura plaqueado. 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 ácido sulfídrico (H₂S), podem apresentar colônias com coloração rosa escuro, sem o centro preto.

4.2.11 Análise estatística

A avaliação dos resultados foi feita através do programa SISVAR (FERREIRA, 1999). Para os testes de otimização dos parâmetros de extração dos compostos bioativos dos subprodutos de acerola foram avaliados através do teste de Tukey a 5% de significância. Os dados obtidos durante o armazenamento foram avaliados objetivaram a análise do efeito do

revestimento comestível de quitosana adicionado compostos bioativos microencapsulados extraídos de subprodutos de acerola, nas características de qualidade, compostos bioativos, atividade antioxidante total e microbiológicas em relação ao tempo de armazenamento do melão minimamente processado (0, 3, 6, 9 e 12 dias).

Análise de interação foi realizada seguida de teste de significância e de regressão linear. A análise de variância ($\alpha = 5\%$) foi realizada para testar diferença entre os resultados. O modelo ANOVA foi o de um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições em duplicata dos experimentos. Quando os tratamentos variaram significativamente entre si, aplicou-se teste de regressão linear. No entanto, quando não variaram significativamente, os tratamentos foram analisados como repetições aplicando-se Tukey a 5% de probabilidade para verificar se houve variação estatística entre os tempos

Para análise de correlação entre os parâmetros analisados utilizou-se o programa XLSTAT.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização dos subprodutos de acerola *in natura* e liofilizados

Os subprodutos de acerola na forma *in natura* e liofilizados apresentaram altos conteúdos de compostos bioativos e de atividade antioxidante total, como apresentado na Tabela 3. Vasco, Ruales e Kamal-Eldin (2008) avaliaram o conteúdo de polifenóis totais de dezessete frutos de diferentes regiões tropicais. De acordo com a classificação dada por estes autores, os subprodutos liofilizados têm alto conteúdo de polifenóis (>2500 mg AGE/ 100g em base seca).

Tabela 3 – Conteúdo de compostos antioxidantes e atividade antioxidante total de subprodutos de acerola em estágio de maturação maduro nas formas *in natura* e liofilizados.

Subproduto	Vit. C (mg/100g)	PET (mg AGE/100g)	Flav. (mg/100g)	Ant. (mg/100g)	AAT (µM Trolox equivalente/g)
<i>In natura</i>	1204.31 ± 13.20b	1903.31 ± 16.90b	18.78 ± 0.37b	29.05 ± 0.44b	48.10 ± 2.20b
Liofilizado	5532.90 ± 30.68a	9061.66 ± 10.66a	92.97 ± 0.21 ^a	94.60 ± 0.14a	163.65 ± 2.13 ^a

*Vit. C: Vitamina C; PET: Polifenóis extraíveis totais; AGE: ácido gálico equivalente; Flav.: Flavonóides amarelos; Ant.: Antocianinas totais; AAT: Atividade Antioxidante Total.

*Para cada coluna, letra diferente indica diferença estatística em $P < 0.05$ entre os resíduos de acordo com teste de Tukey.

Os conteúdos de PET, flavonóides amarelos e antocianinas totais do subproduto *in natura* e liofilizados foram superiores aos determinados por Oliveira *et al.* (2012) para polpa de clones de aceroleira, no estágio maduro e vermelho, onde os valores variaram de 931 a 1679 mg AGE/ 100g de polpa, de 6.46 a 10.06 mg de flavonóides amarelos/ 100g de polpa e de 6.49 a 17.72 mg de antocianinas totais/100g de polpa, enquanto a vitamina C esteve na dentro da faixa detectada pelos autores (1201 a 1820mg/ 100g de polpa). Müller *et al.* (2010) relataram conteúdo de polifenóis de 1152 mg AGE/ 100g em polpa de acerola.

As antocianinas nos subprodutos de acerola são superiores ao geralmente encontrado na polpa, devido à maior concentração deste componente na película do fruto. Entretanto, a vitamina C está distribuída mais uniformemente em todas as estruturas celulares (AYALA-ZAVALA *et al.*, 2010).

A dieta é apontada por estudos epidemiológicos como fundamental para a prevenção de doenças crônicas (BAUMAN, 2004; PARILLO, RICCARDI, 2004), sendo as frutas associadas a um menor risco dessas doenças (YAHIA, 2010). Vários estudos têm relatado os benefícios nutricionais das frutas, especialmente em relação aos componentes

antioxidantes (ALMEIDA *et al.*, 2011; CONTRERAS-CALDERÓN *et al.*, 2011; MARTÍNEZ *et al.*, 2012; RUFINO *et al.*, 2010). Por possuírem a capacidade de proteger as células contra os danos causados pelo estresse oxidativo das espécies reativas de oxigênio, os antioxidantes são indispensáveis na dieta, o que promove interesse mundial em antioxidantes endógenos e exógenos (RAJENDRAN *et al.*, 2014). Como observado nos resultados da Tabela 3, os subprodutos de acerola são uma boa fonte de compostos bioativos inclusive apresentando conteúdos superiores aos registrados em literatura na polpa

Moo-Huchin *et al.* (2014) demonstraram que a casca de caju amarelo e vermelho liofilizadas são boas fontes de antioxidantes. Segundo Ayala-Zavala *et al.* (2010), os subprodutos de frutas frescas podem enriquecer a capacidade antioxidante de produtos minimamente processados, além de satisfazer as exigências dos consumidores por produtos preservados de forma mais natural.

Em estudo sobre a quantificação dos principais compostos antioxidantes de subprodutos de frutas tropicais (acerola, goiaba, abacaxi, cupuaçu, bacuri e graviola), Sousa *et al.* (2011) encontraram conteúdos de antocianinas totais, vitamina C e polifenóis totais (8.84 mg/ 100g de subproduto, 89.55 mg/ 100g de subproduto e 247.62 mg AGE/ 100g de subproduto, respectivamente) inferiores aos valores detectados tanto no subproduto *in natura* como no liofilizado. Por outro lado, os conteúdos de antocianinas e vitamina C foram similares aos registrados por Moreira (2007), enquanto que para os polifenóis totais foi muito superior ao detectado pelo mesmo autor.

Silva *et al.* (2014) encontraram conteúdos de 245.90 mg de antocianinas/ 100g e de 98,05mg de flavonóides amarelos/ 100g em sementes de acerola.

Assim, optou-se pela utilização dos subprodutos na forma liofilizada tanto por sua maior estabilidade durante o armazenamento, em relação ao subproduto *in natura*, como por apresentar maior concentração de compostos bioativos. Além disso, facilita a homogeneização entre os componentes do subproduto (película, sementes e fibras) e aumenta a superfície de contato durante o processo de extração, pois uma maior área superficial estará em contato com a solução extratora

5.2 Otimização da extração dos compostos bioativos dos subprodutos de acerola liofilizados

A Tabela 4 nos mostra o conteúdo de vitamina C e polifenóis extraíveis totais (PET), bem como a atividade antioxidante total (ATT) dos tratamentos experimentais

(TABELA 1 do item 4.2.2) quanto aos parâmetros velocidade de rotação (rpm) e tempo de extração para otimizar o procedimento de extração.

Para o tempo de extração 5 minutos não houve variação significativa entre teores de vitamina C, PET e a AAT e a velocidade de rotação aplicada. O tempo 3 minutos apresentou comportamento oposto ao tempo 5 minutos, uma vez que, os teores dos compostos bioativos analisados diferiram significativamente entre as velocidades de rotação.

A velocidade de rotação 15500 rpm variou significativamente com o tempo de extração para vitamina C e PET. O conteúdo de vitamina C recuperado variou de 379.64 a 703.92 mg/100g e de PET variou de 429.63 a 560.33 mg AGE mg/100g. Contudo, para a ATT apenas o tempo 3 minutos diferiu significativamente. Foi com a velocidade de rotação que se obteve conteúdos mais elevados de vitamina C e PET, além da ATT. O que é esperado considerando que os compostos bioativos, em especial a vitamina C para a acerola, influenciam a ATT (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Os dados apresentados na Tabela 4 mostram que para a mesma velocidade de rotação de 15500 rpm, os conteúdos de vitamina C, PET e ATT no tempo de 5 minutos foram menores que os valores no tempo de 3 minutos e estes maiores que os valores no tempo 1 minuto. Provavelmente este fato está relacionado também ao aquecimento das hélices do equipamento utilizado no processo de extração no tempo de 5 minutos, degradando assim os compostos de interesse. Enquanto para 1 minuto, o tempo de contato entre a água destilada e os subprodutos pode não ter sido suficiente para romper a maioria das células vegetais e extrair maior conteúdo de compostos bioativos.

Tabela 4 – Conteúdo de vitamina C, polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante total dos extratos aquosos obtidos por meio de turbólise aplicando diferentes velocidades de rotação e tempos de extração.

Velocidade de rotação (rpm)	Vit. C (mg/100g)			PET (mg AGE/100g)			AAT (μ M Trolox equivalente/g)		
	1 min.	3 min.	5 min.	1 min.	3 min.	5 min.	1 min.	3 min.	5 min.
7000	492.64 \pm 33.18 bB	419.74 \pm 10.07 Aa	458.22 \pm 32.81 aAB	472.00 \pm 2.43 aA	472.92 \pm 1.13 bA	488.65 \pm 2.00 Aa	14.55 \pm 0.06 aB	14.28 \pm 0.12 bA	14.16 \pm 0.13 aA
15500	379.64 \pm 24.87 aA	703.92 \pm 10.44 cC	479.1 \pm 13.99 aB	518.48 \pm 6.06 bB	560.33 \pm 2.90 cC	489.25 \pm 1.50 aA	14.49 \pm 0.17 aA	15.37 \pm 0.06 cB	14.10 \pm 0.09 aA
24000	516.48 \pm 6.66 bB	482.01 \pm 12.17bAB	428.52 \pm 9.68 aA	491.79 \pm 0.50 aB	429.63 \pm 1.86 aA	484.14 \pm 1.02 aB	14.50 \pm 0.05 aC	13.15 \pm 0.04 aA	14.23 \pm 0.05 aB

*Vit. C: Vitamina C; PET: Polifenóis extraíveis totais; AGE: ácido gálico equivalente; AAT: Atividade Antioxidante Total. *Para cada variável, letra minúscula diferente em uma mesma coluna indica diferença estatística em $P < 0.05$ entre as velocidades de rotação para um mesmo tempo de extração de acordo com teste de Tukey. Para cada variável, diferente letra maiúscula em uma mesma linha indica diferença estatística em $P < 0.05$ entre os tempos de extração para uma mesma velocidade de rotação de acordo com teste de Tukey. *Testes realizados utilizando água destilada como solução extratora na proporção 1:15 (peso em gramas dos resíduos liofilizados de acerola : volume em mL de água destilada).

O maior conteúdo de vitamina C recuperado no extrato foi obtido para as variáveis 15500 rpm e 3 minutos, que também apresentaram os maiores conteúdos de polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante total. Portanto, para a etapa seguinte de otimização utilizou-se os parâmetros de velocidade de rotação e tempo de extração de 15000 rpm/3 minutos.

Os resultados dos conteúdos dos principais compostos bioativos presentes nos extratos dos subprodutos do processamento de acerola para diferentes concentrações e volume de solução extratora estão apresentados na Tabela 5.

O conteúdo de vitamina C variou de 319.74 a 1941.17 mg/ 100g de extrato. Para todas as concentrações, a vitamina C nos extratos aquosos variou significativamente em relação aos extratos etanólicos, apresentando os maiores valores entre as quatro soluções extratora nas concentrações 1:10; 1:15 e 1:20 e os menores nas concentrações 1:4; 1:6 e 1:8. Entre as soluções etanólicas, observa-se que, para uma mesma concentração, a solução etanol 50% diferiu significativamente das demais nas três maiores concentrações (1:4; 1:6; 1:8). Além disso, os extratos com as menores concentrações utilizando etanol 50% foram os que apresentaram maiores conteúdos de vitamina C, sendo o valor máximo recuperado deste composto bioativos no extrato na concentração 1:4.

Em relação aos polifenóis, os valores variaram de 258.40 a 1833.97 mg AGE/ 100g de extrato. Para todas as soluções extradoras, observa-se na Tabela 5 que os maiores valores de PET recuperados no extrato foram na concentração 1:4. A solução etanólica 50% apresentou o maior conteúdo de PET (1833.97 mg AGE/ 100g de extrato) entre as soluções extradoras na concentração 1:4.

As antocianinas totais variaram de 2.90 a 33.25 mg/ 100g de extrato e os flavonóides amarelos variaram de 2.67 a 40.94 mg/ 100g de extrato. Estes compostos bioativos apresentaram comportamento semelhante aos polifenóis, uma vez que os maiores conteúdos foram recuperados nos extratos de concentração 1:4 e nesta concentração a solução etanólica 50% foi a que apresentou os maiores valores de antocianinas totais e flavonóides amarelos.

Tabela 5 – Conteúdo de compostos bioativos e atividade antioxidante total dos extratos aquosos e etanólicos dos subprodutos de acerola obtidos por meio de turbólise utilizando diferentes concentrações e volumes da solução extratora.

	Solução extratora	Vit. C (mg/100g)	PET (mg AGE/100g)	Ant. (mg/100g)	Flav. (mg/100g)	AAT (µM Trolox equivalente/g)
1:4	Água destilada	1082.60±3.86aD	691.42±1.75 aB	7.37±0.24 aE	5.59±0.25 aD	34.15±1.18 aE
1:4	Etanol 25%	1345.23±5.69bE	1492.69±0.7 cE	22.14±0.52 bF	21.20±0.56 bE	77.23±0.52 cF
1:4	Etanol 50%	1941.17±1.08cE	1833.97±1.01 dD	33.25±0.61 dE	40.94±0.12 cE	83.47±0.51 dE
1:4	Etanol 100%	1391.99±0.10bE	1184.59±0.53 bC	29.11±0.19 cF	21.55±0.57 bF	64.42±0.38 bD
1:6	Água destilada	933.26±0.36aC	667.52±0.51 aB	6.53±0.35 aD	3.44±0.31 aB	32.27±0.28 aD
1:6	Etanol 25%	1062.41±0.36bD	1009.64±0.51 bD	14.48±0.18 bE	10.33±0.35 bD	60.25±0.31 bE
1:6	Etanol 50%	1618.82±0.21dD	1029.60±0.58 bC	20.42±0.30 cD	13.58±0.47 cD	68.24±0.31 dD
1:6	Etanol 100%	1348.45±0.31cD	866.36±0.36 aB	20.28±0.24 cE	23.15±0.74 dE	73.09±0.89 cE
1:8	Água destilada	879.85±1.53aC	644.46±0.45 aB	5.35±0.22 aC	4.22±0.23 aC	25.73±0.25 aC
1:8	Etanol 25%	995.15±4.03bD	721.21±0.26 aC	12.39±0.10 bD	4.78±0.12 aBC	36.19±0.14 cD
1:8	Etanol 50%	1390.47±2.05cC	818.49±0.26 aC	14.29±0.09 dC	9.22±0.13 bC	61.59±0.34 dD
1:8	Etanol 100%	970.57±0.40bC	682.45±0.40 aB	13.12±0.09 cD	13.63±0.11 cD	31.71±0.10 bB
1:10	Água destilada	740.38±0.43bB	567.71±0.26aAB	4.21±0.11 aB	3.53±0.11 aBC	26.48±0.35 aC
1:10	Etanol 25%	627.91±0.20aC	490.89±0.08aB	4.46±0.11 aB	4.22±0.10 bB	29.37±0.42 bC
1:10	Etanol 50%	597.28±0.34aB	536.65±0.22aB	4.36±0.16 aB	3.64±0.37 abAB	42.49±0.40 dC
1:10	Etanol 100%	620.52±0.13aB	469.36±0.15 aAB	8.85±0.13 bC	9.90±0.10 cC	36.20±0.30 cC
1:15	Água destilada	703.92±1.44bB	543.73±2.90bAB	3.18±0.18 aA	3.10±0.02 aAB	15.37±0.06 aB
1:15	Etanol 25%	453.37±0.59aB	318.70±0.19aAB	6.26±0.21 bC	5.42±0.22 cC	26.45±0.17 bB
1:15	Etanol 50%	491.31±0.32aA	386.28±0.41abAB	3.63±0.20 aA	4.11±0.10 bB	34.18±0.2 dB
1:15	Etanol 100%	444.00±0.88 aA	298.52±6.29aA	6.04±0.04 bB	8.41±0.09 dB	32.23±0.13 cB
1:20	Água destilada	497.14±0.34bA	378.79±0.75aA	2.90±0.20 aA	2.67±0.27 aA	12.47±0.21 aA
1:20	Etanol 25%	319.74±0.75aA	258.40±0.63aA	3.60±0.33 bA	3.34±0.25 bA	23.32±0.28 bA
1:20	Etanol 50%	436.19±0.48bA	299.55±0.51aA	3.31±0.26 abA	3.14±0.04 abA	23.43±0.52 bA
1:20	Etanol 100%	469.91±0.52bA	264.37±0.47aA	5.40±0.21 cA	5.64±0.25 Ca	25.41±0.39 cA

*Vit. C: Vitamina C; PET: Polifenóis extraíveis totais; AGE: ácidogálico equivalente; Flav.: Flavonóides amarelos; Ant.: Antocianinas totais; AAT: Atividade Antioxidante Total. *Para cada variável, letra minúscula diferente em uma mesma coluna indica diferença estatística em $P < 0.05$ entre as soluções extratoras para uma mesma proporção de acordo com teste de Tukey. Para cada variável, letra maiúscula diferente em uma mesma coluna indica diferença estatística em $P < 0.05$ entre proporções diferentes para uma mesma solução extratora de acordo com teste de Tukey.

A atividade antioxidante total variou significativamente entre os extratos aquosos e etanólicos em cada uma das 6 concentrações analisadas. Com exceção da menor concentração (1:20), em todas as demais concentrações os valores de ATT dos extratos de solução etanólica 50% diferiram significativamente das demais soluções extratoras. O maior valor de ATT foi obtido na concentração 1:4 utilizando a solução etanólica 50% no processo de extração (83.47 μM Trolox equivalente/g de extrato) como já era esperado, uma vez, que os conteúdos de todos os compostos bioativos analisados apresentaram maiores valores neste extrato. Müller *et al.* (2010) estudaram a capacidade antioxidante de várias frutas individualmente e misturadas e relataram que a capacidade antioxidante depende do tipo de fruta e que há uma correlação muito boa entre o conteúdo de compostos fenólicos e capacidade antioxidante. Para os mesmos autores, além dos polifenóis, a atividade antioxidante das acerolas apresenta alta correlação com o conteúdo de vitamina C.

Assim, a maior concentração (1:4) para todos os extratos apresentou os maiores conteúdos dos quatro compostos bioativos analisados e de atividade antioxidante total, merecendo destaque a solução extratora etanólica 50% que diferiu estatisticamente das demais concentrações estudadas (1941.17 mg de vitamina C/100g de extrato, 1833.97mg de AGE/100g de extrato, 33.25 mg de antocianinas totais/100g de extrato, 40.94 mg de flavonóides amarelos/100g de extrato e 83.47 μM Trolox equivalente/g de extrato).

Objetivando produzir um extrato microencapsulado a partir de compostos extraídos de subprodutos de acerola por prensagem utilizando água destilada como solvente, Moreira (2007) concluiu que a concentração ótima entre solvente e subprodutos foi de 5:1 e obteve 82.47% de recuperação de antocianinas e 83.22% de recuperação de vitamina C que equivalem, respectivamente, a 24.74 mg/ 100g e 879.63 mg/100g.

Oliveira *et al.*(2009) obtiveram valores de polifenóis totais de 94.6 mg de AGE/g em extrato metanólico de resíduos de acerola que continham 681 mg de AGE/100g de resíduo seco. Já a atividade antioxidante total detectada por Caetano *et al.* (2011) em extrato etanólico (solução etanólica 80%) foi de 1445.10 μM Trolox equivalente/g de extrato, além disso, analisaram extratos cetônicos (solução extratora de acetona 80%) e metanólicos (solução extratora de metanol 80%) cujos valores foram 291.71 e 1145.5 μM Trolox equivalente/g de extrato, respectivamente. Portanto, extrações de compostos bioativos a partir de resíduos de acerola com soluções metanólicas e etanólicas concentradas proporcionam atividades antioxidantes semelhantes, o que possibilita a escolha do etanol por sua menor toxicidade.

