

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

LUANA CALIANDRA FREITAS DE CARVALHO

**OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÃO DE REVESTIMENTO
COMESTÍVEL PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA
DE GOIABA (*Psidium guajava*)**

SÃO CRISTÓVÃO/SE

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

LUANA CALIANDRA FREITAS DE CARVALHO

**OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÃO DE REVESTIMENTO
COMESTÍVEL PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA
DE GOIABA (*Psidium guajava*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. PATRÍCIA BELTRÃO LESSA CONSTANT

Co-orientador: Prof. Dr. MARCELO AUGUSTO GUTIERREZ CARNELOSSI

SÃO CRISTÓVÃO/SE

2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

C331o Carvalho, Luana Caliandra Freitas de
Otimização de formulação de revestimento comestível para
conservação pós-colheita de goiaba (*Psidium guajava*) / Luana
Caliandra Freitas de Carvalho ; orientadora Patrícia Beltrão Lessa
Constant. – São Cristóvão, 2019.
101 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)
– Universidade Federal de Sergipe, 2019.

1. Tecnologia de alimentos. 2. Frutas - Conservação. 3.
Goiaba. 4. Colheita. I. Constant, Patrícia Beltrão Lessa, orient. II.
Título.

CDU: 664.853:634.42

LUANA CALIANDRA FREITAS DE CARVALHO

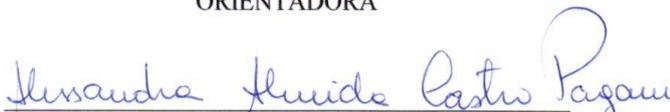
**OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÃO DE REVESTIMENTO
COMESTÍVEL PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE
GOIABA (*Psidium guajava*)**

Dissertação de mestrado aprovada no
Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos em
04 de FEVEREIRO de 2019.

BANCA EXAMINADORA



Profª. Dra. Patrícia Beltrão Lessa Constant/PROCTA-UFS
ORIENTADORA



Profª. Dra. Alessandra Almeida Castro Pagani/PROCTA-UFS
MEMBRO INTERNO



Prof. Dr. Danilo Santos Souza/NEAGROS-UFS
MEMBRO EXTERNO

São Cristóvão/SE

2019

AGRADECIMENTOS

À Deus por me guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar com as dificuldades.

Aos meus familiares, por torcerem por mim, pelo amor, incentivo e apoio incondicional, por acreditarem na minha capacidade. Em especial, aos meus pais e irmãos (Clázia e Narciso) que me apoiaram e acreditaram na minha capacidade.

Meu agradecimento mais profundo é dedicado a uma pessoa muito especial em minha vida, meu esposo e imensurável amor, Maycon Reis, por todo apoio, incentivo, compreensão e ajuda dispensado a mim. Pessoa pela qual tenho um grande apreço e foi fundamental para que eu conseguisse alcançar essa conquista.

Ao novo amigo Ricardo Andrade, pela colaboração, apoio, diligência.

As minhas grandes e valiosas amigas –irmãs: Ana, Maria e Clázia pelo apoio e incentivo.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos (PROCTA/UFS), pela oportunidade;

À orientadora e ao co-orientador pela confiança.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À todos que contribuíram de forma direta ou indireta para o desenvolvimento desse trabalho.

CARVALHO, L. C. F. Otimização de formulação de revestimento comestível para conservação pós-colheita de goiaba (*Psidium guajava*) [Dissertação]. São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe; 2019.