A extração é um passo importante no isolamento de diferentes tipos de compostos bioativos em frutas e hortaliças (YANG *et al.*, 2011). O método de extração de compostos

bioativos em frutas inteiras e seus resíduos por solvente é muito utilizado em estudos (BABBAR *et al.*, 2011; CAETANO *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2009) e sua eficiência depende da natureza química dos compostos de interesse e da polaridade do solvente utilizado. Como estes compostos apresentam diferentes naturezas químicas no alimento, faz-se necessário a realização de testes para a escolha do solvente mais adequado garantindo melhor rendimento quanto aos compostos antioxidantes extraídos.

Portanto, os parâmetros de extração de compostos bioativos de subprodutos do processamento de acerola utilizados neste trabalho foram: velocidade de rotação do equipamento 15000 rpm, tempo de extração de 3 minutos, proporção 1:4 (peso em gramas de subprodutos liofilizados:volume em mL de solução etanólica 50%).

5.3 Concentração inibitória mínima (CIM) e concentração bactericida mínima (CBM)

O efeito antimicrobiano da quitosana 1%, do extrato dos subprodutos da acerola e do revestimento sobre o crescimento de *Listeria innocua* (ATCC 33090) e *Salmonella enteritides* (IAL 1132) foi determinado indiretamente através da densidade óptica das culturas obtidas pela diferença das absorvâncias após a inoculação de cada microorganismo e depois de 24 horas de incubação a 35°C sob agitação de 225 rpm como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 – Densidades ópticas do crescimento microbiano de *Listeria innocua* (ATCC 33090) em caldo duplo BHI e de *Salmonella enteritides* (IAL 1132) em caldo duplo TSA na presença de antimicrobianos (quitosana 1%, extrato e revestimento) em diferentes concentrações.

Diluição	Densidade óptica (D.O.)**					
	<i>Listeria innocua</i>			<i>Salmonella enteritides</i>		
	Extrato	Quitosana	Revest.	Extrato	Quitosana	Revest.
*	0.045±0.002	0.025±0.007	0.038±0.01	0.030±0.014	0.038±0.003	0.021±0.004
1:2	0.032±0.002	0.040±0.001	0.045±0.00	0.041±0.008	0.091±0.002	0.098±0.011
1:4	0.072±0.003	0.044±0.002	0.053±0.00	0.129±0.036	0.166±0.020	0.147±0.030

* antimicrobianos utilizados sem diluição equivalente ao conteúdo de polifenóis de 18.33 mg AGE/mL no extrato e 9.16 mg AGE/mL no revestimento; **Diferença |Absorvância_{24horas} – Absorvância_{0 horas}|.
Fonte: Elaborada pela autora.

O crescimento da *L. innocua* foi completamente inibido pelo extrato e pelo revestimento sem diluição (conteúdo de polifenóis de 18.33 mg AGE/100g e 9.16 mg AGE/100g, respectivamente) na diluição 1:2 (9.16 mg AGE/100g e 4.58 mg AGE/100g, respectivamente) e pela solução de quitosana em todas as concentrações testadas, uma vez que a densidade óptica (D.O.) foi menor que |0.05|. Após a homogeneização da quitosana 1% com o extrato (proporção 1:1 _{v/v}) para formação do revestimento, as concentrações finais dessas substâncias equivalem a diluição 1:2 utilizada no experimento, demonstrando assim o efeito inibitório dessas substâncias quando analisadas isoladamente. A inibição apresentada pelo revestimento demonstrou o efeito antimicrobiano sinérgico da quitosana e do extrato.

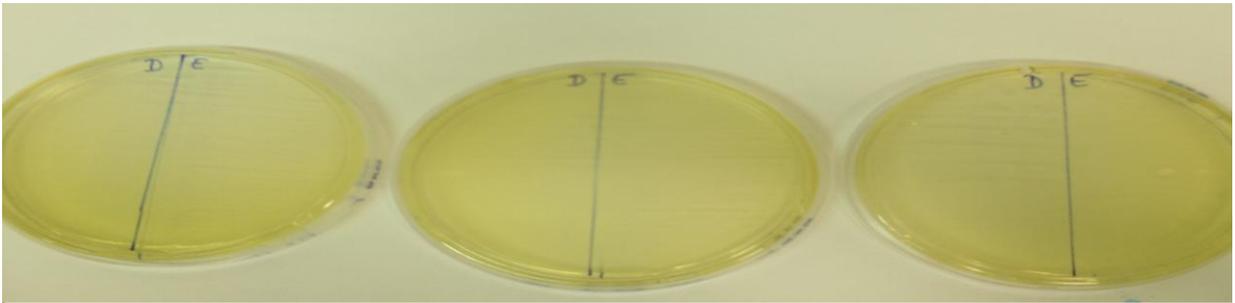
A solução de quitosana e o revestimento apresentaram diferença de absorvância menor que |0.05| apenas quando analisados sem diluição para *S. enteritides*, enquanto o extrato apresentou inibição quando não diluído (conteúdo de polifenóis de 18.33 mg AGE/100g) e na diluição 1:2 (9.16 mg AGE/100g).

Apesar de possuir um amplo espectro de atividade antimicrobiana, a quitosana apresenta diferentes eficiências inibitórias no crescimento de fungos, bactérias Gram-positivas e bactérias Gram-negativas (HERNANDEEZ-LAUZARDO *et al.*, 2008). A estrutura policatiônica da quitosana está relacionada a atividade antimicrobiana, pois a interação destas cargas positivas com as cargas negativas predominantes na superfície dos microrganismos (como nos lipossacarídeos das Gram-negativas e na parte externa da estrutura das proteínas) promove danos na membrana celular (KONG *et al.*, 2010).

Assim, o extrato apresentou semelhante efeito inibitório para a bactéria Gram-positiva (*L. innocua*) e Gram-negativa (*S. enteritides*). O efeito inibitório da solução de quitosana foi mais eficiente sobre a Gram-positiva, assim como o revestimento.

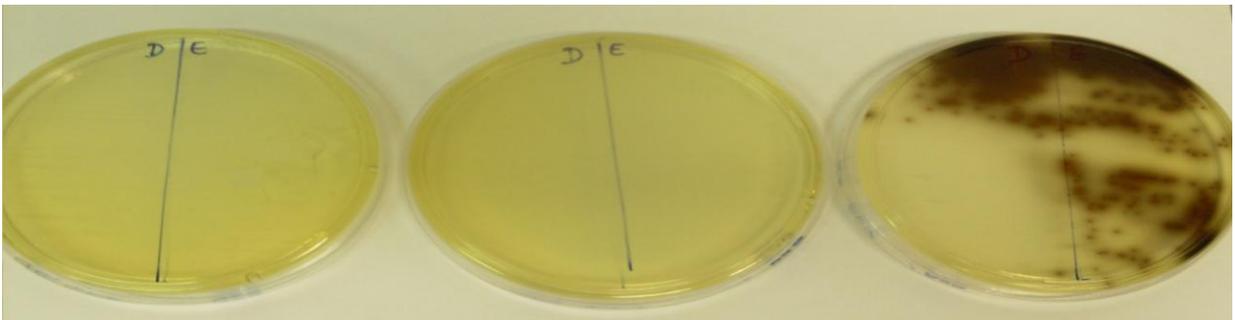
O plaqueamento das amostras em ágar Oxford (OXA) para *L. innocua* ou em ágar desoxicolato-lisina-xilose (XLD) para *S. enteritides* foi realizado para investigação da concentração bactericida mínima (CBM) como ilustrado nas Figuras 2 a 7. As amostras que não apresentaram crescimento microbiano em placa após incubação por 24 horas a 37°C demonstraram ação bactericida. A menor concentração testada de cada antimicrobiano que demonstrou efeito bactericida representou a CBM.

Figura 2 - Plaqueamento em meio OXA para investigação da concentração bactericida mínima (CBM) de diferentes concentrações de quitosana para *Listeria innocua*.



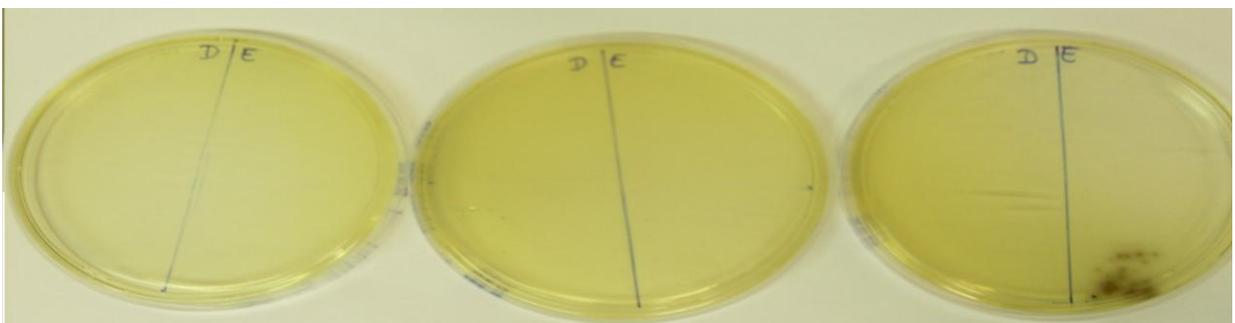
*Da esquerda para direita: sem diluição, diluição 1:2 e diluição 1:4. Fonte: Autora.

Figura 3 - Plaqueamento em meio OXA para investigação da concentração bactericida mínima (CBM) de diferentes concentrações de extrato para *Listeria innocua*.



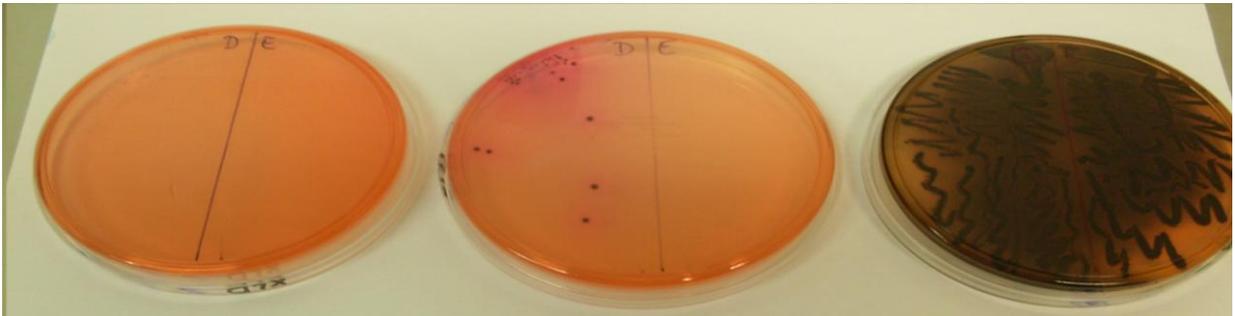
* da esquerda para a direita: sem diluição (equivalente ao conteúdo de polifenóis de 18.33 mg AGE/mL), diluição 1:2 e diluição 1:4. Fonte: Autora.

Figura 4 - Plaqueamento em meio OXA para investigação da concentração bactericida mínima (CBM) de diferentes concentrações do revestimento para *Listeria innocua*.



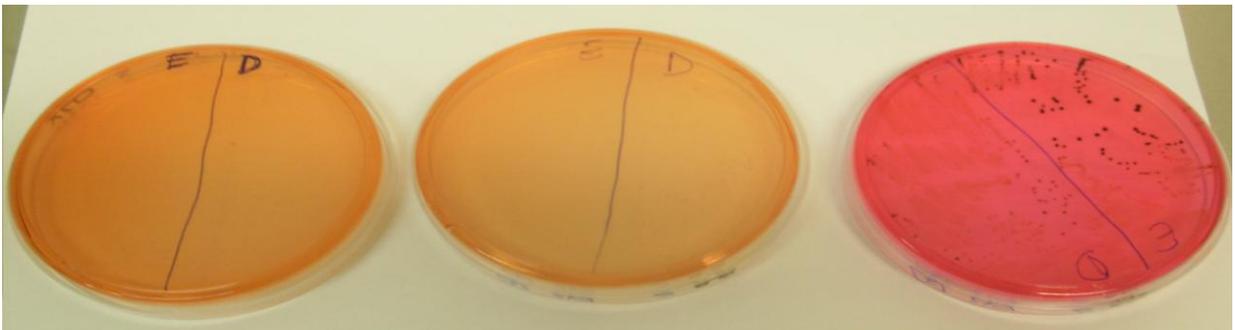
* da esquerda para a direita: sem diluição (equivalente ao conteúdo de polifenóis de 9.16 mg AGE/mL), diluição de 1:2 e diluição de 1:4. Fonte: Autora.

Figura 5- Plaqueamento em meio XLD para investigação da concentração bactericida mínima (CBM) de diferentes concentrações de quitosana para *Salmonella enteritides*.



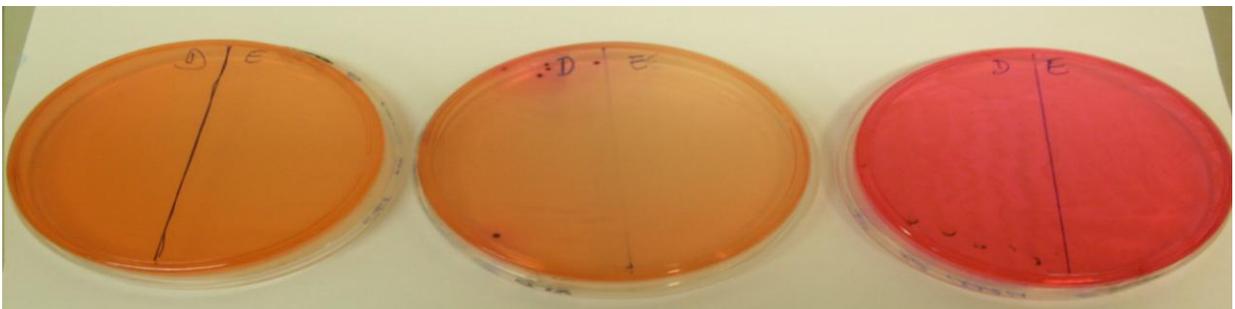
*Da esquerda para direita: sem diluição, diluição 1:2 e diluição 1:4. Fonte: Autora.

Figura 6 - Plaqueamento em meio XLD para investigação da concentração bactericida mínima (CBM) de diferentes concentrações de extrato para *Salmonella enteritides*.



* da esquerda para a direita: sem diluição (equivalente ao conteúdo de polifenóis de 18.33 mg AGE/mL), diluição 1:2 e diluição 1:4. Fonte: Autora.

Figura 7 - Plaqueamento em meio XLD para investigação da concentração bactericida mínima (CBM) de diferentes concentrações do revestimento para *Salmonella enteritides*.



* da esquerda para a direita: sem diluição (equivalente ao conteúdo de polifenóis de 9.16 mg AGE/mL), diluição de 1:2 e diluição de 1:4. Fonte: Autora.

Conforme ilustrado anteriormente, não houve crescimento microbiano em nenhuma das concentrações da solução de quitosana testadas para *L. innocua*, portanto a concentração 3 (25%) representa a CBM para esta solução. As Figuras 2 e 3 mostraram

crescimento microbiano somente na menor concentração do extrato e do revestimento, respectivamente. Assim, a CBM para *Listeria innocua* do extrato e do revestimento é a concentração 2 (50%).

As Figuras 5 e 7 mostram crescimento da bactéria Gram-negativa (*S. enteritides*), nas concentrações 2 e 3 da solução de quitosana e também do revestimento, respectivamente, enquanto para o extrato o crescimento ocorreu apenas na concentração 3 (Figura 7). Logo, para *Salmonella enteritides*, a concentração de 50% do extrato e 100% da solução de quitosana e do revestimento representaram as concentrações bactericidas mínimas neste estudo.

Segundo Vaquero *et al.* (2010), certas classes de polifenóis apresentam atividade antimicrobiana e, estudos têm proposto o desenvolvimento de novos alimentos com o uso de polifenóis como conservantes, devido à crescente exigência dos consumidores por alimentos livres de conservantes sintéticos.

Observou-se com o plaqueamento que para o extrato, a concentração bactericida mínima (concentração 2) foi a mesma para *Listeria innocua* e para *Salmonella enteritides*. Comparativamente, o revestimento (solução de quitosana e extrato) apresentou valor para CBM maior que a do extrato para a bactéria Gram-negativa e maior que a CBM da solução de quitosana para a bactéria Gram-negativa.

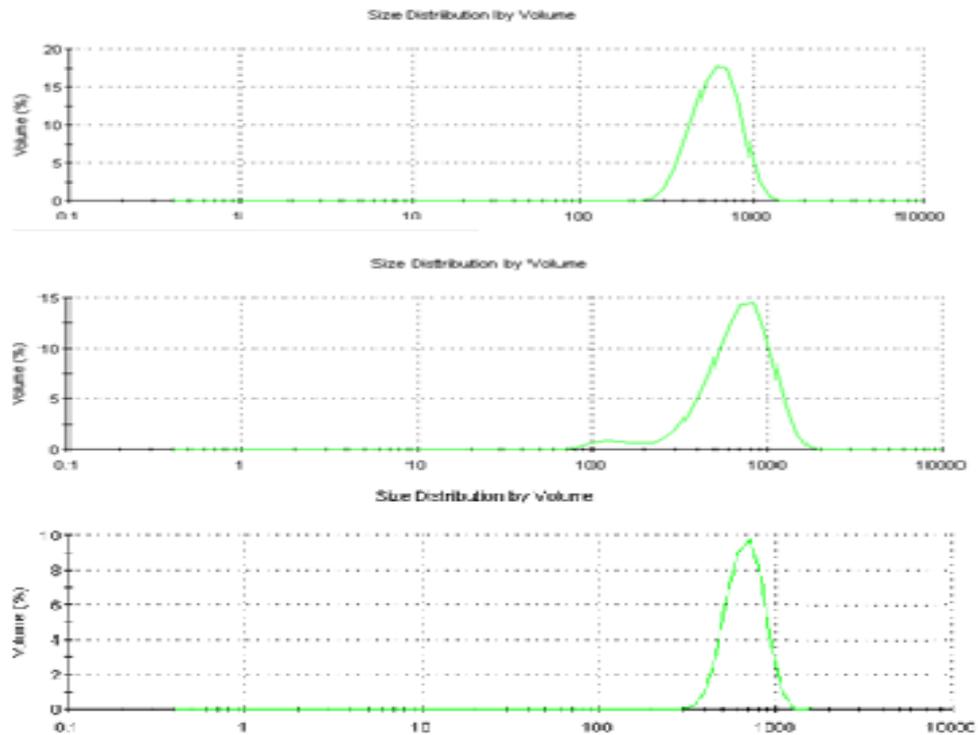
5.4 Tamanho e distribuição das microcápsulas

As microcápsulas formadas pelo encapsulamento dos compostos bioativos extraídos dos subprodutos do processamento de acerola liofilizados na matriz de quitosana do revestimento apresentaram tamanho médio de $685.23 \pm 48.62 \text{ nm}$ e índice de polidispersão médio de 0.375 ± 0.09 . A Figura 8 mostra os gráficos de distribuição de tamanho de partículas das microcápsulas em função do volume.

Estudando o encapsulamento de ácido α -lipóico em matrix de quitosana, Weerakody, Fagan e Kasaraju (2008) obtiveram estruturas de tamanho de $7.89 \mu\text{m}$, enquanto Luo *et al.* (2011) estudando o encapsulamento de α -tocoferol, encontraram valores entre 200 e 800nm para diferentes formulações de complexos encapsulantes a base de quitosana.

Os maiores tamanhos de partículas neste trabalho devem-se pela alta concentração de compostos no extrato. Cada um desses compostos possui diferentes cargas resultantes o que dificulta a sua acomodação no núcleo das cápsulas de quitosana.

Figura 8 – Distribuição do tamanho das micropartículas.



Os altos valores do índice de polidispersão determinadas neste trabalho indicam a necessidade de melhorias na estrutura do complexo formado entre a matriz encapsulante de quitosana e com os compostos bioativos presentes no extrato etanólico.

5.5 Determinações físicas e físico-químicas

O comportamento dos parâmetros físicos e físico-químicos durante o armazenamento entre os tratamentos (melões minimamente processados revestidos e não revestidos/controle) estão apresentados nas Figuras 9 a 19. A análise de variância apresentou diferença significativa entre os tratamentos para os parâmetros: pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, firmeza e perda de peso.