RESUMO

Os revestimentos comestíveis utilizando são uma das mais recentes alternativas para auxiliar na conservação dos alimentos. Possuem excelentes propriedades de barreira, principalmente ao transporte de gases e vapor de água, entre outros fatores que contribuem para manutenção da qualidade do fruto pós-colheita. A goiaba (*Psidium guajava*) é amplamente consumida *in natura*, contudo apresenta uma alta taxa respiratória amadurece rapidamente, entrando em senescência durante o armazenamento à temperatura ambiente. O presente trabalho tem como objetivo otimizar e aplicar a melhor formulação do revestimento comestível contendo alginato de sódio e glicerol como variáveis, empregando um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), considerando as respostas pós-colheita das goiabas durante o armazenamento. Com base neste planejamento fatorial, superfícies com curvas de respostas pós-colheita e análise de variância foram realizadas para avaliação dos efeitos e a significância dos modelos das variáveis alginato de sódio e glicerol gerados pelo programa Design-Expert® (Stat-Ease-EUA). A partir desses dados utilizando o programa Design-Expert® (Stat-Ease-EUA), foi possível otimizar as formulações do revestimento comestível, D-ótimo, obtendo concentrações de 2,65% de alginato de sódio e 0,36% de glicerol para o revestimento otimizado. Encontrada a formulação otimizada foram realizadas análises de vida de prateleira, permitindo avaliar o comportamento do revestimento aplicado ao fruto sobre as respostas pós-colheita após 25 dias de armazenamento a temperatura ambiente e UR de 80%. Observou-se diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste t, entre os frutos controle (Sem aplicação de revestimento) e os frutos do tratamento (Com aplicação do revestimento otimizado) nas principais repostas pós-colheita (PM, ATT, pH, SST, L*, a* e b*) avaliadas a partir do quinto dia de armazenamento. Para avaliação do revestimento foi realizada a análise do espectro UV-VIS comprovando a boa formação e estabilidade das nanopartículas e prata e extrato de cravo durante os dias: 1, 6 e 20 dias de armazenamento do revestimento. A espectroscopia de absorção atômica (FAAS) foi utilizada para determinação de prata na goiaba revestida, com resultado positivo de presença de prata apenas na casa da fruta, como já era esperado. Os resultados das análises físico e

físico-químicas para a formulação do revestimento otimizado foram eficientes no retardo do amadurecimento, durante os 25 dias armazenamento das goiabas a temperatura ambiente. O revestimento comestível desenvolvido nesta pesquisa mostrou-se apropriado, possibilitando o retardo na senescência e consequente expansão da vida pós-colheita de goiabas.

Palavras-Chave: Revestimento comestível, amadurecimento, DCCR.

ABSTRACT

The edible coatings used are one of the most recent alternatives to aid in the preservation of food. They have excellent barrier properties, mainly to the transport of gases and water vapor, among other factors that contribute to the maintenance of post-harvest fruit quality. Guava (*Psidium guajava*) is widely consumed in natura, yet has a high respiratory rate, maturing rapidly, senescence during storage at room temperature. The present work aims to optimize and apply the best formulation of the edible coating containing sodium alginate and glycerol as variables, using a Rotational Central Compound Design (DCCR), considering post-harvest responses of guavas during storage. Based on this factorial design, surfaces with post-harvest response curves and analysis of variance were performed to evaluate the effects and significance of the models of sodium and glycerol alginate generated by the Design-Expert® program (Stat-Ease-USA) . From these data using the Design-Expert® program (Stat-Ease-USA), it was possible to optimize the formulations of the edible coating, D-optimum, obtaining concentrations of 2.65% of sodium alginate and 0.36% of glycerol for the optimized coating. In the optimized formulation, shelf life analyzes were performed, allowing the evaluation of the coating behavior applied to the fruit on post-harvest responses after 25 days storage at room temperature and UR 80%. A significant difference was observed at 5% probability by the t-test between the control fruits (No coating application) and the treatment fruits (with optimized coating application) in the main post-harvest responses (PM, ATT, pH, SST , L*, a* and b*) evaluated from the fifth day of storage. To evaluate the coating, UV-VIS spectroscopy was performed, confirming the good formation and stability of the nanoparticles and silver and clove extract during the days: 1, 6 and 20 days of coating storage. Atomic absorption spectroscopy (FAAS) was used to determine silver in guava coated, with a positive result of presence of silver only in the fruit house, as expected. The results of the physical and physico-chemical analyzes for the optimized coating formulation were efficient in delaying maturation during the 25 days storage of the guavas at room temperature. The edible coating developed in this research proved to

be appropriate, allowing the senescence challenge and consequent expansion of post-harvest life of guavas.