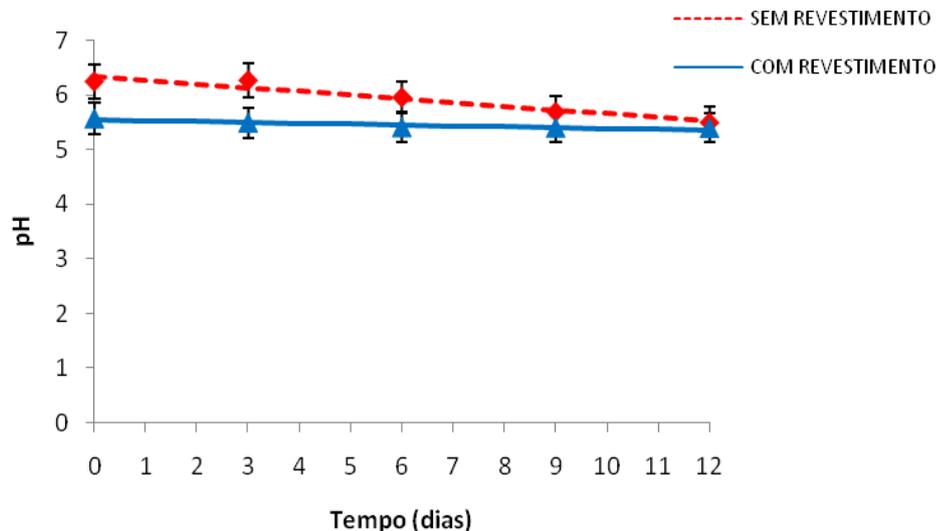
5.5.1 pH

De acordo com a análise de regressão, o parâmetro pH variou significativamente ($p < 0.05$) entre os tratamentos durante os tempos de análise 0 (dia do processamento), 3, 6 e 9

dias. A Figura 9 apresenta o gráfico da regressão linear dos valores de pH para os melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante o armazenamento refrigerado.

Os valores de pH variaram de 6.24 a 5.50 para os melões não revestidos e de 5.57 a 5.39 para os melões revestidos. O menor valor de pH nos cubos revestidos deve-se, principalmente, ao ácido acético glacial utilizado para completa dissolução da quitosana durante o preparo do revestimento. Do gráfico, inferi-se também que o revestimento proporcionou uma melhor estabilidade nos valores de pH durante todo o armazenamento em relação ao controle.

Figura 9 – Gráfico de regressão linear do parâmetro pH dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$.



Fonte: Elaborada pela autora.

O comportamento do parâmetro pH foi semelhante ao encontrado por Cabral (2012) que estudou a influencia do revestimento à base de quitosana adicionado de óleo essencial, trans-cinamaldeído, sobre melão minimamente processado. A autora encontrou valores de pH para os frutos controle variando de 6.42 a 5.49, enquanto o melão revestido manteve-se com valor de 5.70 durante os 15 dias de armazenamento.

Martiñon *et al.* (2014) verificaram valores de pH mais baixo para as diferentes formulações de revestimentos a base de quitosana e pectina aplicados sobre melão minimamente processado em relação ao produto não revestido. Os autores reportam também que houve redução do pH em todos os tratamentos durante os 15 dias de armazenamento refrigerado a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

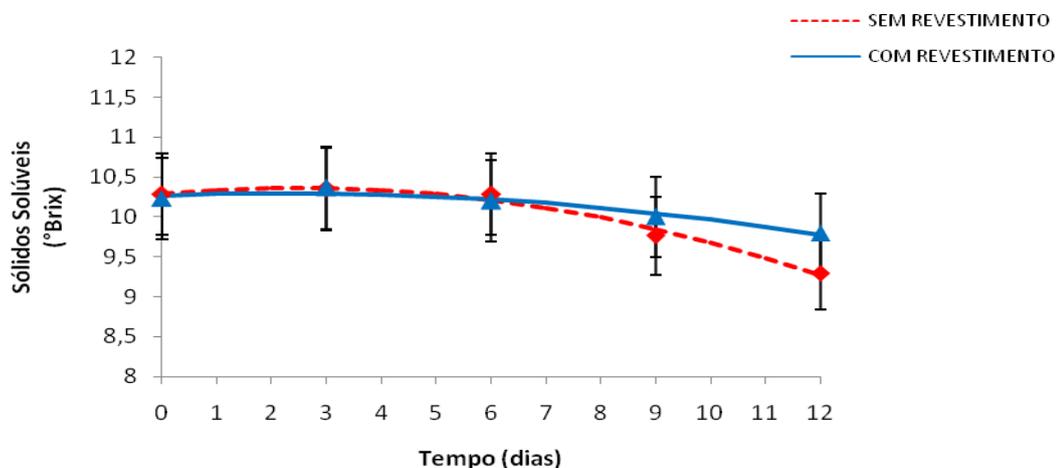
Velichova *et al* (2013) relataram que o pH de morangos com diferentes revestimentos (quitosana, cera de abelha-quitosana-cera de abelha, cera de abelha-quitosana-tripolifosfato de sódio) reduziu durante o armazenamento de 7 dias. Observaram também que os morangos revestidos apenas com quitosana variaram menos o valor de pH que os frutos controle.

5.5.2 Sólidos Solúveis (SS)

Em relação aos sólidos solúveis, observa-se na Figura 10 que os melões com revestimento e sem revestimento apresentaram comportamentos semelhantes durante os 6 primeiros dias de armazenamento, demonstrando, assim, a uniformidade dos frutos íntegros selecionados para a etapa de processamento mínimo.

Os valores médios variaram de 10.28 a 9.30 °Brix para melões não revestidos e de 10.23 a 9.80 °Brix para melões revestidos. Nos tempos 9 e 12 dias houve uma variação entre os tratamentos. Os cubos revestidos apresentaram menor redução dos valores de SS em consequência da ação protetora do revestimento que proporciona uma maior retenção do exsudado após as lesões causadas aos tecidos vegetais devido ao processamento e transformações bioquímicas durante o armazenamento.

Figura 10– Gráfico de regressão linear do parâmetro Sólidos Solúveis (SS) dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$.



Fonte: Elaborada pela autora.

Os sólidos solúveis representam a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos na polpa, correspondendo de 65 a 85 % de açúcares, podendo ser utilizado como indicador de maturidade e de determinação da qualidade influenciando inclusive no sabor das frutas (CHITARRA, CHITARRA, 2005). É utilizado também como índice de classificação de melões de acordo com o grau de doçura onde valores abaixo de 9 °Brix são considerados não comercializáveis e acima de 12 °Brix considerados como melão extra (GORGATTI NETO *et al.*, 1994).

Trigo *et al.* (2012) observaram uma diminuição no conteúdo de sólidos solúveis durante os 15 dias de armazenamento de mamão Formosa maduro minimamente processado revestido com soluções de amido de arroz, alginato de sódio e carboximetilcelulose. Contudo, os mesmos autores relatam que os frutos revestidos apresentaram menores valores de SS em relação aos frutos sem revestimento. O comportamento oposto deste estudo pode ser justificado pela maior capacidade de retenção de vapor de água por filmes à base de quitosana quando comparado a outros materiais filmogênicos.

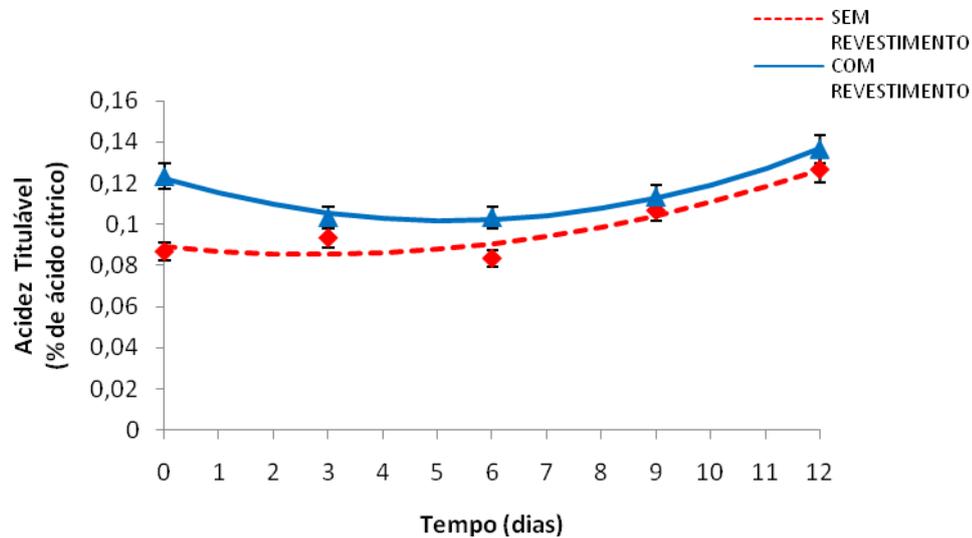
5.5.3 Acidez Titulável (AT)

A acidez pode ser utilizada como medida da qualidade dos frutos, contribuindo inclusive para o aroma característico devido à volatilidade de alguns ácidos orgânicos. Normalmente, o cálculo da acidez baseia-se no conteúdo do ácido mais abundante (CHITARRA, CHITARRA, 2005). Para o melão, os ácidos predominantes são o ácido cítrico e o málico, com predominância do primeiro (PRATT, 1971).

Apesar de o melão ser um fruto de baixa acidez, estatisticamente os valores da acidez titulável apresentaram diferença significativa ($p < 0.05$) entre as amostras revestidas e não revestidas e entre os tempos analisados (FIGURA 11). As médias variaram de 0.09 a 0.13 % de ácido cítrico para o controle e de 0.12 a 0.14 % para o melão revestido que apresentou uma redução durante os 6 primeiros dias, seguido de um aumento no final do período de armazenamento.

Arnon *et al.* (2014) verificou que a acidez titulável de frutos cítricos revestidos com carboximetilcelulose e quitosana não variou em relação as frutos controle durante os 5 dias de armazenamento em condições normais de comercialização.

Figura 11 – Gráfico de regressão linear do parâmetro Acidez Titulável (AT) dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ °C} \pm 1$.



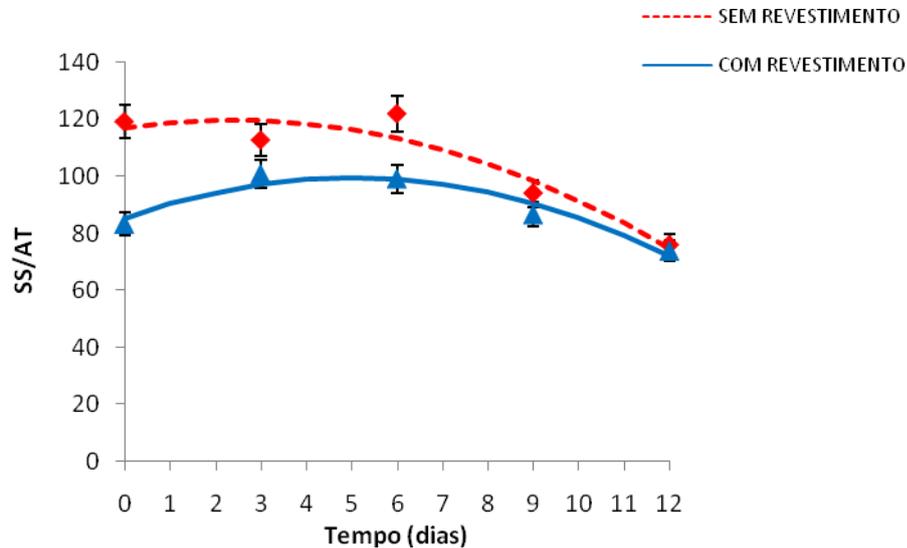
Fonte: Elaborada pela autora.

5.5.4 Relação Sólidos Solúveis / Acidez Titulável (SS/AT)

A Figura 12 apresenta os resultados da regressão linear da relação entre os sólidos solúveis e acidez titulável. Houve variação significativa ($p < 0.05$) entre os tratamentos nos tempos 0, 3, 6 e 9 dias de armazenamento, contudo no 12º dia não houve diferença significativa entre os valores de SS/AT. O melão controle variou de 119.16 a 75.84 apresentando um aumento entre o 3º e o 6º dia seguido de decréscimo até o fim do armazenamento. Já o melão revestido variou de 83.27 a 73.88 com um pico de 100.79 no 3º dia seguido de progressiva redução da relação SS/AT.

Os menores valores da relação SS/AT dos melões revestidos em relação aos melões não revestidos durante todo o armazenamento devem-se aos seus maiores teores de acidez (Figura 11), além de indicar que o revestimento, possivelmente, tenha efeito positivo sobre os frutos reduzindo sua a velocidade das transformações bioquímicas. A redução dos valores de SS/AT após o 6º dia para os dois tratamentos deve-se provavelmente pelo aumento da acidez também a partir do 6º dia (Figura 12).

Figura 12 – Gráfico de regressão linear da relação entre Sólidos Solúveis e Acidez Titulável (SS/AT) dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ °C} \pm 1$.



Fonte: Elaborada pela autora.

Comportamento semelhante foi relatado por Cabral (2012) em melões minimamente processados revestidos com solução de quitosana e óleo essencial.

5.5.5 Cor

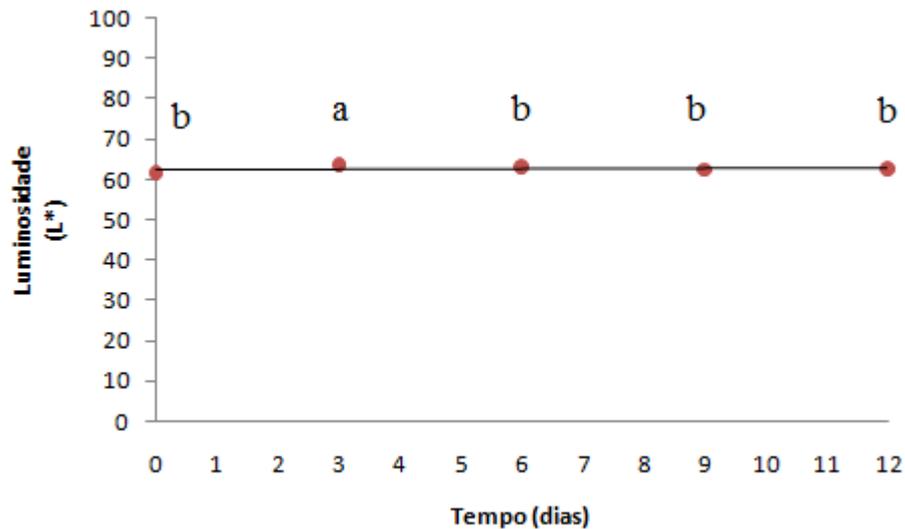
Os parâmetros colorimétricos (L^* , C^* , a^* , b^* , h) não diferiram significativamente ao nível de 5% de significância entre os tratamentos ao longo do armazenamento (Figuras 13 a 17). Esses resultados demonstram que a aplicação do revestimento nos melões manteve a qualidade sensorial da cor dos melões não tratados, proporcionando assim um produto com a coloração característica da fruta.

Segundo Collins e Plumbly (1995), a coloração é considerada o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor que, até de forma inconsciente, pode estimular ou inibir o apetite.

Em relação ao valor L^* , a Figura 13 apresenta o teste de médias obtidas dos melões revestidos e não revestidos, uma vez que a análise de variância identificou que não houve variação estatística entre os tratamentos. Isso indica que apesar dos revestimentos à base de quitosana serem de coloração marrom, a solução utilizada neste estudo foi de baixa

concentração e, portanto, proporcionou uma camada menor espessa de material depositado sobre a superfície dos cubos de melão. Contudo, houve variação estatística ($p \leq 0.05$) entre o 3º dia e os demais tempos de armazenamento. Os valores de L^* variaram de 61.28 a 62.38 com o máximo de 63.61 no 3º dia. Comportamento similar do valor de L^* foi relatada por Trigo *et al.* (2012) em mamão formosa minimamente processado revestido com carboximetilcelulose.

Figura 13 – Gráfico do teste de média do parâmetro Luminosidade (L^*) dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^\circ\text{C} \pm 1$.



Fonte: Elaborada pela autora.

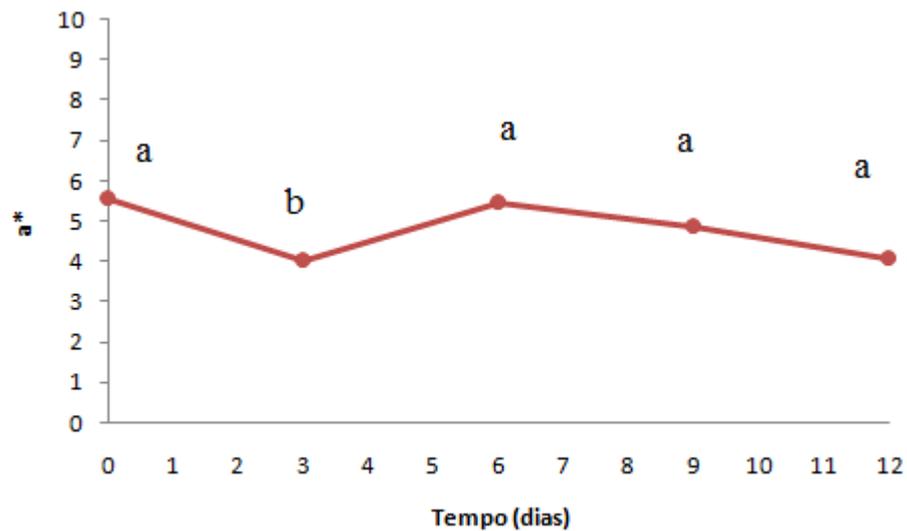
Rofríguez-Núñez *et al.* (2014) verificaram que a luminosidade de filmes à base de quitosana adicionada dos plastificantes sorbitol ou glicerol em diferentes concentrações não variaram entre si e apresentaram valores entre 92.08 e 92.77. Estes valores de L^* foram mais altos que os da Figura 13 porque os autores estudaram os revestimentos sem aplicação em superfícies alimentícias, o que proporciona valores de luminosidade mais claros.

O parâmetro L^* pode variar de 0 a 100, onde 0 indica a ausência de luminosidade e 100 indica o branco. Por apresentarem valores superiores a 50, os melões revestidos e não revestidos podem ser considerados mais brilhantes que opacos.

Da Figura 14 infere-se que houve variação estatística ($p < 0.05$) entre o 3º dia e os demais tempos de armazenamento em relação ao parâmetro a^* que variou de 5.53 a 4.04 com

ligeira queda no 3º dia (4.02). A coloração característica do melão foi mantida ao longo do armazenamento como pode ser comprovado pelos valores positivos de a^* que indicam a coloração avermelhada em oposição aos valores negativos de a^* que indicam coloração esverdeada. Apesar de não ter ocorrido diferenças entre os valores deste parâmetro, os valores do fruto revestido foram menores que o controle nos tempo 3, 6 e 9 dias.

Figura 14 – Gráfico do teste de média do parâmetro a^* dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^\circ\text{C} \pm 1$.

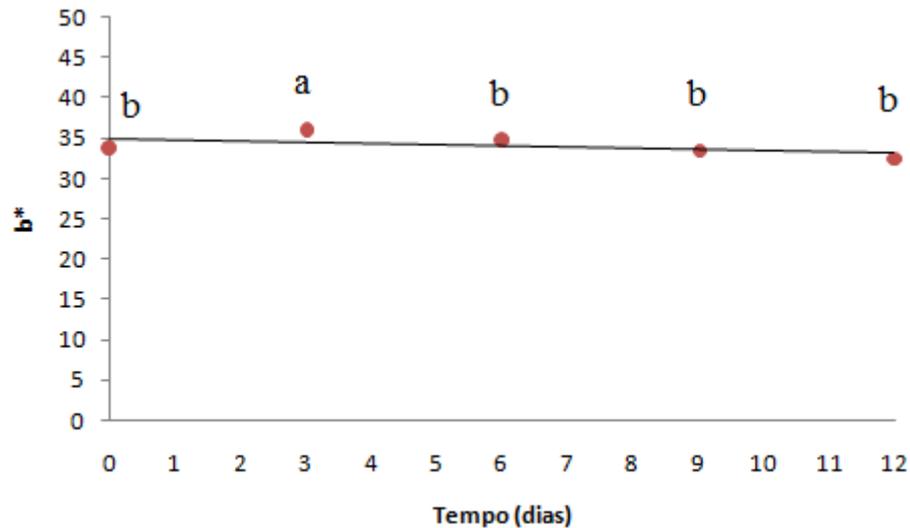


Fonte: Elaborada pela autora.

A comparação das médias dos tratamentos com o tempo de armazenamento em relação ao parâmetro b^* está demonstrada na Figura 15. O comportamento de b^* foi similar ao comportamento da luminosidade (Figura 13). No dia do processamento o valor de b^* foi de 33.69, apresentando um aumento que variou estatisticamente ($p < 0.05$) para 35.90 no 3º dia seguido de decréscimo até 32.57 no final do armazenamento.

A não diferença entre os melões durante todo o experimento demonstra que o revestimento aplicado no fruto minimamente processado não proporcionou efeito significativo neste parâmetro colorimétrico. Além disso, os valores positivos de b^* indicam a tendência à coloração condizente com a cor característica de melão do tipo Cantaloupe. Pequenas mudanças no a^* e b^* valores são boa indicação da ausência de escurecimento oxidativo da polpa (ROCHA, MORAES, 2000).

Figura 15 – Gráfico do teste de média do parâmetro b^* dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$.

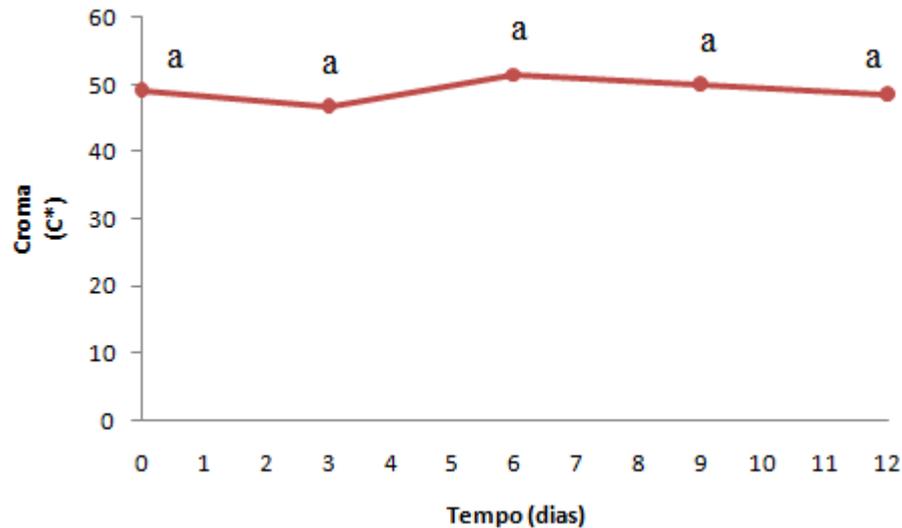


Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 16 apresenta as médias da cromaticidade, ou croma, em função do tempo de armazenamento dos melões. Não houve variação estatística ($p < 0.05$) entre os tratamentos nem durante os tempos analisados. As médias variaram de 48.95 a 48.38 com o valor mínimo no 3° dia (46.73) e máximo no 6° dia (51.55). Apesar da não variância estatística, o valor de C^* para o melão controle apresentaram valores ligeiramente maiores que o melão revestido com exceção do 12° dia.

Como a cromaticidade mede a intensidade da pigmentação da cor predominante, sendo valores próximos a zero correspondente a cores neutras (cinza) e ao redor de 60 característico de cores mais intensas (MCGUIRE, 1992), as médias apresentadas na Figura 16 demonstram que os melões controle e revestido apresentaram coloração amarelo-alaranjada intensa. De acordo com Barreto (2011), essa característica é fundamental para o mercado de frutas pois este é um fator importante de aceitação do produto pelo consumidor juntamente com o aroma, a textura e o sabor.

Figura 16 – Gráfico do teste de média do parâmetro Cromo (C*) dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a 10 °C \pm 1.



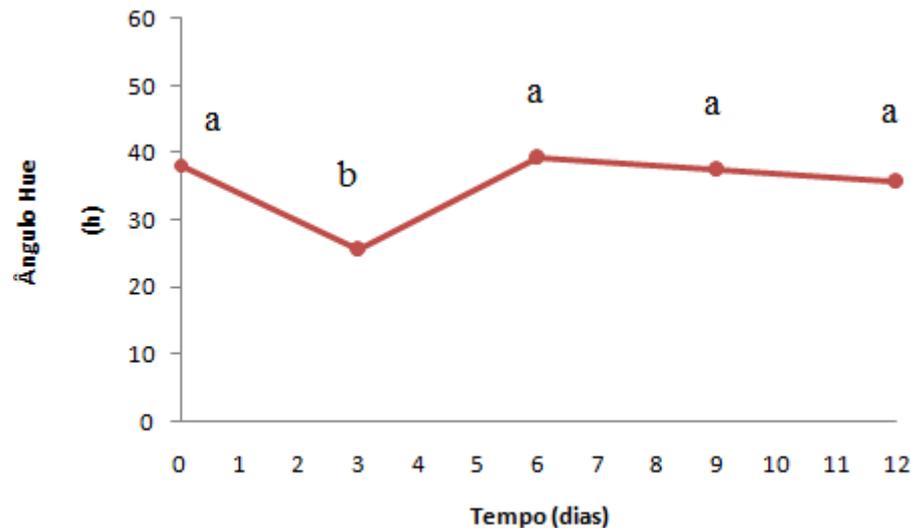
Fonte: Elaborada pela autora.

Os valores de C* encontrados neste trabalho foram superiores aos relatados por Raybaudi-Massilia, Mosqueda-Melgar e Martín-Belloso (2008) em melões tipo “Pele de Sapao” revestidos com solução à base de alginato.

A média do parâmetro Hue (h) não variou estatisticamente ($p < 0.05$) em relação ao dia do processamento e o final do armazenamento. Contudo, o 3° dia apresentou uma diminuição significativa (25.49) em relação aos demais tempos analisados (Figura 17). Os melões controle e revestido apresentaram valores máximos de 39,23 no 6° dia.

O ângulo Hue representa tonalidade da cor, ou seja, a cor propriamente dita. Valores próximos a 90° indicam cor amarela e 0° indicam correspondência à cor vermelha. Portanto, para os resultados encontrados neste trabalho, os melões minimamente processados estiveram entre as cores amarelo-alaranjada e laranja-avermelhada.

Figura 17 – Gráfico do teste de média do parâmetro ângulo Hue (h) dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10^{\circ}\text{C} \pm 1$.



Fonte: Elaborada pela autora.

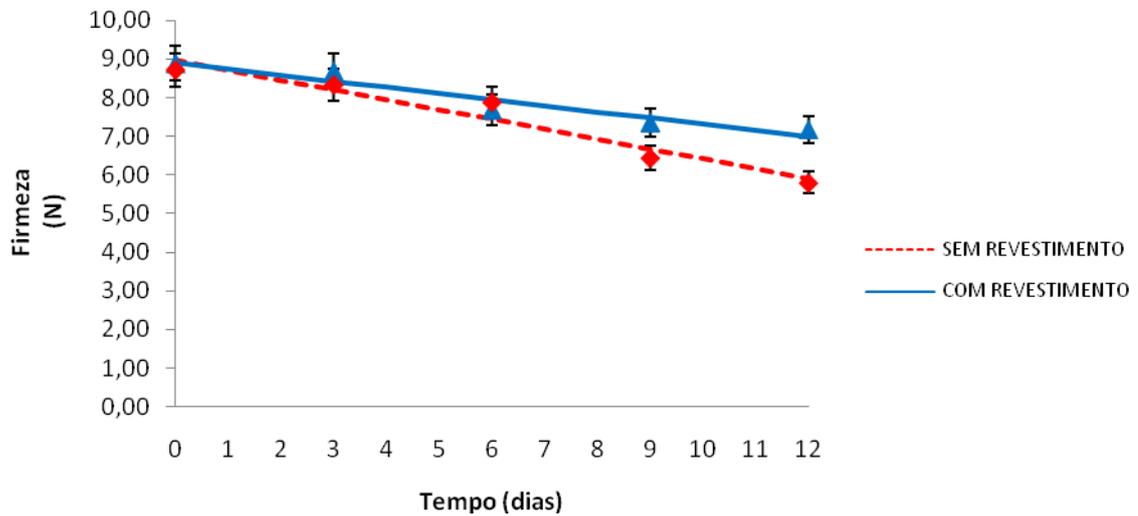
Os melões do tipo Cantaloupe, Charentais e Honeydew apresentaram valores inferiores ao ângulo 80 em estudo realizado por Barreto (2011).

5.5.6 Firmeza

No dia do processamento, tempo 0 dias, não houve variação estatística entre os melões controle (8.70 N) e os melões revestidos (8.89 N) e ambos apresentaram o mesmo comportamento durante o armazenamento, ou seja, uma diminuição linear na firmeza (Figura 18). Os valores das médias de firmeza variaram significativamente ($p < 0,05$) de 8.70 a 5.80 N para o melão controle e de 8.89 a 7.17 N para o melão revestido.

Infere-se, também, da Figura 19 que os melões revestidos mantiveram médias de firmeza acima das médias dos melões não revestidos do 3° ao 12° dia de armazenamento. Este comportamento pode ser explicado pela completa polimerização da quitosana e formação do filme comestível sobre a superfície do cubo de melão minimamente processado.

Figura 18 – Gráfico de regressão linear do parâmetro firmeza dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10^{\circ}\text{C} \pm 1$.



Fonte: Elaborada pela autora.

As mudanças mecânicas nos tecidos vegetais são atribuídas às modificações na estrutura celular durante o amadurecimento e senescência uma vez que as ligações estruturais na lamela média são enfraquecidas. Além disso, a redução no conteúdo de água e conseqüente perda de turgor celular também contribuem para a redução da resistência mecânica (CHIRALT *et al.*, 2001; PERDONES *et al.*, 2012).

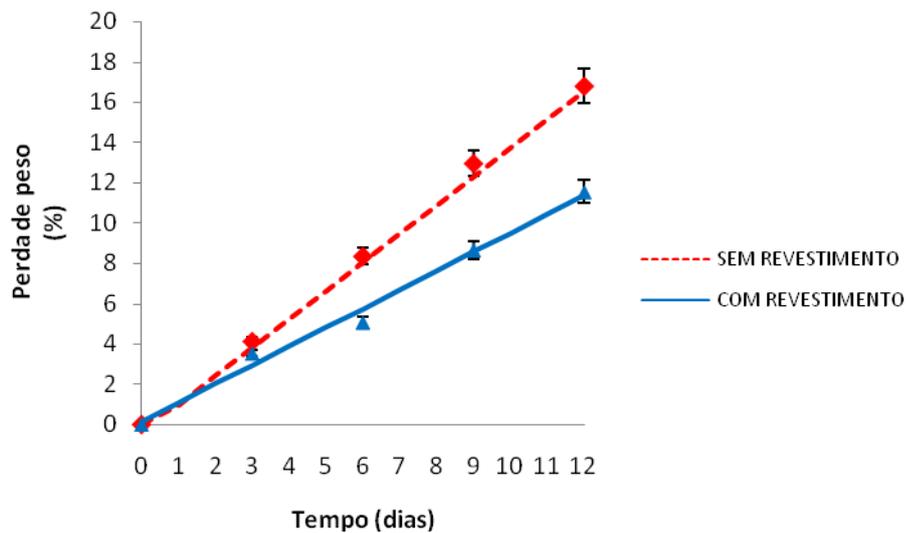
A manutenção da firmeza de mamões revestido com quitosana em diferentes concentrações foi observada Ali *et al.* (2011). Neste estudo, a redução de firmeza nos frutos revestidos foi bastante inferior a redução dos frutos controle, demonstrando assim, a capacidade da quitosana na manutenção da firmeza durante a estocagem de frutas.

5.5.7 Perda de peso

De acordo com os dados apresentados na análise de regressão linear da Figura 19, houve diferença significativa ($p < 0.05$) entre os tratamentos e entre os tempos durante o armazenamento. O teor de perda de peso dos dois tratamentos apresentou comportamento linear similar, contudo, os melões revestidos apresentaram menor percentual de perda de peso em relação aos melões não revestidos. Observou-se que no 6°, 9° e 12° dias de

armazenamento ocorreu variação mais acentuada entre os tratamentos. Ao final do experimento, a perda de peso do melão controle foi de 16.80% enquanto para o melão revestido foi de 11.50%. O filme formado sobre a superfície do cubo de melão agiu como proteção contra a perda de peso, uma vez que a quitosana apresenta propriedades de barreira ao vapor de água e outros compostos.

Figura 19 – Gráfico de regressão linear do parâmetro perda de peso dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10^{\circ}\text{C} \pm 1$.



Fonte: Elaborada pela autora.

Segundo Carvalho e Lima (2002), a perda de peso ocorre, principalmente, pela transpiração e pelo tempo de armazenamento. A transpiração, respiração e outros processos bioquímicos durante a senescência podem contribuir para a perda de água pelos tecidos vegetais com conseqüente redução do seu turgor celular influenciando, assim, na firmeza do fruto (Figuras 18 e 19).

A redução desta perda pela utilização de revestimentos comestíveis em frutos minimamente processados é comprovada em vários estudos encontrados na literatura: maçãs com diferentes revestimentos à base de goma tara, goma xantana e alginato de sódio (PIZATO *et al.*, 2013); mamão com revestimento multicamada de quitosana, pectina e cloreto de cálcio (BRASIL *et al.*, 2012); melão cantaloupe e abacaxi revestido com mistura de quitosana e metil celulose (SANGSUWAN, RATTANAPANONE, RACHTANAPUM, 2008), melão com revestimento antimicrobiano multicamada à de quitosana, pectina e trans-

cinamaldeído (MARTIÑON *et al.*, 2014), aspargos verdes revestidos com soluções de quitosana em diferentes concentrações e de pesos moleculares (QUI *et al.*, 2013).

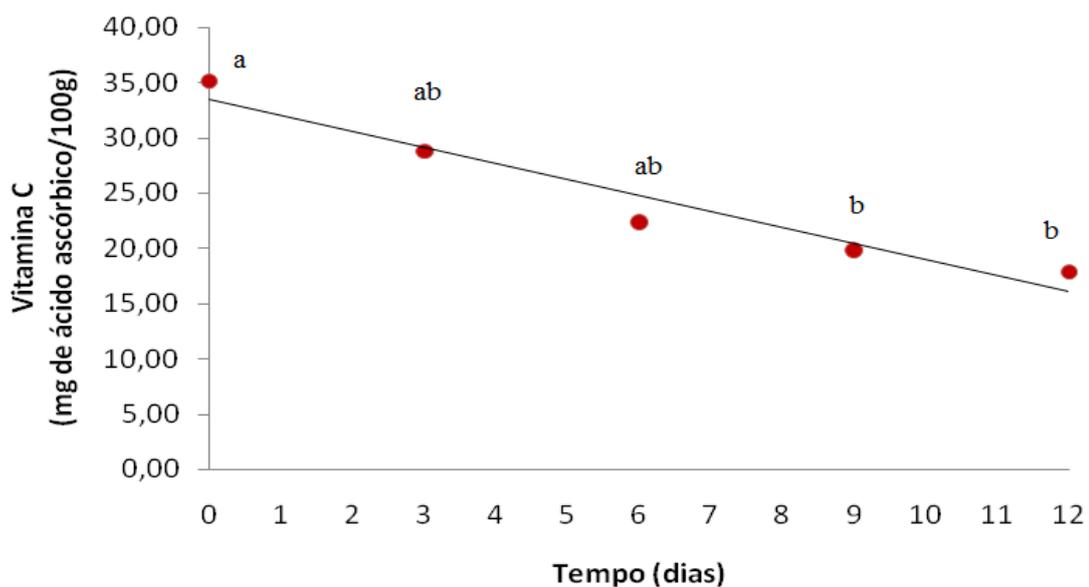
5.5.8 Quantificação de compostos bioativos e atividade antioxidante total

As Figuras 20 a 26 apresentam o comportamento dos compostos bioativos e da atividade antioxidante total dos dois tratamentos durante os 12 dias armazenamento refrigerado.

5.5.8.1 Vitamina C

O conteúdo de vitamina C variou significativamente ($p < 0.05$) entre os tempos de armazenamento de 35.10 a 17.86 mg de ácido ascórbico/100g de fruto não apresentando, contudo, variação estatística significativa ($p < 0.05$) entre os tratamentos (Figura 20).

Figura 20 – Gráfico do teste de média do parâmetro vitamina C dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10^{\circ}\text{C} \pm 1$.



Fonte: Elaborada pela autora.

O processamento mínimo causa rupturas nas células afetando diretamente a atividade enzimática dos tecidos vegetais, o que pode resultar em rápidas perdas de ácido

ascórbico e oxidação de compostos fenólicos durante o armazenamento, além disso, a degradação da vitamina C está relacionada à temperatura, tempo de armazenamento e presença de gás oxigênio e luz (CHITARRA, CHITARRA, 2005).

A média do conteúdo de vitamina C foi superior ao valor máximo (22.65 mg) relatado por Vargas *et al.* (2008) ao estudarem a qualidade pós-colheita de cinco cultivares de melão rendilhados em diferentes sistemas de produção. Mantilla *et al.* (2013) demonstraram a redução do conteúdo de vitamina C durante 15 dias de armazenamento refrigerado a 4 °C de abacaxi minimamente processado com revestimento antimicrobiano (β -ciclodextrina e trans-cinamaldeído), assim como Wang e Gao (2013) em morangos armazenados a 5 °C e 10 °C e revestido com soluções de quitosana em diferentes concentrações.

5.5.8.2 Flavonóides amarelos

Em relação ao conteúdo de flavonóides amarelos, os dados apresentados na Figura 21 mostram que houve diferença significativa ($p < 0.05$) entre os tratamentos ao longo do armazenamento.

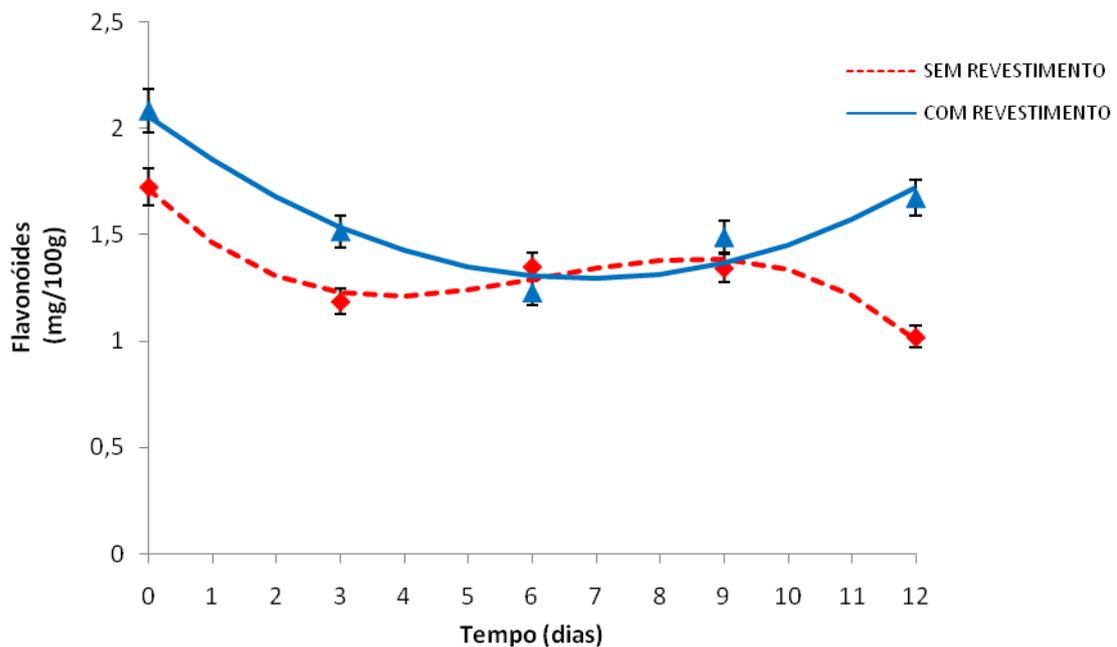
Os melões revestidos variaram significativamente de 2.08 a 1.67 mg/100g. No caso dos melões sem revestimento, a variação significativa durante o armazenamento foi de 1.72 a 1.02 mg/100g. O comportamento dos melões controle diferiu dos melões revestidos, enquanto este apresentou uma redução entre o dia do processamento e o 9° dia (1.49 mg/100g) seguido de um aumento até o 12° dia (1.67 mg/100g), aquele apresentou redução entre o dia do processamento e o 3° dia (1.19 mg/100g) e entre o 9° (1.34 mg/100g) e o 12° dia. Observou-se também que o conteúdo de flavonóides amarelos dos melões controle aumentou entre o 3° e o 9° dia.