Key words: Edible coating, ripening, DCCR.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Resumo dos usos atuais da nanotecnologia na indústria de alimentos.....	26
TABELA 2: Principais hidrocolóides utilizados para a formação de películas e revestimentos comestíveis.....	34
TABELA 3. Fatores e níveis experimentais utilizados na otimização das respostas pós-colheita da goiaba.....	45
TABELA 4. Planejamento experimental DCCR, valores codificados e originais das variáveis de estudo (Alginato de Sódio e Glicerol).....	46
TABELA 5 - Delineamento composto central rotacional (DCCR 2 ²) com as combinações dos fatores relacionados a formulação dos revestimentos (% de Alginato e % de Glicerol) e as respectivas repostas (valores médios) pós colheita das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.....	52
TABELA 6 - Delineamento composto central rotacional (DCCR 2 ²) com as combinações dos fatores relacionados a formulação dos revestimentos (% de Alginato e % de Glicerol) e as respectivas repostas das coordenadas de cor (valores médios) das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.....	56
TABELA 7 - Delineamento composto central rotacional (DCCR 2 ²) com as combinações dos fatores relacionados a formulação dos revestimentos (% de Alginato e % de Glicerol) e as respectivas repostas das coordenadas de cor (valores médios) das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.....	58
TABELA 8. Valores Preditos (D-Ótimo) pelo programa Designer Expert 7.0 considerando o DCCR 2 ² e todas as 10 repostas pós colheita da Goiaba após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.....	60
TABELA 9. Concentração de Alginato e Glicerol (D-Ótimo) gerado pelo programa Designer Expert® através das 10 repostas pós-colheita das Goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.....	61

TABELA 10. Valores Preditos (D-Ótimo) pelo programa Designer Expert 7.0 considerando o DCCR 2 ² e todas as 10 repostas pós colheita da Goiaba após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.....	61
TABELA 11. Valores médios de Perda de Massa (PM %), pH, Acidez Total Titulável (ATT - % de ácido cítrico) e Sólidos Solúveis Totais (BRIX) das goiabas revestidas (T) e não revestidas (C) ao longo do armazenamento.....	62
TABELA 12. Equações ajustadas aos valores experimentais de Perda de Massa (PM), pH, Acidez Total Titulável (ATT - % de ácido cítrico) e Sólidos Solúveis Totais (°Brix) das goiabas revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R ²).....	69
TABELA 13. Valores médios de cor, coordenadas (L*, a* e b*), das goiabas revestidas (T) e não revestidas (C) ao longo do armazenamento.....	70
TABELA 14. Valores médios de cor (Croma, ângulo Hue* e Esbranquiçamento) das goiabas revestidas (T) e não revestidas (C) ao longo do armazenamento.....	71
TABELA 15. Equações ajustadas aos valores experimentais de cor, coordenadas (L*, a* e b*), das goiabas revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R ²).....	75
TABELA 16. Equações ajustadas aos valores experimentais de cor (Croma, ângulo Hue* e Esbranquiçamento) das goiabas revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R ²).....	76
TABELA 17. Dados da espectrometria de absorção atômica em chama (FAAS) da casca, polpa e semente de goiabas tratadas com revestimento comestível contendo alginato, glicerol, nanopartícula de prata e extrato de cravo.....	80