Infere-se também da Figura 21 que o conteúdo de flavonóides amarelos dos melões revestidos foi maior que o dos melões controle no início e no final do armazenamento. Isso se deve a presença de flavonóides amarelos no extrato adicionado ao revestimento (Tabela 5).

Os flavonóides, juntamente com os ácidos fenólicos, taninos e tocoferóis, são os polifenóis com capacidade antioxidante mais comumente encontrados em frutas e hortaliças (KING, YOUNG, 1999). As espécies reativas de oxigênio (EROs), como o ânion superóxido, os radical hidroxil e o peróxido de hidrogênio, podem desencadear modificações patológicas nos sistemas biológicos como câncer e diabetes, além de alterações deteriorantes nos alimentos e na indústria farmacêutica. Os compostos com capacidade antioxidante podem

prevenir ou reduzir as reações deletérias causadas pelos EROs (LIU *et al.*, 2009; KAHKONEN *et al.*, 1999; ZADEMOWSKI, NACZK, NESTEROWICZ, 2005).

Figura 21 – Gráfico de regressão linear do parâmetro flavonóides amarelos dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$.



Fonte: Elaborada pela autora.

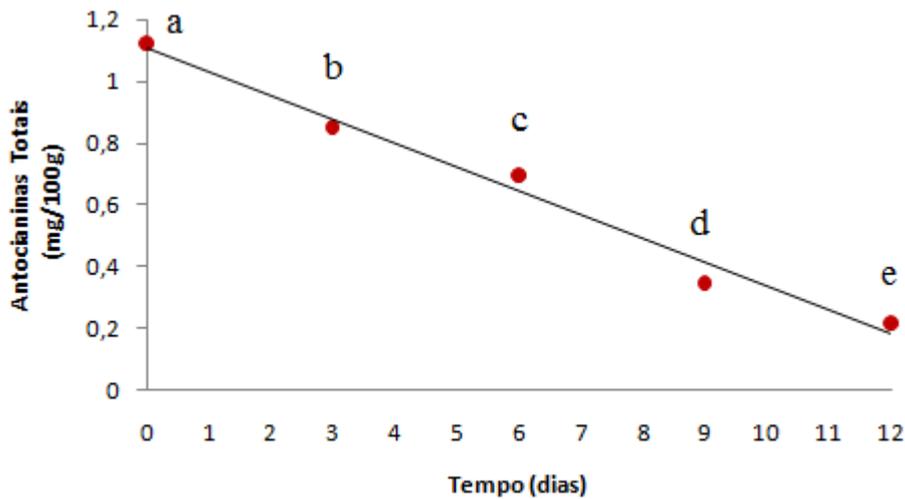
Por possuírem coloração, os flavonóides amarelos influenciam na coloração dos tecidos vegetais, estando relacionados com os valores positivos do parâmetro colorimétrico b^* e ângulo Hue próximo a 90° .

Para híbridos do melão tipo Cantaloupe, Barreto (2011) relatou teores de flavonóides amarelos entre 2.09 e 5.77 mg/100g.

5.5.8.3 Antocianinas totais

Não houve variação estatística ($p < 0.05$) entre os melões revestidos e não revestidos quanto ao teor de antocianinas totais (FIGURA 22). Contudo, houve diferença estatística da média dos dois tratamentos entre os tempos de análise ao longo do armazenamento, variando de 1.12 a 0.21 mg/100g.

Figura 22 – Gráfico do teste de média do parâmetro antocianinas totais dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$.



Fonte: Elaborada pela autora.

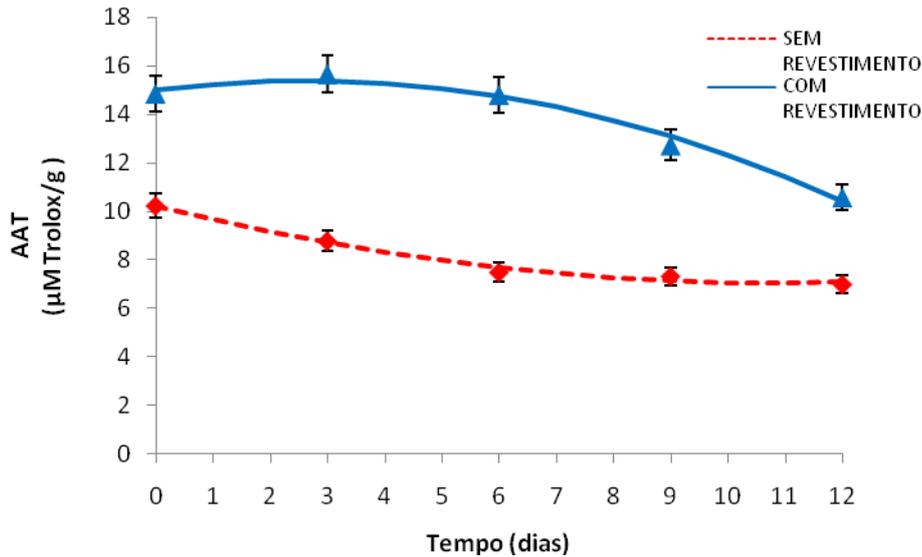
Pigmentos vegetais como clorofila, carotenóides estão presentes nos cloroplastos e cromoplastos e as antocianinas nos vacúolos e são fundamentais da cor das frutas (SOUZA, 2007).

Estudando o efeito de diferentes concentrações de quitosana como revestimento de morangos, Wang e Gao (2013) relataram que ocorreu um ligeiro aumento no conteúdo de antocianinas totais nos frutos revestidos em relação ao controle e redução nos frutos controle.

5.5.8.4 Atividade Antioxidante Total (ATT)

A análise de regressão linear do comportamento da atividade antioxidante total (ATT) dos melões revestidos e não revestidos, pela captura do radical cromóforo $\text{ABTS}^{\cdot+}$ (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico), durante o armazenamento refrigerado está apresentada na Figura 23. Houve variação significativa ($p < 0.05$) entre os dois tratamentos em todos os tempos analisados. O melão controle variou durante o armazenamento de 10.22 a 6.99 μM de Trolox/ g enquanto o melão revestido variou de 14.85 a 10.56 μM de Trolox/ g. O comportamento do melão controle diferiu do melão revestido pois apresentou redução do valor de ATT desde o início do armazenamento. O maior valor de ATT para o melão revestido foi no 3º dia seguido por uma diminuição até o 12º dia. Contudo, o valor da atividade antioxidante total no final do armazenamento deste tratamento ainda foi superior ao valor apresentado pelo melão controle no tempo 0 (dia do processamento).

Figura 23 – Gráfico de regressão linear do parâmetro Atividade Antioxidante Total dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$.



Fonte: Elaborada pela autora.

A maior atividade antioxidante do melão revestido deve-se ao extrato microencapsulado obtido de subprodutos de acerola que contém alto teor de compostos bioativos (Tabela 5).

O decaimento dos valores de ATT (Figura 23) podem ser explicados devido à ação dos compostos antioxidantes sobre os radicais livres produzidos de forma inevitável nas células como consequência de reações metabólicas inerentes aos tecidos vegetais, de ambos os tratamentos, como o processo respiratório.

O estudo realizado por Alexandrino (2013) demonstrou que não houve variação significativa entre os mamões minimamente processados revestidos com quitosana adicionada de trans-cinamaldeído e mamões não revestidos durante o armazenamento refrigerado. Segundo a mesma autora, as médias dos valores de ATT reduziram significativamente do dia do processamento até o final do experimento (15° dia).

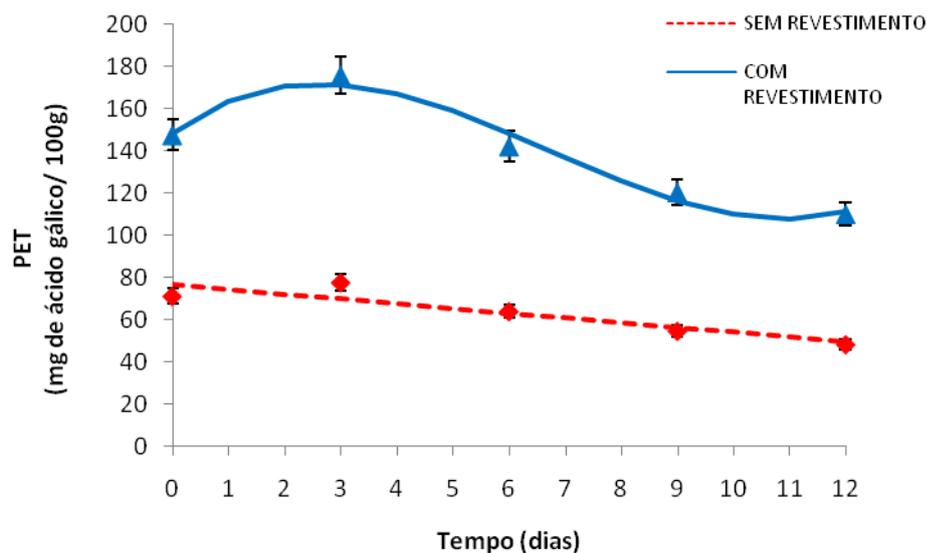
5.5.8.5 Polifenóis Extraíveis Totais (PET)

De acordo com a Figura 24, o conteúdo de polifenóis extraíveis totais (PET) diferiu significativamente ($p < 0.05$) entre os tratamentos. Os melões revestidos variaram de 147.45 a

110.16 mg de ácido gálico equivalente/100g, tendo um aumento significativo entre o dia do processamento e o 3° dia seguido de diminuição do conteúdo de PET até o final do armazenamento. Por sua vez, os melões controle variaram de 71.14 a 48.33 mg de ácido gálico equivalente/ 100g apresentando um ligeiro aumento no 3° dia seguido de diminuição até o 12° dia. Os altos valores de polifenóis dos melões revestidos deve-se ao elevado conteúdo deste composto no extrato microencapsulado adicionado ao revestimento (Tabela 5).

Similarmente ao comportamento da atividade antioxidante total (Figura 24), o conteúdo de PET no final do armazenamento do melão revestido foi maior que no melão controle no tempo 0 dias, aproximadamente 55%.

Figura 24 – Gráfico de regressão linear do parâmetro Polifenóis Extraíveis Totais (PET) dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$.



Fonte: Elaborada pela autora.

Com mais de 8000 estruturas conhecidas, os polifenóis fazem parte de um amplo grupo de fitoquímicos e são produzidos no metabolismo secundário dos vegetais que, em termos quantitativos e qualitativos, variam entre as frutas devido a fatores intrínsecos e extrínsecos (BRAVO, 1998; MARTINEZ-VALVERDE, PERIAGO, ROS, 2000; MELO *et al.*, 2008). Os compostos fenólicos desempenham funções importantes na parede das células agindo, assim, como barreira física e química na proteção contra patógenos e sua adstringência dificulta o ataque de insetos e outros animais, além de possuir ação

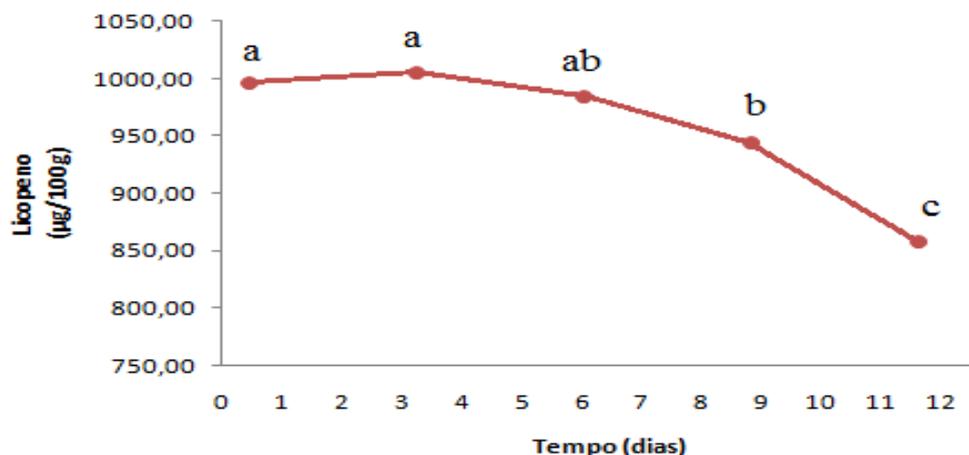
antibacteriana, antioxidante e antifúngica (LIU, 2007; SANCHO *et al.*, 2001). Estes compostos tem sido extensivamente estudados devido aos seus diversos benefícios como antioxidante e na prevenção de inflamações crônicas, doenças cardiovasculares, câncer e diabetes (ACOSTA-ESTRADA, GUTIÉRREZ-URIBE, SERNA-SALDÍVAR, 2014). Estes compostos, juntamente com a vitamina C e os carotenóides, são os três principais grupos de compostos antioxidantes não enzimáticos presentes nas frutas.

Cabral (2012) verificou um aumento no conteúdo de polifenóis durante o armazenamento refrigerado de melões minimamente processados revestido com quitosana e composto ativo de óleo essencial. Enquanto Kerch *et al.* (2011) verificou uma redução do conteúdo de polifenóis de morangos e cerejas revestidas com quitosana.

5.5.8.6 Licopeno e β -caroteno

A aplicação do revestimento não proporcionou um aumento estatisticamente significativo ($p < 0.05$) no conteúdo de licopeno dos melões minimamente processados revestidos em relação ao não revestido, como demonstrado na Figura 25. No teste de médias observou-se que não houve variação estatística do dia do processamento (995,88 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ao 6° dia de análise e entre o 6° (984,64 $\mu\text{g}/100\text{g}$) e o 9° dia. Contudo, do 9° (943,79 $\mu\text{g}/100\text{g}$) ao 12° dia houve diferença estatística (857,10 $\mu\text{g}/100\text{g}$).

Figura 25 – Gráfico do teste de média do parâmetro licopeno dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10^\circ\text{C} \pm 1$.

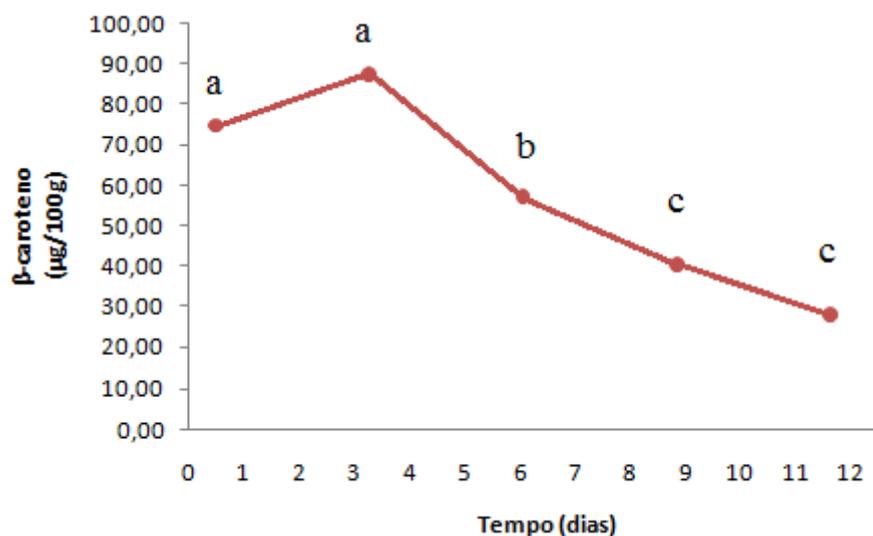


Fonte: Elaborada pela autora.

Em relação ao conteúdo de β -caroteno, a Figura 26 apresenta a média dos tratamentos durante o armazenamento refrigerado. Não houve diferença significativa ($p < 0.05$) entre o melão não revestido e o melão revestido. Entretanto, houve variação significativa da média dos tratamentos durante o armazenamento, de 74.68 a 28.03 $\mu\text{g}/100\text{g}$.

Do dia do processamento até o 3º dia (87.35 $\mu\text{g}/100\text{g}$) houve um aumento não significativo ($p < 0.05$) no conteúdo de β -caroteno, seguido de uma diminuição progressiva até o final do armazenamento. Apesar dos valores sumarizados na Figura 26 representarem que não houve variação estatística entre os tratamentos, o melão não revestido apresentou sempre uma diminuição de β -caroteno ao longo do armazenamento (de 79.58 a 21.83 $\mu\text{g}/100\text{g}$), valores estes inferiores aos do melão revestido (de 94.67 a 37.57 $\mu\text{g}/100\text{g}$).

Figura 26 – Gráfico do teste de média do parâmetro β -caroteno dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10^\circ\text{C} \pm 1$.



Fonte: Elaborada pela autora.

Os carotenóides são compostos bioativos de alta capacidade antioxidante, sendo o β -caroteno, o licopeno, a luteína e a zeaxantina, os mais atuantes (MARINOVA, RIBAROVA, 2007). O licopeno é um carotenóide e possui função antioxidante em fases lipídicas, ou seja, é capaz de bloquear os radicais livres que danificam as membranas lipoprotéicas (SIES, STAHL, 1995). O licopeno é responsável pela cor vermelha e o β -caroteno pela cor laranja em tomates (CHOI *et al.*, 2014). Wolbang *et al.* (2010) trabalhando

com diferentes cultivares de melão Honeydew relataram que melões de polpa alaranjada possuíam níveis significativamente mais elevados de β -caroteno do que qualquer um melão verde ou de polpa branca.

Segundo Perkins-Veazie e Collins (2004), a senescência ou as condições de atmosfera modificada durante o armazenamento podem causar a degradação do licopeno e da cor. Apesar de não significativa, o parâmetro cromatográfico a^* reduziu seu valor de 5.53 no dia do processamento para 4.05 no final do armazenamento (Figura 14), evento que pode ser consequência da degradação do licopeno e do β -caroteno detectada neste estudo. De acordo Rivera-Lopez *et al.* (2005), o β -caroteno é facilmente oxidado quando expostos à luz e ao oxigênio.

Assim, embora tenha sido detectada a degradação desses dois tipos de carotenóides, não foi constatado efeito significativo ($p < 0.05$) no parâmetro de qualidade cor.

Brasil *et al.* (2012) relataram uma redução de 50% no conteúdo de carotenóides totais em mamão minimamente processado não revestido ao final de 15 dias de armazenamento, enquanto os mamões revestidos com multicamada à base de quitosana, pectina e cloreto de cálcio reduziram as perdas de carotenóides.

Uma vez que os melões revestidos e os não revestidos apresentaram perfis similares de redução no conteúdo de licopeno (Figura 26) e foram armazenados a mesma temperatura ($10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$), pode-se supor que a temperatura influenciou neste processo degradativo. Farneti, Schouten e Woltering (2012) verificaram que a temperatura influencia em aspectos de qualidade de tomates. Para temperaturas abaixo de $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ constatou-se que houve uma diminuição no conteúdo de licopeno em frutos vermelhos maduros, além de substancial redução na cor característica, inclusive em avaliação visual. Žnidarčič, Šircelj e Maršić (2013) estudaram a influência da temperatura e do tempo de armazenamento na qualidade físico-química de melões tipo Cantaloupe e relataram que em temperaturas de $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ o conteúdo de β -caroteno foi significativamente ($p < 0.01$) menor que os frutos armazenados a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Além disso, segundo os mesmos autores, houve redução constante de β -caroteno durante o armazenamento apresentando os menores valores após 3 semanas (90.41 mg/ 100g em base seca). O conteúdo de licopeno também foi reduzido ao longo do armazenamento e apresentou os valores mais baixos na menor temperatura analisada (a $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2.74 mg/100g).

5.6 Análises microbiológicas

As contagens dos microrganismos deteriorantes nos melões não revestidos (controle) e revestidos durante o armazenamento estão apresentadas nas Figuras 27 a 30 através de gráficos de barras dos valores correspondentes ao logaritmo do número de unidades formadoras de colônias (UFC) por grama.