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1: Estrutura do revestimento comestível. Fonte: Salgado, 2015.....	15
FIGURA 2: Ilustração de revestimento comestível para retardar a deterioração da qualidade pós-colheita de produtos frescos. Fonte: Yanyun , 2018.....	16
FIGURA 3: Processo de transferência de massa em revestimentos comestíveis. Fonte: salgado, 2015.....	24
FIGURA 4 Características estruturais dos alginatos: (a) monômeros de alginatos, (b) conformação de cadeias, (c) distribuição de blocos. Fonte: Draget e Taylor 2011.....	35
FIGURA 5. Formação de “caixa de ovos” durante a gelificação de alginato. Fonte: Schnepf et al, 2010.....	37
FIGURA 6. Interações intermoleculares e intramoleculares de cátions de alginato e metal, Fonte: Hassan et al, 2013.....	37
FIGURA 7. Dois métodos de preparação de gel: configuração de difusão (a). Fonte: Juarez et al, 2014. Ambiente interno (b). Fonte: Tumarkin & Kumacheva, 2009.....	39
FIGURA 8. Sólido de cores do sistema CIE $L^*a^*b^*$ e descrição do ângulo hue (h^*) e do índice de saturação cromática (C^*).....	49
FIGURA 9. Curvas de Superfície de Resposta com as combinações dos fatores relacionados a formulação dos revestimentos (% de Alginato e % de Glicerol) e as respectivas repostas pós colheita (Perda de Massa, pH, Acidez Total Titulável e Sólidos Solúveis Totais) das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente...54	54
FIGURA 10. Curvas de Superfície de Resposta com as combinações dos fatores relacionados a formulação dos revestimentos (% de Alginato e % de Glicerol) e as respectivas repostas pós colheita das coordenadas de cor (L^* , a^* e b^*) das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.....	57
FIGURA 11. Curvas de Superfície de Resposta com as combinações dos fatores relacionados a formulação dos revestimentos (% de Alginato e % de Glicerol) e as respectivas repostas pós colheita das coordenadas de cor (Croma, Hue e	

Esbranquiçamento) das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.....	59
FIGURA 12. Valores observados e estimados de perda de massa das goiabas ao longo do armazenamento.....	63
FIGURA 13. Valores observados e estimados de pH das goiabas ao longo do armazenamento.....	65
FIGURA 14. Valores observados e estimados de Acidez Total Titulável (ATT) das goiabas ao longo do armazenamento.....	66
FIGURA 15. Valores observados e estimados de Sólidos Solúveis Totais (°Brix) das goiabas ao longo do armazenamento.....	67
FIGURA 16. Valores observados e estimados de cor, coordenadas (L*, a* e b*), das goiabas ao longo do armazenamento.....	72
FIGURA 17. Valores observados e estimados de cor (Croma, ângulo Hue* e Esbranquiçamento) das goiabas ao longo do armazenamento.....	74
FIGURA 18. Espectro de UV-Vis do extrato de cravo.....	77
FIGURA 19. Imagem das solução aquosa de nitrato de prata ao extrato de cravo durante a formação da Nanopartícula.....	77
FIGURA 20. Espectro de UV-Vis da estabilidade das nanopartículas de prata obtidas por meio do extrato de cravo.....	78

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. GOIABA	13
2.2. REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS	15
2.3. FINALIDADE E VANTAGENS DO USO.....	17
2.4. FILMES E REVESTIMENTOS ATIVOS PARA EMBALAGENS DE ALIMENTOS	19
2.5. PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO REVESTIMENTO COMESTÍVEL PARA PRODUTOS FRESCOS	20
2.6. MATERIAIS PARA FORMAR REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS PARA PRODUTOS FRESCOS	22
2.7. PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA ENVOLVIDOS EM REVESTIMENTOS.....	24
2.8. NANOTECNOLOGIA	25
2.8.1. Nanopartículas de Prata como nova geração de Antimicrobianos.....	29
2.8.2. Utilização da Nanotecnologia para proteção contra deterioração biológica.....	30
2.8.3. Mecanismo Antimicrobiano do Extrato de Cravo	32
2.9. ALGINATO	33
2.10. AGENTES PLASTIFICANTES.....	40
2.11. AGENTES ANTIMICROBIANOS.....	41
2.12. AGENTES ANTIOXIDANTES	43
3. OBJETIVOS.....	44
3.1. OBJETIVO GERAL	44
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFIVOS	44
3. MATERIAL E MÉTODOS	45
4.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	45
4.2. OBTENÇÃO E PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA	47
4.3. PREPARAÇÃO DO REVESTIMENTO.....	47
4.3.1 Produção das Nanopartículas de Prata.....	47
4.3.2. Produção de Extrato de Cravo	48
4.3.3. Preparação da Solução de Revestimento	48
4.3.4. Aplicação da Solução de Revestimento e Montagem dos Ensaios.....	48