5.6.1 Mesófilos

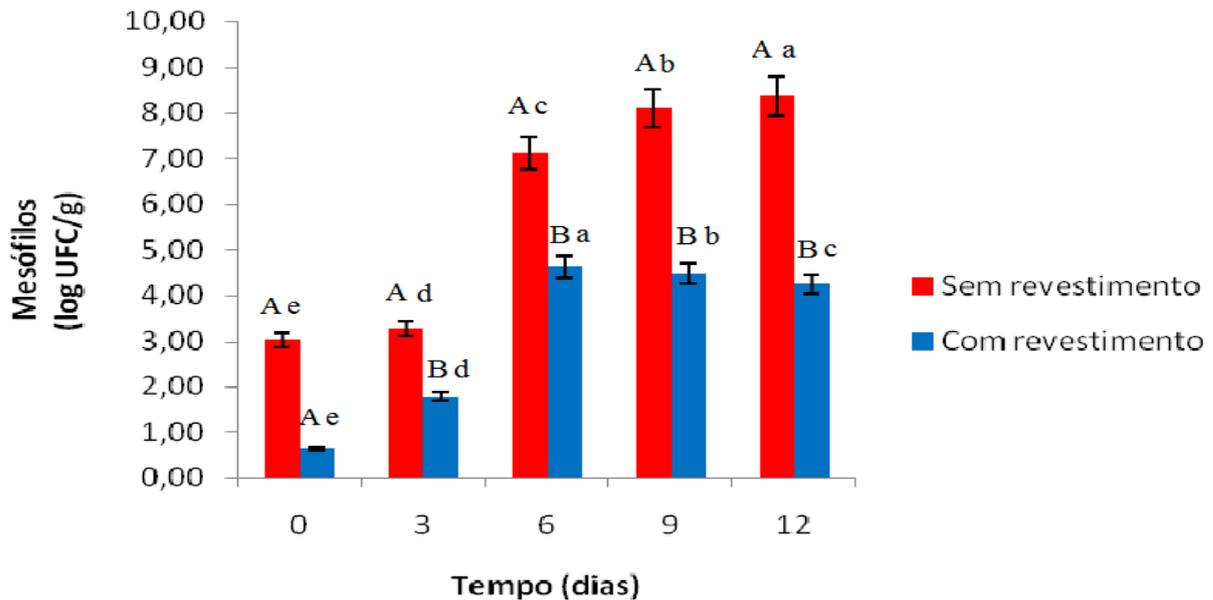
A contagem de bactérias mesófilas diferiu significativamente ($p < 0.05$) entre os tratamentos durante os 12 dias de armazenamento (Figura 27).

Para os melões não revestidos, houve variação significativa ($p < 0.05$) entre os tempos analisados de 3.01 ± 0.01 a $8.37 \pm 0,01$ log UFC/g sendo que as contagens entre o 9° e o 12° dia não diferiram. Já o melão revestido variou estatisticamente ($p < 0.05$) de 0.65 ± 0.42 a 4.24 ± 0.05 log UFC/g apresentando uma contagem crescente do dia do processamento até um valor máximo no 6° dia (4.62 ± 0.05 log UFC/g) , seguido de uma redução até o final do armazenamento.

As reduções logarítmicas dos melões revestidos variaram de 2.36 a 4.13 log UFC/g com um valor mínimo no 3° dia (1.49 log UFC/g). Os resultados representados na Figura 27 demonstram a eficiência do revestimento desenvolvido neste estudo sobre as bactérias mesófilas no melão minimamente processado.

De acordo com Dutta *et al.* (2009) a quitosana com alto teor de desacetilação tem maior caráter antimicrobiano que as com alto grau de grupor amino acetilados. A ação antimicobiana da quitosana contra bactérias pode ser devido a grande quantidade de cargas positivas na molécula devido a desacetilação que permite a interação e formação de complexos polieletrólíticos com os polímeros produzidos na superfície da célula bacteriana (DURANGO, SOARES, ANDRADE, 2006).

Figura 27 – Valores médios da contagem de bactérias mesófilas dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10^{\circ}\text{C} \pm 1$.



Letras maiúsculas diferentes em um mesmo tempo de armazenamento indicam diferença estatística em $p < 0.05$ entre os tratamentos. Letras minúsculas diferentes de um mesmo tratamento indicam variação estatística em $p < 0.05$ entre os tempos de armazenamento.

Fonte: Elaborada pela autora.

Moreira, Roura e Ponce (2011) demonstraram que o uso de revestimento à base de quitosana (95% desacetilada) é uma alternativa no controle da microbiota presente em brócolis minimamente processado. Em relação às bactérias mesófilas, os brócolis revestidos apresentaram reduções logarítmicas de 1.5 a 2.5 log UFC/g em relação às amostras não revestidas. Os valores das reduções foram inferiores aos da Figura 27, mesmo os autores tendo utilizado uma solução de quitosana concentrada de 2%. Pode-se supor então que o extrato obtido a partir dos subprodutos de acerola apresente capacidade antimicrobiana sobre esse grupo de microorganismos.

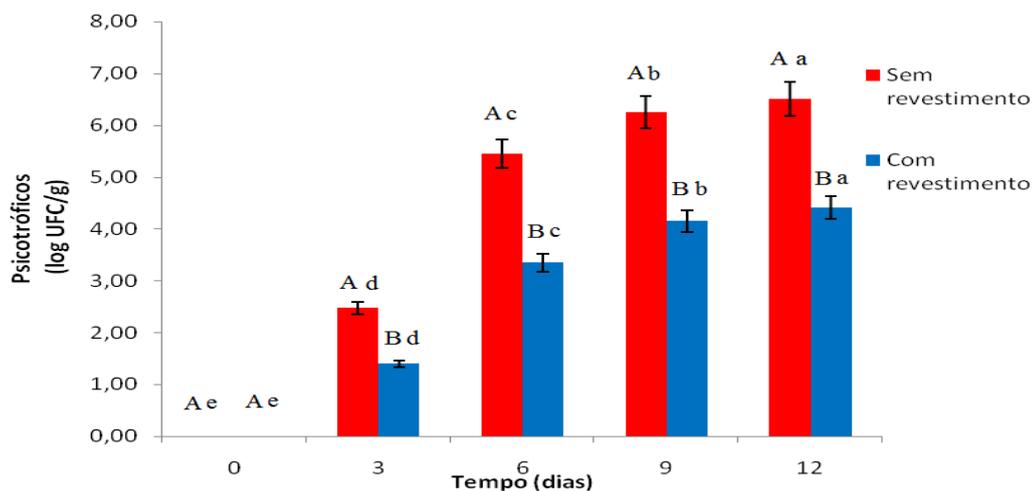
5.6.2 Psicotróficos

Em relação às contagens de bactérias psicotróficas durante os 12 dias de armazenamento refrigerado, observou-se que houve diferença significativa ($p < 0.05$) entre os tratamentos (Figura 28), exceto no dia do processamento (dia 0). Tanto o melão revestido

como o melão não revestido variaram significativamente ($p < 0.05$) ao longo do armazenamento.

Para o melão revestido os valores variaram de 0.00 a 4.41 ± 0.05 log UFC/g, enquanto o melão não revestido (controle) variou de 0.00 a 6.51 ± 0.07 log UFC/g. A ação antimicrobiana do revestimento reduziu o crescimento de bactérias psicotróficas de 1.07 log UFC/g no 3º dia, 2.10 log UFC/g no 6º, 9º e 12º dia.

Figura 28 – Valores médios da contagem de bactérias psicotróficas dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10^\circ\text{C} \pm 1$.



Letras maiúsculas diferentes em um mesmo tempo de armazenamento indicam diferença estatística em $p < 0.05$ entre os tratamentos. Letras minúsculas diferentes de um mesmo tratamento indicam variação estatística em $p < 0.05$ entre os tempos de armazenamento.

Fonte: Elaborada pela autora.

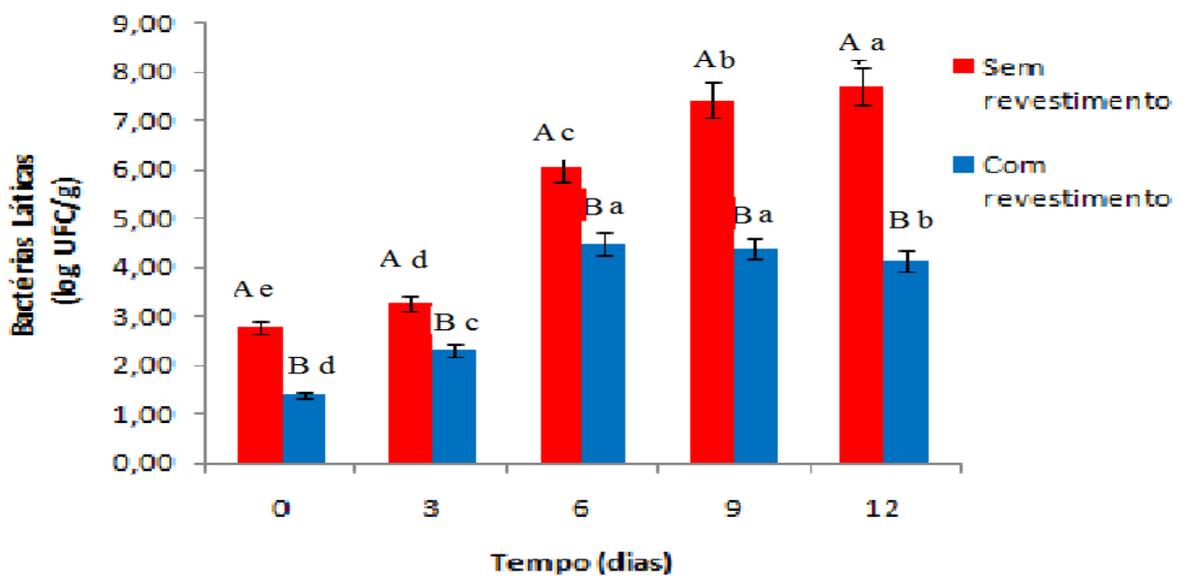
Valores maiores de reduções dos ciclos logarítmicos foram encontrados por Alexandrino (2013) em mamões minimamente processados revestidos com quitosana e trans-cinamaldeído. Resultado este justificado pela ação antimicrobiana do composto ativo do óleo essencial utilizado pela autora.

5.6.3 Bactérias lácticas

De acordo com os dados obtidos, a contagem de bactérias lácticas também diferiu significativamente ($p < 0.05$) entre os tratamentos do dia do processamento até o final do armazenamento (Figura 29). Nos melões sem revestimento ocorreu um crescimento contínuo

de bactérias variando significativamente de 2.78 a 7.72 log UFC/g. As reduções logarítmicas variaram de 1.38 (dia do processamento) a 3.57 log UFC/g (no 12° dia). Para o melão com revestimento, a maior contagem de bactérias lácticas foi no 6° dia (4.49 log UFC/g).

Figura 29 – Valores médios da contagem de bactérias lácticas dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$.



Letras maiúsculas diferentes em um mesmo tempo de armazenamento indicam diferença estatística em $p < 0.05$ entre os tratamentos. Letras minúsculas diferentes de um mesmo tratamento indicam variação estatística em $p < 0.05$ entre os tempos de armazenamento.

Fonte: Elaborada pela autora.

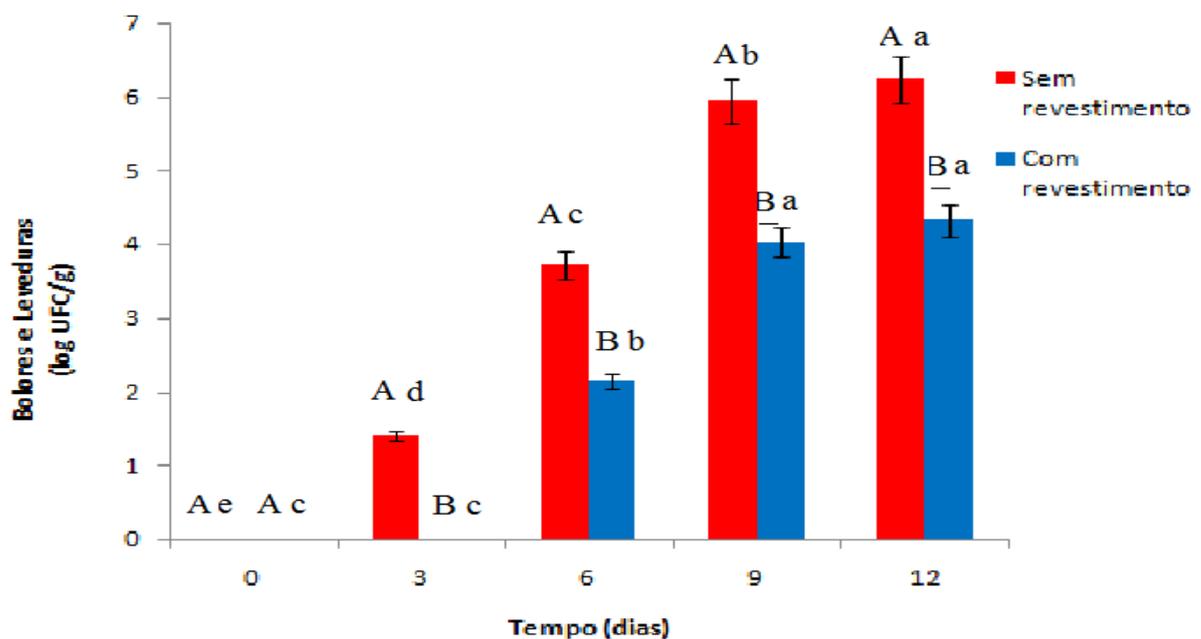
D'Amato, Sinigaglia e Corbo (2010) demonstraram a eficiência da quitosana na redução das taxas de crescimento de bactérias lácticas, psicotróficas, mesófilas e bolores e leveduara em salada de fruta composta por maçãs e uvas. Durango, Soares e Andrade (2006) relataram que revestimento a base de quitosana adicionada de amido é uma alternativa viável para o controle da microbiota de cenouras minimamente processadas armazenadas a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 15 dias, inclusive de bactérias lácticas cuja redução logarítmica foi de 4.18 ciclos quando comparado com o controle.

5.6.4 Bolores e Leveduras

A análise de bolores e leveduras demonstrou diferença significativa ($p < 0.05$) entre as contagens dos melões revestidos e não revestidos (Figura 30) com exceção do dia do processamento cujas leituras das placas de análise microbiológica foram 0 (zero). Os valores para o melão revestido variaram significativa com o tempo de armazenamento de 0.00 a 4,32 log UFC/g, com inibição do crescimento no 3° dia e sem variação significativa entre o 9° e o 12° dia. No caso dos melões não revestidos, a variação foi de 0.00 a 6.24 log UFC/g.

Os frutos com revestimento mostraram uma redução logarítmica de 1.39 log UFC/g no 3° dia, 1.57 log UFC/g no 6° dia e 1.91 log UFC/g no 9° e 12° dia. Nota-se, assim, que a ação antimicrobiana do revestimento foi menor em fungos que nos grupos de bactérias analisadas anteriormente (itens 5.6.1, 5.6.2 e 5.6.3).

Figura 30 – Valores médios da contagem de bolores e leveduras dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos durante 12 dias de armazenamento refrigerado a $10^{\circ}\text{C} \pm 1$.



Letras maiúsculas diferentes em um mesmo tempo de armazenamento indicam diferença estatística em $p < 0.05$ entre os tratamentos. Letras minúsculas diferentes de um mesmo tratamento indicam variação estatística em $p < 0.05$ entre os tempos de armazenamento.

Fonte: Elaborada pela autora.

A legislação brasileira não estabelece limites para a quantidade máxima de bolores e leveduras em alimentos frescos, todavia estudos na literatura indicam níveis seguros para o consumo humano. Vitti *et al.* (2004) estabeleceram o limite máximo de 10^5 para bolores e leveduras. Levando este limite como referência, nota-se que o revestimento proporcionou um alimento seguro quanto o número de bolores e leveduras até o final do armazenamento, enquanto os melões sem revestimento apresentaram-se impróprios ao consumo desde o 9º dia.

Hernandez-Muñoz *et al.* (2008) mostraram que a atividade antimicrobiana da quitosana em morangos está relacionada a sua capacidade em causar danos celulares graves em bolores e interferir na secreção de poligalacturonases mais que sua capacidade de induzir as enzimas de defesa da planta.

Trigo *et al.* (2012) verificaram que a contagem de bolores e leveduras apresentou aumento significativo no final do armazenamento tanto nos mamões controle minimamente processados como no mamões revestidos com amido de arroz, algnato de sódio ou carboximetilcelulose.

5.6.5 Detecção da presença de *Listeria monocytogenes*

Nas análises microbiológicas não ocorreu crescimento bacteriano de *Listeria monocytogenes* em todo o período de armazenamento tanto nos melões minimamente processado revestidos como nos melões não revestidos.

A *Listeria* é um grande indicador microbiológico em alimentos, uma vez que a cultura do meloeiro desenvolve-se próximo ao solo que é o habitat natural desta bactéria. Outro fator importante são as contaminações cruzadas devido ao armazenamento de várias culturas juntas e pela uso de utensílios não higienizados de forma eficiente. O melão é geralmente utilizado em estudos de aplicação de revestimento comestível por diversos fatores como grande disponibilidade e altos índices de exportação. Portanto, a ausência deste microorganismo é de suma importância para oferecer alimentos seguros aos consumidores tanto de frutos *in natura* como minimamente processados.

Rodríguez-Núñez *et al.* (2014) relataram o efeito antimicrobiano de filmes à base de quitosana misturados com dois diferentes plastificantes, glicerol e sorbitol, sobre *Listeria monocytogenes*. A forma mais provável de ação da quitosana baseia-se em danos causadas pela interação das cargas positivas deste polímero com as cargas negativas da superfície da

membrana celular do microorganismo. Essa ação depende do peso molecular, da densidade das cargas e sua distribuição na molécula de quitosana (JE; KIM, 2006; KONG *et al.*, 2010).

5.6.6 Detecção da presença de *Salmonella*

Não houve crescimento bacteriano de *Salmonella* durante os 12 dias de armazenamento refrigerado dos melões minimamente processados revestidos e não revestidos. A ausência deste microorganismo em 25 g é requisito legal em frutas frescas *in natura*, preparadas (descascadas, selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas, congeladas ou para consumo direto segundo a RDC, Resolução de Diretoria Colegiada. n° 12 (BRASIL, 2014).

5.7 Análises de correlação

Os coeficientes de correlação de Pearson dos parâmetros de qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total estão sumarizados nas Tabelas 7 a 10.

Entre os parâmetros de qualidade avaliados durante o armazenamento, houve correlação significativa ao nível de 5% de significância entre todas as variáveis (acidez, sólidos solúveis, relação sólidos solúveis acidez titulável SS/AT, pH, firmeza e perda de peso). De acordo com a Tabela 7, a acidez (AT) apresentou correlação inversa com SS, SS/AT, pH, firmeza.

Tabela 7 – Coeficientes de correlação de Pearson para os parâmetros de qualidade acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), pH, SS/AT, firmeza e perda de peso dos dois tratamentos durante 12 dias de armazenamento.

Variáveis	AT	SS	SS/AT	PH	Firmeza	Perda de peso
AT	1	-0,593	-0,970	-0,717	-0,420	0,482
SS	-0,593	1	0,653	0,436	0,900	-0,880
SS/AT	-0,970	0,653	1	0,780	0,508	-0,553
PH	-0,717	0,436	0,780	1	0,390	-0,425
Firmeza	-0,420	0,900	0,508	0,390	1	-0,971
Perda de peso	0,482	-0,880	-0,553	-0,425	-0,971	1

Os valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância $\alpha=0,05$; entre duas variáveis, para coeficientes negativos indicam que as variáveis são inversamente relacionadas, coeficientes positivos indicam que as variáveis são diretamente relacionadas.

A Tabela 8 apresenta os coeficientes de correlação entre os cinco parâmetros colorimétricos avaliados durante o armazenamento, luminosidade (L*), croma (C*), ângulo Hue (h), a* e b*. Houve correlação direta entre C*, h, a* e b* e inversamente entre h e luminosidade (53%). Estas relações foram verificadas nos resultados discutidos no item 5.5.5.

Tabela 8 - Coeficientes de correlação de Pearson para os parâmetros colorimétricos L*, C*, h, a* e b* dos dois tratamentos durante 12 dias de armazenamento.

Variáveis	L*	C*	h	a*	b*
L*	1	0,042	-0,537	-0,260	0,793
C*	0,042	1	0,748	0,444	0,415
h	-0,537	0,748	1	0,616	-0,142
a*	-0,260	0,444	0,616	1	0,157
b*	0,793	0,415	-0,142	0,157	1

Os valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância alfa=0,05; entre duas variáveis, para coeficientes negativos indicam que as variáveis são inversamente relacionadas, coeficientes positivos indicam que as variáveis são diretamente relacionadas

Em relação aos compostos bioativos e a atividade antioxidante, a Tabela 9 mostra que todas as variáveis correlacionaram-se de forma significativa ao nível de 5%, com exceção da relação licopeno e polifenóis extraíveis totais (PET). Observa-se que os PET, a vitamina C e o β -caroteno são os parâmetros que mais contribuem a capacidade antioxidante total ABTS dos melões, 97.0 %, 90.8 % e 75%, respectivamente.

Tabela 9 – Coeficientes de correlação de Pearson para os compostos bioativos e a atividade antioxidante total (ABTS) dos dois tratamentos durante 12 dias de armazenamento.

Variáveis	Vitamina C	Flavonóides amarelos	Antocianinas Totais	Licopeno	Beta-caroteno	ABTS	PET*
Vitamina C	1	0,709	0,684	0,647	0,817	0,908	0,867
Flavonóides amarelos	0,709	1	0,539	0,571	0,494	0,490	0,453
Antocianinas Totais	0,684	0,539	1	0,944	0,889	0,530	0,434
Licopeno	0,647	0,571	0,944	1	0,842	0,469	0,353
Beta-caroteno	0,817	0,494	0,889	0,842	1	0,750	0,709
ABTS	0,908	0,490	0,530	0,469	0,750	1	0,970
PET	0,867	0,453	0,434	0,353	0,709	0,970	1

*PET: polifenóis extraíveis totais. Os valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância alfa=0,05; entre duas variáveis, para coeficientes negativos indicam que as variáveis são inversamente relacionadas, coeficientes positivos indicam que as variáveis são diretamente relacionadas.

Alguns compostos bioativos de capacidade antioxidantes são pigmentos e contribuem para a cor dos tecidos vegetais. Na Tabela 10 observa-se que as antocianinas possuíram correlação direta e significativa (nível de 5%) com o parâmetro colorimétrico a*.

Tabela 10 – Coeficientes de correlação de Pearson para antocianina e parâmetro colorimétrico a* durante 12 dias de armazenamento.

Variáveis	Antocianinas Totais	a*
Antocianinas Totais	1	0,466
a*	0,466	1

Os valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância alfa=0,05

6 CONCLUSÃO

Os subprodutos de acerola apresentam altos conteúdos de compostos bioativos e atividade antioxidante total, sendo superiores aos determinados na polpa do fruto.

O extrato apresentou alto teor de compostos antioxidantes, principalmente polifenóis. Além disso, apresentou atividade antimicrobiana contra diferentes grupos de bactérias (*Salmonella* e *Listeria monocytogenes*).

O revestimento desenvolvido neste trabalho teve capacidade de formação de filme sobre a superfície dos cubos do fruto. Os resultados demonstraram que o revestimento proporcionou aos melões menor perda de firmeza e de peso.

Os compostos antioxidantes do extrato incorporado ao revestimento de quitosana agregaram melhoria nutricional aos melões. Além disso, apresentou atividade antimicrobiana contra bactérias (mesófilas, psicotróficas e lácticas), bolores e leveduras. Os melões revestidos apresentaram-se dentro dos padrões legais para patógenos em frutas frescas *in natura* (RDC n° 12 da ANVISA). O revestimento desenvolvido neste trabalho proporcionou aumento de 5 dias de vida de prateleira aos melões minimamente processados em relação ao controle considerando os atributos de qualidade, compostos bioativos e aspectos microbiológicos.

Portanto, este revestimento é uma alternativa viável para a manutenção da qualidade de melões minimamente processados, uma vez que proporcionou a melhoria nutricional através da manutenção de compostos naturais da fruta e de compostos bioativos liberados gradualmente pelas microcápsulas.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A. E. M.; DARWISH, S. M.; AYAD, E. H. E.; EL-HAMAHMY, R. M. Egyptian mango by-product 1. Compositional quality of mango seed kernel. **Food Chemistry**, v.103, n.4, p. 1134–1140, 2007.
- ACOSTA-ESTRADA, B.A.; GUTIÉRREZ-URIBE, J.A.; SERNA-SALDÍVAS, S.O. Bound phenolics in foods, a review. **Food Chemistry**, v. 152, p. 46 a 55, 2014.
- AGUADO, V.; VITAS, A. I.; GARCÍA-JALÓN, I. Characterization of *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua* from a vegetable processing plant by RAPD and REA. **International Journal of Food Microbiology**, vol.90, n.3, p.341-347, 2004.
- AIDER, M. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review. **LWT Food Science and Technology**, vol. 43, p. 837–842, 2010.
- AJILA, C.M.; AALAMI, M.; LEELAVATHI, K.; RAO, U.J.S.P. Mango peel powder: a potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. **Innov Food Sci Emerg**, v. 11, n.1, p.219–24, 2010.
- AJILA, C.M.; BHAT, S.G.; RAO, U.J.S.P. Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. **Food Chem**, v. 102, n.4, p.1006–11, 2007.
- ALBUQUERQUE JÚNIOR, B. S. **Efeito da aplicação de CO₂ na água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do melão (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) cultivado em ambiente protegido**. 2003, 65p. Dissertação (mestrado)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- ALEXANDRINO, A.A.; FARIA, HG. De; SOUZA, C.G.M. de; PERALTA, R.M. Aproveitamento de resíduo de laranja para a produção de enzimas lignocelulolíticas por *Pleurotus ostreatus*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n.2, p.364-368, 2007.

ALEXANDRINO, Angelinne Costa. **Qualidade e segurança de mamão (*Carica papaya* L.) minimamente processado revestido com solução de quitosana adicionada de trans-cinamaldeído**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

AL-HABIB, A.; AL-SALEH, E.; SAFER, A.; AFZAL, M. Bactericidal effect of grape seed extract on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. **The Journal of Toxicological Sciences**, Sendai, v. 35, n. 3, p.357-364, 2010.

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**, vol. 124, n.2, 15, p. 620-626, 2011.

ALMEIDA, M. M. B.; de SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; do PRADO, G.M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; de LEMOS, T.L.G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155 a 2159, 2011.

ANDREWS, D.; ANDREWS, K.. **Nutraceutical Moringa composition**. USA. Patent No. US 2006/0222682 A1. Published In: Google Patents, 2008.

ANSELMO, F. D. M.; **Qualidade e conservação pós-colheita de melão cantaloupe ‘torreon’ para exportação**. Ceará, 2007. 77p. Dissertação (mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2012. **Principais frutas: Melão**, Aposta no futuro. Editora Gazeta Santa Cruz Ltda. Santa Cruz do Sul, 2012. 130p.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17th ed. Washington: AOAC, 2002, 1115 p.

AROUCHA, E.M.M.; MESQUITA, H.C.; SOUZA, M.S.; TORRES, W. de L.; FERREIRA, R. M. de A. Vida útil pós-coleita de cinco híbridos de melão amarelo produzidos na agropólo Mossoró-Assu. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 52-57, 2012.

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

AYALA-ZAVALA, J. F.; ROSAS-DOMPINGUEZ, C.; VEJA-VEGA, V.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Antioxidant enrichment and antimicrobial protection of fresh-cut fruits using their own byproducts: Looking for integral exploitation. **Journal of Food Science**, v. 25, n. 8, p.175–181, 2010.

AXELROD, B.; CHEESBROUGH, T.M.; LAASKO, S. Lipoxygenases from soybeans. **Methods Enzymol**, v.71, p.441-451, 1981

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.

BALASUNDRAM, N. *et al.* Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence and potencial uses. **Food Chemistry**, Barking, v.99, p.191-203, 2006.

BABBAR, N.; OBEROI, H.S.; UPPAL, D.S.; PATIL, R.T. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, n. 44, p. 391-396, 2011.

BARRETO, Norma Danielle Silva. **Qualidade, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de híbridos comerciais de meloeiro cultivados no CE e RN**. 2011. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Fedral Rural do Semiárido, Mossoró, 211.

BASTOS, M. do S. R. Frutas minimamente processadas: aspectos de qualidade e segurança. **Embrapa Agroindústria Tropical / Documentos 103**, Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 59 p.

BAUMAN, A.E. Updating the evidence that physical activity is good for health: an epidemiological review 2000–2003. **Journal Science Medical Sport**, v. 7, p. 6 a 19, 2004.

BOHAYCHUCK, V. M.; BRADBURY, R. W.; DIMOCK, R.; FEHR, M.; GENSLER, G. E. KING, R. K. A microbiological survey of selected Alberta-grown fresh produce from farmers' markets in Alberta, Canada. **Journal of Food Protection**, vol.72, p. 415-420, 2009.

BEAULIEU, J.; LEA, J. M. Quality changes in cantaloupe during growth, maturation, and in stored fresh-cut cubes prepared from fruit harvested at various maturities. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 132, n. 5, p. 720 a 728, 2007.

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, n. 9, p. 557-563, 2010.

BRASIL, R. F.; PRAÇA, E. F.; MENEZES, J. B.; GRANGEIRO, L. C.; ALVES, R. E. Qualidade do melão “Hy-Mark” em cinco estádios de maturação. **Horticultura Brasileira**, v.16, n.2, p.165-166, 1998.

BRASIL-MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2007). **Exportação de frutas frescas cresce 35% no último ano**. Disponível em: <http://blog.cnpat.embrapa.br/?p=247>, Acesso em: 15 ago 2012.

BRASIL-MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Exportação no agronegócio**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/exportacao>>. Acesso em: 25 nov 2012a.

BRASIL/SUS. Sistema Único de Saúde. Portal da Saúde. **Doenças transmitidas por alimentos**. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/saude/profissional/visualizar_texto.cfm?idtxt=31756. Acesso em: 24 out. 2012b.

BRASIL/MS - Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Dados Epidemiológicos – DTA período de 2000 a 2011.** Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/dados_dta_periodo_2000_2011_site.pdf. Acesso em: 24 out. 2012c.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. **A nanotecnologia como plataforma tecnológica para inovação**/Organização Francine Barbosa Silva – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2012d. 88p

Brasil, I. M.; Gomes, C. L.; Puerta-Gomez, A. F.; Castell-Perez, E. M.; Moreira, R. G. Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. **Journal of Food Science**, n. 47, p. 39 a 45, 2012.

BRASIL/MS - Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Resolução RDC n° 12 – Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos (12/01/2001).** Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a47bab8047458b909541d53fbc4c6735/RDC_12_2001.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 12 jan. 2014

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. **Nutr. Rev., Washington**, v.56, n.11, p.317-333, 1998.

BURGER, Y.; SA'AR, U.; PARIS, H. S.; LEWINSOHN, E.; KATZIR, N.; TADMOR, Y.; SCHAFFER, A. Genetic variability for valuable fruit quality traits in *Cucumis melo*. Isr. **J. Plant Sci.**, vol.54, p. 233–242, 2006

BUSTA, F.F.; SUSLOW, T.V.; PARISH, M.E.; BEUCHAT, L.R.; FARBER, J.N.; GARRET, E.H.; HARRIS, L.J. The use of indicators and surrogate microorganisms for the evaluation of pathogens in fresh and fresh-cut produce. **Food Science Food Safety**, vol. 2, p.179–185, 2003.

CABRAL, Marília de Freitas. **Avaliação do revestimento de quitosana com a inclusão de composto ativo de óleo essencial na qualidade e segurança de melão minimamente processado.** 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) –

Departamento de Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

CAETANO, A.C.S.; ARAÚJO, C.R.; LIMA, V.L.A.G.; MACIEL, M.I.S.; MELO, E. A. Evaluation of antioxidant activity of agro-industrial waste of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruit extracts. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 31, v. 3, p. 769-775, 2011.

CAMPANIELLO, D.; BEVILACQUA, A.; SINIGAGLIA, M.; CORBO, M. R. Chitosan: Antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberries. **Food Microbiology**, vol.25, p. 992-1000, 2008.

CAMPOS, C. A.; GERSCHENSON, L. N.; FLORES, S.K. Development of Edible Films and Coatings with Antimicrobial Activity. **Food Bioprocess Technology**, v. 4, p. 849-875, 2011.

CARVALHO, A. V.; LIMA, L. C. O. Qualidade de kiwis minimamente processados e submetidos a tratamento com ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 679-685, 2002.

CENCI, S. A. **Boas Práticas de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças na Agricultura Familiar**. In: Fennelon do Nascimento Neto (org.) *Recomendações básicas para a aplicação das boas práticas agropecuárias e de fabricação na agricultura familiar*, ed. 1. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2006.

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

CFR - Code of Federal Regulations Title 21, Part 175.320. **Indirect food additives (adhesives and components of coatings): resinous and polymeric coatings or polyolefin films**. p 184-187, 2006.

CHAU, C-F.; WU, S-H.; YEN, G-C. The development of regulations for food nanotechnology. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 18, n. 5, p. 269-280, 2007.

CHIRALT, A.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; MARTINEZ-MONZO, J.; TALENS, P.; MORAGA, G.; AYALA, G.; FITO, P. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes: cryoprotectant effect. **Journal of Food Engineering**, n. 49, p. 129 a 135, 2001.

CHIEN, P.J.; CHOU, C.C. Antifungal activity of chitosan and its application to control post-harvest quality and fungal rotting of Tanka citrus fruit (*Citrus tankan* Hayata). **J Sci Food Agric**, vol. 86, p. 1964–1969, 2006.

CHIRINOS, R.; ROGEZ, H.; CAMPOS, D.; PEDRESCHI, R.; LARONDELLE, Y. Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) tubers. **Sep. Purif. Technol**, v. 55, p. 217 a 225, 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2o . ed. Rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CHOI, S. H.; KIM, D-S.; KOZUKUE, N.; KIM, H-J; NISHITANI, Y.; MISUNO, M.; LEVIN, C.E.; FRIEDMAN, M. Protein, free amino acid, phenolic, b-carotene, and lycopene content, and antioxidative and cancer cell inhibitory effects of 12 greenhouse-grown commercial cherry tomato varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v 34, p. 115 a 127, 2014

CHUNRAN, H.; LEDERER, C. ; MCDANIEL, M. ; YANYUN, Z. Sensory evaluation of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*) coated with chitosan-based edible coatings. **J. Food Science**, vol .70, n.3, 2005.

COLLINS, P.; PLUMBLY, J. Natural colors – stable future? **European Food Research and Technology**, n. 2, 1995.

COMA, V. Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meatbased products. **Meat Science**, vol. 78, p. 90–103, 2008.

CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAÍMES, L.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. **Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in**

pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, v. 44, n. 7, p. 2047 a 2053, 2011.

COSTA, N. D. **Cultivo do melão.** Petrolina: Embrapa Semi Árido, 2000. 67 p. (Circular Técnica, 59).

CRISÓSTOMO, J.R.; FALCÃO, L.F.; ARAGÃO, F.A .S.; FREITAS, J.G.; SILVA, J.F.; SANTOS, F.H.C. Biologia floral do meloeiro no Ceará: emissão, duração e relação de flores masculinas/hermafroditas. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, julho, 2004, suplemento CD-ROM.

DE BRITO, E.; DE ARAÚJO, M.; ALVES, R.; CARKEET, C.; CLEVIDENCE, B.; NONOTNY, J. Anthocyanins present in selected tropical fruits: Acerola, jambolão, jussara, and guajiru. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, n.23, p. 9389–9394, 2007.

DEVLIEGHERE, F.; VERMEULEN, A.; DEBEVERE, J. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. **Food Microbiol**, vol .21, p.703–14, 2004.

D'AMATO, D.; SINIGAGLIA, M.; CORBO, M . R. Use of chitosan, honey and pineapple juice as filling liquids for ncreasing the microbiological shelf life of a fruit-based salad. **International J. of Food Sci. & Tech.**, vol. 45, p. 1033-1041, 2010.

DUAN, J; KIM, K.; DAECHEL, M.A.; ZHAO, Y. Storability of antimicrobial chitosan-lysozyme composite coating and film-forming solutions. **J.Food Science**, vol. 73, n.6, 2008.

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

DUTTA, P.; TRIPATHI, S.; MEHROTRA, G.; DUTTA, J. Review: perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. **Food Chemistry**, v. 114, p. 1173-1182, 2009.

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological

functionality and commercial applications: A review. **Food Chemistry**, v. 124, p. 411–421, 2011.

EL NASCHIE, M.S. Nanotechnology for the developing world. **Chaos Soliton Fract.** v.30, p. 769–773, 2006.

ELVISS, N. C.; LITTLE, C. L.; HUCKLESBY, L.; SAGOO, S.; SURMAN-LEE, S.; DE PINNA, E. Microbiological study of fresh herbs from retail premises uncovers an international outbreak of salmonellosis. **International Journal of Food Microbiology**, vol.134, p.83-88, 2009.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical databases. 2012.** Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 28 nov.2012.

FARNETI, B.; SCHOUTEN, R.E.; WOLTERING, E. J. Low temperature-induced lycopene degradation in red ripe tomato evaluated by remittance spectroscopy. **Posthaverst Biology and Technology**, v. 73, p. 22 a 27, 2012.

FDA-CFR-21. 2009. **Code of Federal Regulations.** Silver Spring, MD, USA, U.S. Food and Drug Administration. Disponível em: <<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/fcfcfr/CFRSearch.cfm?fr=172.5>>. Acesso em: 21 out. 2012.

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 JÚNIOR, J. Colheita e manuseio pós-colheita. In: ALVES, R.E. (Org). **Melão pós-colheita.** Brasília: *EMBRAPA-SPI*, p. 23-41. (Frutas do Brasil, 10), 2000.

FIPA FALSH. Boletim Informativo da Federação das indústrias Portuguesas Agro-alimentares, n. 95, 2007.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Melão. In:_____. **Agriannual 2004:** Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, 496p. 2004.

FRANCIS, F.J. **Analysis of anthocyanins**. In: MARKAKIS, P. Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press, 1982. p. 181-207.

FRANSSEN, L.R.; KROCHTA, J.M. **Edible coatings containing natural antimicrobials for processed foods**. In: Roller, S., (editor). Natural antimicrobials for the minimal processing of foods. Abington: woodhead Publishing Limited. p. 250-262, 2003.

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

GANDHI, M.; CHIKINDAS, M. L. *Listeria*: A foodborne pathogen that knows how to survive. **International Journal of Food Microbiology**, vol. 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. Food Science Food Safety**, p.13-37, 2003.

GARRITY, A.; MORTON, G.; & MORTON, J. **Nutraceutical mangosteen composition**. USA. Patent No. 6730333. Published In: Google Patents. Issuing Organization: DBC, LLC, 2008.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, Amsterdam, v. 40, n. 9, p. 1107-1121, 2007.

GOMES JÚNIOR, J.; MENEZES, J. B.; NUNES, G. H. S.; COSTA, F. B.; SOUZA, P. A. Qualidade pós-colheita de melão tipo cantaloupe, colhido em dois estádios de maturação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 223-227, 2001.

GOMES, I. R. Globalização e novas regiões produtivas no nordeste brasileiro. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, vol. 9, n. 20, p. 57-74, 2010.

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.

GONG ,Y.; HOU, A.; GAO, Y.; XUE, Y.;LIU, X.; LIU, G. Optimization of extraction parameters of bioactive components from defatted marigold (*Tagetes erecta* L.) residue using response surface methodology. **Food and bioproducts processing**, v. 90, p. 9 a 16, 2012.

GONZALEZ-AGUILAR, G.A.; LIZARDI-MENDOZA, J.; MARTÍNEZ-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.**, vol. 89, p. 15–23, 2009.

GORGATTI NETO. A.; GAYET, J. P.; BLEINROTH, E. W.; MATALLO, M.; GARCIA, E. E. C.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G.; BORDIN, M. R. **Melão para exportação: procedimentos de colheita e de pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa-SPI/FRUTEX, 1994. 37 p.

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, 2008.

HAGERMAN, A.E.; AUSTIN, P.J. Continuous spectrophotometric assay for plant pectin methyl esterase. **J. Agric. Food Chem**, vol. 34, p.440-444, 1986.

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

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

HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; DEL VALLE, V.; VELEZ, D.; GAAVARA, R.. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 110, p. 428 a 435, 2008.

HIGBY, W. Simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene - fortified orange juice. **Journal of Food Science**, vol. 27, p. 42-49, 1962.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. **Brasília**: Anvisa, 2005. 1018p

JAFARI, S. M.; ASSADPOOR, E.; BHANDARI, B.; HE, Y. Nano-particle encapsulation of fish oil by spray drying. **Food Research International**, Amsterdam, v. 41, n. 2, p. 172-183, 2008.

JE, J.; KIM, S. Chitosan derivatives killed bacteria by disrupting the outer and inner membrane. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 54, p. 6629 a 6633, 2006.

KAHKONEN, M.P.; HOPIA, A.I.; VOURELA, H.J.; RAUHA, J.P.; PIHLAJA, K.; KUJALA, T.S.; HEINONEN, M. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, n. 47, p. 3954 a 3962, 1999

KALT, W. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. **Journal of Food Science**, v 70, n.1, p.11–19, 2005..