4.3.5 Armazenamento e amostragem.....	49
4.4. ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS.....	49
4.4.1. Perda de Massa (PM).....	49
4.4.2. Análise objetiva da cor	49
4.4.2. Sólidos Solúveis (SS), pH e acidez Titulável (AT).....	50
4.4.3. Espectroscopia de absorção molecular no UV –Vis	50
4.4.4. Espectroscopia de Absorção Atômica - FAAS	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1. OTIMIZAÇÃO DA FORMULAÇÃO DO REVESTIMENTO COMÉSTIVEL COM RELAÇÃO AS RESPOSTAS PÓS COLHEITA DA GOIABA.....	52
4.1.1. Validação do D-Ótimo.....	60
4.2. ANÁLISES DE VIDA DE PRATELEIRA DAS GOIABAS CONSIDERANDO O D-ÓTIMO.....	62
4.3. ESPECTRO UV-VIS	76
4.4. ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA - FAAS	79
5. CONCLUSÃO	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	102

1. INTRODUÇÃO

O consumo *in natura* de goiaba (*Psidium guajava L.*) se justifica pelo seu valor nutritivo como fonte de vitamina C, fibras, minerais, sabor e aroma. Por ser um fruto climatérico e de intensa atividade metabólica, seu amadurecimento e senescência se dá em torno de 5 a 8 dias após a colheita. Essa característica acaba resultando em períodos muito curtos para comercialização, já chegando ao mercado um fruto pouco atraente.

Ultimamente, com o avanço tecnológico, foram desenvolvidas embalagens compostas por materiais que não apenas protegem o alimento, como interagem com o produto e com o meio ambiente, conservando melhor as funções e a qualidade do produto. Estas embalagens atuam como uma barreira semipermeável a gases, reduzindo a respiração, a produção de etileno e a transpiração dos frutos, retardando assim o processo de senescência. Entre os materiais utilizados com este propósito, encontram-se os filmes plásticos, as coberturas e filmes comestíveis aplicadas na superfície dos produtos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Novas técnicas utilizadas para controlar as taxas metabólicas dos frutos, elevar o tempo de vida de frutas, processadas ou não, é o emprego do revestimento comestível, para proteger alimentos e evitar a perda de umidade. Trabalhos recentes têm explorado o uso de alginato, glicerol para aumentar a conservação pós-coleita de frutos. Há relatos do uso de alginato em goiabas minimamente processadas (CENCI 2011), uva (ARDAKANI et al, 2010), maracujá (ALVES et al, 2010), goiaba (CERQUEIRA et al, 2011), pêssego (MAFTOONAZAD et al, 2008), moango (FAN et al, 2009), cereja (DÌAZ-MULA et al, 2011), além do amplo uso deste biopolímero na conservação de produtos minimamente processados. Um dos sistemas promissores para a melhoria das características de revestimentos é a incorporação de nanoestruturas aos mesmos. A prata é amplamente conhecida pelo seu efeito bactericida, sendo esta característica de suma importância, considerando o crescimento microbiano na superfície dos alimentos a causa mais comum de sua deteriorização. (LKHAGVAJAV et al, 2011).

A incorporação de agentes antimicrobianos nos revestimentos comestíveis atua como um fator de estresse para diminuir o crescimento do patógeno e proteger os alimentos contra a flora deteriorante. Portanto, a demanda dos consumidores por conservantes naturais e saudáveis é causada por compostos geralmente reconhecidos como seguros (GRAS) (CAMPOS et al, 2011). O uso do extrato de cravo para as

formulações do revestimento contribuiu para prolongar a vida útil do fruto armazenado à temperatura ambiente.