KARAKURT, Y.; HUBER, D. J.. Activities of several membrane and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperature storage of intact and fresh-cut papaya (*Carica papaya*) fruit. **Postharvest Biology and Technology** , v. 28, 219-229, 2003.

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

KENNEDY, J.; WALL, P. Food safety challenges. In M. Storrs, M.-C. Devoluy, & P. Cruveiller (Eds.), **Food safety handbook: Microbiological challenges**, France: BioMérieux Education, 2007.

KERCH, G.; SABOVICS, M.; KRUMA, Z.; KAMPUSE, S.; STRAUMITE, E. Effect of chitosan and chitoooligosaccharide on vitamin C and polyphenols contents in cherries and strawberries during refrigerated storage. **Eur Food Res Technol**, v. 233, p. 351–358, 2011.

KHOO, C.-H.; CHEAH, Y.-K.; LEE, L.-H.; SIM, J.-H.; SALEH, N. A.; SIDIK, S. M. Virulotyping of *Salmonella enterica* subsp. *enterica* isolated from indigenous vegetables and poultry meat in Malaysia using multiplex-PCR, Antonie Van Leeuwenhoek, **International Journal of General and Molecular Microbiology**, vol. 96, p. 441-457, 2009.

KIM, J; MARSHALL, M.R.; WEI, C. Antibacterial activity of some essential oil components against five foodborne pathogens. **J Agric Food Chem**, vol. 43, p. 2839-45, 1995.

KING, A.; YOUNG, G. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 50, p. 213-218, 1999.

KLAYPRADIT, W.; HUANG, Y. W. Fish oil encapsulation with chitosan using ultrasonic atomizer. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 41, n. 6, p. 1133-1139, 2008.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. São Paulo: Livraria Rural, 2002. 214 p.

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

LAMIKANRA, O. Fresh-cut Fruits and Vegetables. **Science, Technology and Market**, Washington: CRC Press, 2002. 452 p.

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.** vol.45, p. 1390-1393.1997.

LIU, R. Whole grain phytochemicals and health. **Journal of Cereal Science**, v. 46, p.207 a 219, 2007.

LIU, J.; SUN, H.; DONG, F.; XUE, Q.; WANG, G.; QIN, S.; GUO, Z. Carbohydrate Polymers, n. 78, p. 439 a 443, 2009.

LOPES, R.; PAIVA, J. R. Aceroleira. In: BRUCKNER, C. H. **Melhoramento de Fruteiras Tropicais**. Editora Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2002.

LUO, Y.; ZHANG, B.; WHEAT, M.; YU, L.; WANG, Q. Preparation and characterization of zein/chitosan complex for encapsulation of α -tocopherol, and its in vitro controlled release study. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, n. 85, p. 145–152, 2011.

MAKRIS, D.P. et al. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.20, p.125-132, 2007.

MANTILLA, N.; CASTELL-PÉREZ, M.E.; GOMES, C.; MOREIRA, R.G. Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). **Food Science and Technology**, v.51, p. 37 a 43, 2013

MARINOVA, D.; RIBAROVA, F. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 20, p. 370-374, 2007.

MARRIOTT, R. J. Greener chemistry preparation of traditional flavour extracts and molecules. **Agro Food Industry Hi-Tech** ,v.21,n.2,p.46–8, 2010.

MARTÍN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R.; BALDWIN, E. A. **Conservación mediante recubrimientos comestibles**, p. 61–74, 2005. In G.A. González-Aguilar, A. A. Gardea, and F. Cuamea-Navarro (ed.), Nuevas tecnologías de conservación de productos

vegetales frescos cortados. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Hermosillo, Sonora, México.

MARTÍNEZ, R.; TORRES, P.; MENESES, M.A.; FIGUEROS, J.G.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1520 a 1526, 2012.

MARTÍNEZ-ROMERO, D.; GUILLÉN, F.; VALVERDE, J.M.; BAILÉN, G.; ZAPATA, P.; SERRANO, M.; ASTILLO, S.; VALERO, D. Influence of carvacrol on survival of *Botrytis cinerea* inoculated in table grapes. **International Journal of Food Microbiology**, v.115, p. 144-148, 2007.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M.J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de La dieta. **Arch. Latinoam. Nutr.**, Caracas, v.50, n.1, p.5-18, 2000.

MARTIÑON, M.E.; MOREIRA, R.G.; CASTELL-PEREZ, M. E.; GOMES, C. Development of a multilayered antimicrobial edible coating for shelf-life extensión of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo* L.) stored at 4° C. **Food Science and Technology**, n. 56, p. 341 a 350, 2014.

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.

MCGUIRE, R.G., Reporting of objective color measurements. **Hort Science**. Alexandria, v. 27, p. 1254-1255. 1992.

MENEZES, J. B.; FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E. , MAIA, C. E.; ANDRADE, G. G.; ALMEIDA, J. H. S.; VIANA, F. M. P. Característica do melão para exportação. In: ALVES, R. E. (Org.) **Melão: pós-colheita**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 13-22, 2000.

MENG, J.; DOYLE, M. P. Introduction Microbiological food safety. **Microbes and Infection**, v. 4, p. 395-397, 2002.

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.

MLILJKOVIC, D.; BIGNAMI, G. S. **Nutraceuticals and methods of obtaining nutraceuticals from tropical crops**. USA. Application number: 10/992.502. Published In. Google Patent, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Agricultura Sustentável**. Brasília: MMA, 2000, 57p.

MOON-HUCHIN, V.; MOO-HUCHIN, M.I.; ESTRADA-LEON, R.J.; CUEVAS-GLORY, L.; ESTRADA-MOTA, I.A.; ORTIZ-VÁSQUEZ, E.; BETANCUR-ANCORA, D.; SAURI-DUCH, E. Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. **Food Chemistry**, In Press, Manuscrito aceito, disponível online julho 2014.

MORAIS, P. L. D.; SILVA, G. G. da; MAIA, E. N.; MENEZES, J. B. Avaliação das tecnologias pós-colheita utilizadas e da qualidade de melões nobres produzidos para exportação. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, vol. 29, n.1, p. 214-218, 2009.

MOREIRA, M.; PONCE, A.; DEL VALLE, C.; ROURA, S. Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen, **LWT**, vol. 38 , p.565-570, 2005.

MOREIRA, Germano Eder Gadelha. **Obtenção e caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola**. 2007. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

MOREIRA, M. R.; ROURA, S.I.; PONCE, A. Effectiveness of chitosan edible coatings to improve microbiological and sensory quality of fresh cut broccoli. **Food Science & Technology**, v. 44, p. 2335-2341, 2011.

MORENO, M.; CASTELL-PEREZ, M.E.; GOMES, C.; DA SILVA, P.; MOREIRA, R.G. The effects of electron beam irradiation on physical, textural and microstructural properties of tomyto mangos (Mangifera indica L.). **Journal Food Science.**, v.71, n.2, E8, 2006.

MÜLLER, L.; GNOYKE, S.; POPKEN, A.N.; BÖHM, V. Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations. **Food Science and Technology**, v. 43 p. 992 a 999, 2010.

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.

NEGREIROS, M. Z.; COSTA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; LEITÃO, V. B. R. M. M.; BEZERRA NETO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO Rendimento e qualidade do melão sob lâminas de irrigação e cobertura do solo com filmes de polietileno de diferentes cores. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 773-779, 2005.

NICOLA, S.; FONTANA, E. **Postharvest Handling.** Capítulo 9: Fresh-cut produce quality: Implications for a systems approach. 3. ed. 2014. p. 217 a 273.

NO, H.K.; MEYERS, S.P.; PRINYAWIWATKUL, W, *et al.* Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. **J. Food Science**, vol.72, n.5, 2007.

OBANDA, M.; OWUOR, P.O. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, vol. 74, p. 209-215, 1997.

OLIVEIRA, A. C. de *et al.* Total phenolic content and free radical scavenging activities of methanolic extract powders of tropical fruit residues **Food Chemistry**, n. 15, v.1, p. 469-475, 2009.

OLIVEIRA, L. de S.; MOURA, C. F. H.; DE BRITO, E. S.; MAMEDE, R. V. S.; DE MIRANDA, M. R. A. Antioxidant Metabolism during Fruit Development of Different Acerola (*Malpighia emarginata* D.C) Clones. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 7957 a 7964, 2012.

OMS-OLIU, G; SOLIVAR-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.

PARILLO, M.; RICCARDI, G. Diet composition and the risk of type 2 diabetes: epidemiological and clinical evidence. **Brasilian Journal Nutrition**, v. 92, p. 7 a 19, 2004.

PAULA, H.C.B.; 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 *Moringa oleifera* Seeds. **Journal of applied Polymer Science**, v.124, p. 1778-1784, 2012.

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

PERDONES, A.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; CHIRALT, A.; VARGAS, M. Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, n. 70, p. 32 a 41, 2012.

PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J.K. Flesh quality and lycopene stability of fresh-cut watermelon. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, p. 159 a 166, 2004.

PETERSON, M.; HAGSTRÖM, J.; NILSON, K. Kinetics of release from karifin films. **Food Hydrocolloid**, v. 21, p. 1256, 2007.

PIZATO, S.; CORTEZ-VEJA, W.R.; PRETICE-HERNÁNDEZ, C.; BORGES, C.D. Effect of applying different edible coatings on conservation of minimally processed 'Royal Gala' apples. **Semina: ciências agrárias**, n. 1, v. 34, p. 253, 2013.

PRATT, H. K. Melons. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic, 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.

QIU, M.; JIANG, H.; REN, G.; HUANG, J.; WANG, X. Effect of chitosan coatings on postharvest green asparagus quality. **Carbohydrate polymers**, v. 92, p. 2027 a 2023, 2013.

RABEA, E. I.; EL BADAWY, M.; STEVENS, C. V.; SMAGGHE, G.; STEUBAUT, W. Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action. **Biomacromolecules**, vol. 4, n. 6, 1457–1465, 2003

RAJEDRAN, P.; NANDAKUMAR, N.; REGARAJAN, T.; PALANISWANI, R.; GNANAGHAS, E. N.; LAKSHMINARASIAH, U.; GOPAS, J.; NISHIGAKI, I. Antioxidants and Human Diseases. **Clinica Chimica Acta**, In Press, Manuscrito aceito. Disponível *online* 13 Junho 2014.

RAYBAUDI-MASSILIA, R.M., MOSQUEDA-MELGAR, J., SOLIVAR-FORTUNY, R. Control of Pathogenic and Spoilage Microorganisms in Fresh-cut Fruits and Fruit Juices by Traditional and Alternative Natural Antimicrobials. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety**, vol. 8, 2009.

RAYBAUDI-MASSILIA, R.M.; MOSQUEDA-MELGA, 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, 2008.

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

RESTUCCIA, D.; SPIZZIRRI, U.G.; PARISI, O.I.; CIRILLO, G.; CURCIO, M.; IEMMA, F.; PUOCI, F.; VINCI, G.; PICCI, N. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. **Food Control**, vol. 21, p. 1425-1435, 2010.

RIVERA-LOPEZ, J.; VAZQUEZ-ORTIZ, F. A.; AYALA-ZAVALA, J. F., SOTELO-MUNDO, R. R.; GONZALEZ-AGUILAR, G. A. Cutting shape and storage temperature affect overall quality of fresh-cut papaya cv. 'Maradol'. **Journal of Food Science**, v. 70, p. 482 a 489, 2005.

RODRÍGUEZ-NÚÑEZ, J. R.; MADERA-SANTANA, T. J.; SÁNCHEZ-MACHADO, D. I.; LÓPEZ-CERVANTES, J.; VADEZ, H. S. Chitosan/Hydrophilic plasticizer-based films: preparation, physicochemical and antimicrobial properties. **Journal Polym Environ**, n. 22, p. 41 a 51, 2014.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology**, vol. 20, p. 438-447, 2009.

ROJAS-GRAÜ, M.A.; TAPIA, M.S.; RODRÍGUEZ, F.J.; CARMONA, J.A; MARTÍN-BELLOSO, O. Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. **Food Hydrocolloids**, vol. 21, n.1,p. 118-127, 2007.

ROLLER, S.; COVILL, N. The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. **International Journal of Food Microbiology**, vol. 47, p. 66–77, 1999.

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).

RUFINO, M. do S. M.; ALVEZ, R. E.; BRITO, E.D. de; PREZ-JIMNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, 15, p. 996 a 1002, 2010.

SAFTNER, R.; ABOUT, J.A; LESTER, G; VINYARD, B. Sensorial and analytical comparison of orange-fleshed honeydew to cantaloupe and green-fleshed honeydew for fresh-cut chunks. **Postharvest Biol. Technol.** v. 42,p.150-160, 1992.

SAHOO, S. K.; PARVEEN, S.; PANDA, J. J. The present and future of nanotechnology in human health care. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine**, Oxford, v. 3, n. 1, p. 20-31, 2007.

SALLEH, N. A.; RASUL, G.; HASSAN, Z.; REEZAL, A.; ISA, S. H.; NISHIBUCHI, M. Incidence of *Salmonella* spp. in raw vegetables in Selangor, Malaysia. **Food Control**, vol. 14, p. 475-479, 2003.

SANCHO, A.L.; BARTOLOMÉ, B.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; WILLIAMSON, G.; FAULDS, C.B. Release of ferulic acid from cereal residues by barley enzymatic extracts. **Journal of Cereal Science**, v. 34, n. 2, p. 173 a 179, 2001.

SHAIJI, F; NACZK, M. **Food phenolics**: sources, chemistry, effects and applications. Lancaster: Technomic Publishing, p. 281-319, 1995.

SIES, H; STAHL, W. Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. **American Journal Clinic Nutrition**, v.62, n. 6, p. 1315 a 1321, 1995.

SANGSUWA, J.; NITHIJA, R.; PORNCHAI, R. Effect of chitosan/methyl cellulose films on microbial and quality characteristics of fresh-cut cantaloupe and pineapple. **Postharvest Biology and Technology**, vol.49, p. 403-410, 2008.

SANT'ANA, A. S.; LANDGRAF, M.; DESTRO, M. T.; FRANCO, B. D. G. M. Prevalence and counts of *Salmonella* spp. in minimally processed vegetables in Sao Paulo, Brazil. **Food Microbiology**, vol.28, p.1235-1237, 2011.

SANTOS, H. P. Influência da sanificação sobre a qualidade de melão amarelo minimamente processado. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2003, 80p.

SCHIEBER, A.; STINTZING, F. C; CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds—recent developments. **Trends Food Sci Technol.**, v.12, n.11, p.401–13, 2001.

SEATON, A.; DONALDSON, K. Nanoscience, nanotoxicology, and the need to think small. **Lancet**. v. 365, p. 923–924, 2005.

SEBRAE – Sistema Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Tendências do mercado de hortaliças minimamente processadas**. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/setor/horticultura/o-setor/processamento-minimo-de-hortalicas/producao-e-comercializacao/120-000-273-tendencias-do-mercado-de-hortalicas/BI_A_120000273>. Acesso em: 01 nov. 2012a.

SEBRAE – Sistema Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Brasil ainda não tem legislação específica para produtos minimamente processados (PMP)**. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/setor/horticultura/o-setor/processamento-minimo-de-hortalicas/o-que-e/120-001.240/BIA_120001240>. Acesso em: 28 out. 2012b.

SERRANO, M.D.; MARTÍNEZ-ROMERO; GUILLÉN, F.; VALVERDE, J.M.; ZAPATA, P.V.; CASTILLO, S.; VALERO, D. The addition to essential oils to MAP as tool to maintain the overall quality of fruits. **Trends in Food Science & Technology**, vol.19, n.9 , p. 464-471, 2008.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL - SENAR. **Cultivo de melão: manejo, colheita, pós-colheita e comercialização**. Brasília: SENAR, 2007. 104 p. (Coleção SENAR).

SHAHIDI, F.; HAN, X. Q. Encapsulation of food ingredients. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, New York, v. 33, n. 6, p. 501-547, 1993.

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

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

SOARES, M.; WELTER, L.; KUSKOSKI, E.M.; GONZAGA, L.; FETT, R. COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA CASCA DE UVAS NIÁGARA E ISABEL. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 1, p. 059-064, 2008

SOBRINHO, R. B.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. A. D.; TERÃO, D. Organizadores. **Produção Integrada de melão**, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2008, 338 p.

SOONG, Y. Y.; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v. 88, n. 3, p. 411–417, 2004.

SOUZA, Marcela Coelho de. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de diferentes progênies de açazeiro (Euterpe oleracea Mart)**. 2007. 124f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L.M.; SILVA, M.J.M da; LIMA, A.. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, Jun, 2011 .

STROHECKER, R.; HENNING, H.M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

SUN-WATERHOUSE, D.; WEN, I.; WIBISONO, R.; MELTON, L. D.; WADHWA, S. Evaluation of the extraction efficiency for polyphenol extracts from by-products of green kiwifruit juicing. **International Journal of Food Science & Technology**, v.44, n. 12, p. 2644–2652, 2009.

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**, vol.68, p. 408–420, 2003.

TAPIA, M.S., ROJAR-GRAÜ, M.A., CARMONA, A., RODRIGUEZ, F.J., SOLIVAR-FORTUNY, R.; MARTÍNEZ-BELLOSO, O. Use of alginate and gellan-based coatings for

improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. **Food Hydrocolloids**, vol. 22, p. 1493–1503, 2008.

TEWA-TAGNE, P.; BRIANÇON, S.; FESSI, H. Preparation of redispersible dry nanocapsules by means of spray-drying: Development and characterization. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, Oxford, v. 30, n. 2, p. 124-135, 2007.

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

TOMAZ, H. V. de Q.; AROUCHA, E. M. M.; NUNES, G. H. de S.; BEZERRA, N.; FRANCISCO, T.; HALEN, V. de Q.; QUEIROZ, R. F. Qualidade pós-colheita de diferentes híbridos de melão-amarelo armazenados sob refrigeração. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, 2009.

TRIGO, J. M.; ALBERTINI, S.; SPOTO, M. H. F.; SARMENTO, S.B.S.; REYES, A. E. L.; SARRIÉS, G. A. Effect of edible coatings on the preservation of fresh cut papayas. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas , vol. 15, n. 2, jun., 2012.

US FDA/CFSAN. 2007. **Inventory of GRAS notices: summary of all GRAS notices**. Disponível em: <<http://www.cfsah.fda.gov/rdb/opa-gras.html>>. Acessado em: 25 out. 2012.

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

VARGAS, P. F.; CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. O.; BRAZ, L. T. Quality of net melon (*Cucumis melo* L.) in function of the culture system. **Ciência agrotécnica**, v. 32, n. 1, p. 137 a 142, 2008.

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

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. **Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador**. *Food Chemistry*, n. 111, 816–823, 2008.

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

VITTI, M. C. D.; KLUGE, R. A.; GALLO, C. R.; SCHIAVINATO, M. A.; MORETTI, C. L.; JACOMINO, A. P. Aspectos fisiológicos e microbiológicos de beterraba minimamente processada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 1027-1032, 2004.

YAHIA, E.M. The contribution of fruit and vegetable consumption to human health.

Phytochemicals: Chemistry, nutritional and stability. Wiley-Blackwell, cap. 1, 2010.

YANG, B.; LIU, X.; GAO, Y. **Extraction optimization of bioactive compounds (crocin, geniposide and total phenolic compounds) from Gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis) fruits with response surface methodology**. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, n. 10, p. 610–615, 2009.

YANG, B.; JIANG, Y.; SHI, J.; CHEN, F.; ASHRAF, M. Extraction and pharmacological properties of bioactive compounds from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruit — A review. **Food Research International**, v. 44, p. 1837 a 1842, 2011.

WANG. S. Y.; GAO, H. Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzymesystem, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x aranassa* Duch.). **Food Science and Technology**, v.52, p. 71 a 79, 2013.

WERAKODY, R.; FAGAN, P.; KASARAJU, S.L. Chitosan microspheres for encapsulation of α -lipoic acid. *International Journal of Pharmaceutics*, n 357, p.213-218, 2008.

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. **Journal Agriculture Food Chemistry** v. 58, n. 3, p. 1732 a 1740, 2010.

ZADEMOWSKI, R.; NACZK, M.; NESTEROWICZ, J. Journal of Agricultural ad Food Chemistry, n.53, p. 2118 a 2124, 2005.

ŽNIDARČIČ, D.; ŠIRCELJ, H.; KACJAN MARŠIČ, N. The influence of temperature and storage time on cantaloupe melons physicochemical quality. **Italian Journal of Food Science**, v. 25, p. 459 a 464, 2013.