Tendo em vista a dificuldade em trabalhar com frutos pós-colheita devido à variabilidade em relação à época de colheita, índices de maturidade que pode ser afetada pelas diferenças existentes na taxa de desenvolvimento e de maturação de plantas individuais, ou de órgãos, numa mesma planta. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a colheita no estágio próprio de maturidade é essencial para a obtenção de produtos com ótima qualidade e com manutenção da mesma na fase pós-colheita, sendo decisivo para o prolongamento da vida de prateleira ou em relação ao potencial de armazenamento.

Diversos planejamentos experimentais têm sido utilizados para experimento de pós-colheita de frutos, contudo o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) não é muito explorado para esse fim, sendo essa uma ferramenta amplamente utilizada para o planejamento, execução e obtenção de informação sobre experimentos que visam a otimização de componentes e processos. É empregado para determinar a influência de variáveis no processo de produção, desenvolvimento de formulações e, dessa forma, monitorá-las e otimizá-las. Esse planejamento experimental de formulações acarreta em diminuição do número de experimentos e conseqüentemente do tempo despendido.

Dentro deste contexto pesquisas que visam o desenvolvimento de um revestimento comestível composto por: alginato de sódio e glicerol para conservação de frutos climatéricos torna-se uma alternativa viável. O alginato por apresentar propriedades funcionais, espessamento, estabilização, suspensão, formação de filme, produção de gel e estabilização de emulsão. Levando em consideração a tendência mundial de preferência dos consumidores por alimentos sem defensivos agrícolas, o alginato, é um polissacarídeo biodegradável de baixo custo e ser atóxico vem sendo estudado como componente de revestimento comestível aplicados em frutas com a finalidade de prolongar o armazenamento.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho otimizar e aplicar a melhor formulação do revestimento comestível contendo alginato de sódio e glicerol como variáveis, empregando um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) considerando as respostas pós-colheita (perda de massa, acidez total titulável, pH, sólidos solúveis totais e cor) das goiabas durante o armazenamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. GOIABA

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) da família Myrtaceae originária da América Central e do Sul, é uma cultura muito resistente, que tolera altas temperaturas e seca, principalmente na região do semiárido (FORATO et al, 2015), apresenta uma produção satisfatória durante todo o ano, sendo bastante popular devido à sua disponibilidade. Produz frutos doces e saborosos, com elevados valores nutricionais e medicinais, preço acessível e de fácil comercialização, tendo uma boa aceitação dos consumidores (NIMISHA et al, 2013).

Apresentam o segundo maior teor de ácido ascórbico (vitamina C) de todas as frutas pertencentes a sua família. Devido ao seu valor nutricional, podem ser obtidos vários produtos através do seu processamento, tais como: fatias enlatadas, concentrados, desidratados, geleias, sucos, néctares, purês e xaropes (PATIL et al, 2014). Entretanto a goiaba também é amplamente consumida *in natura*, contudo, como apresenta uma alta taxa respiratória amadurece rapidamente, entrando em senescência durante o armazenamento à temperatura ambiente (HONG et al, 2012; VISHWASRAO & ANANTHANARAYAN, 2016).

A goiabeira é uma cultura de grande importância econômica, principalmente para as regiões tropicais e subtropicais do mundo. Seu maior produtor mundial é a Índia, com produção de 3,7 milhões de toneladas em 2014. Além da Índia, países como o Paquistão, o México e o Brasil também se destacam no cultivo desse fruto (GILL et al, 2016).

No Brasil, a produção de goiaba aumentou em 24% entre os anos de 2009 e 2014 atingindo 359.349 ton. Em 2014, o Sudeste, somente, foi responsável por 47,5% da produção brasileira, sendo o estado de São Paulo o principal produtor da região (78,5%) com área plantada de 4.435 ha (IBGE, 2015).

Os frutos, em geral, podem ser classificados de acordo com seu comportamento respiratório em climatéricos ou não-climatéricos. Os frutos com padrão respiratório climatérico apresentam um pico na produção de CO₂ e de etileno durante o processo de amadurecimento, enquanto que os frutos não-climatéricos apresentam um declínio gradual da respiração e baixa produção de etileno, permanecendo em níveis basais durante toda sua vida pós-colheita (PORAT et al, 2009).

A taxa respiratória está fortemente correlacionada à vida útil pós-colheita dos frutos. Os frutos não-climatéricos necessitam permanecer na planta até atingirem completo amadurecimento, ou seja, até que eles adquiram as características sensoriais ideais para o consumo. No caso da goiaba (KRISHNA; RAO, 2014), tomate (PATARO et al, 2015) e maçã (ASSIS; BRITO, 2014) como são frutos climatéricos, eles podem ser colhidos assim que atingirem o estado de maturidade fisiológica, pois estes apresentam a capacidade de amadurecer mesmo após a colheita.

O etileno consiste no principal hormônio responsável pelas mudanças fisiológicas e bioquímicas que ocorrem durante o amadurecimento dos frutos climatéricos (PORAT et al, 2009). A diferença no padrão climatérico ocorre porque os frutos apresentam dois tipos de sistema responsáveis pela biossíntese de etileno (McMURCHIE et al, 1972). O sistema 1 é caracterizado pela baixa produção de etileno e autoinibição, correspondendo a liberação que ocorre em frutos não-climatéricos e no pré-climatério de frutos climatéricos, estando associado às respostas de defesa. No sistema 2, há produção elevada e autocatalítica do hormônio, ou seja, o etileno se liga aos seus receptores estimulando a produção de mais etileno. Esse segundo sistema é o que predomina no amadurecimento de frutos climatéricos (LIU et al, 2012).

Por se tratar de uma fruta frágil, a comercialização da goiaba ainda está restrita aos mercados locais, em sua produção ainda são utilizadas técnicas de manuseio e transporte inadequadas, bem como a aplicação de práticas de manipulação pós-colheita deficientes, o que acarreta várias alterações na composição da fruta, nomeadamente, danos físicos e podridões.

Atualmente, um dos grandes desafios da fruticultura brasileira é a preservação da qualidade da fruta após a colheita. A crescente procura para exportação e mercado interno, fato que o aumento da produção não tem sido suficiente, implica na necessidade de investimento em tecnologias na cadeia produtiva visando minimizar as perdas pós-colheita (RANA et al, 2015; BOTELHO et al, 2016).

Diante desse cenário, há a necessidade da adoção de técnicas que mantenham e prolonguem a vida pós-colheita dos frutos. Existem diferentes técnicas para a manutenção da qualidade de frutas e hortaliças, dentre as quais destacam-se a aplicação de revestimentos poliméricos, refrigeração, atmosfera modificada e controlada, irradiação, dentre outros (ALMEIDA, 2010; LI et al, 2018).

2.2. REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS

Revestimentos comestíveis têm sido usados há séculos para proteger alimentos e evitar a perda de umidade. Essas práticas tem sido aceitas, contribuindo para a preservação do fruto (KERRY J; 2008 apud SALGADO, et al, 2015). Alguns registros indicam que frutas cítricas já foram encerados na China no século XII, e mais tarde banha ou gorduras foram usadas para prolongar a vida útil da carne produtos em Inglaterra. No início a meados do século XX, revestimentos foram usados para evitar a perda de água e brilho para frutas e legumes, como invólucros para salsichas, e como uma espécie de revestimento açucarado em confeitos, incluindo chocolate. E desde essas simples tentativas iniciais aplicações de revestimentos de alimentos foram refinados (ORTIZ et al,2014 apud SALGADO, et al, 2015).

Quando um material de embalagem, como um filme, uma camada fina ou revestimento, é uma parte integrante de um alimento e pode ser ingerido com a fruta, qualifica como embalagem "comestível". Revestimentos são aplicado ou formado diretamente em alimentos, enquanto filmes são estruturas auto-sustentadas que podem ser usadas para embalar produtos alimentícios. Eles podem estar localizados na superfície dos alimentos ou entre diferentes componentes de um produto alimentar (Figura 1) (GUILBERT S et al, 2005 apud SALGADO, et.al, 2015).

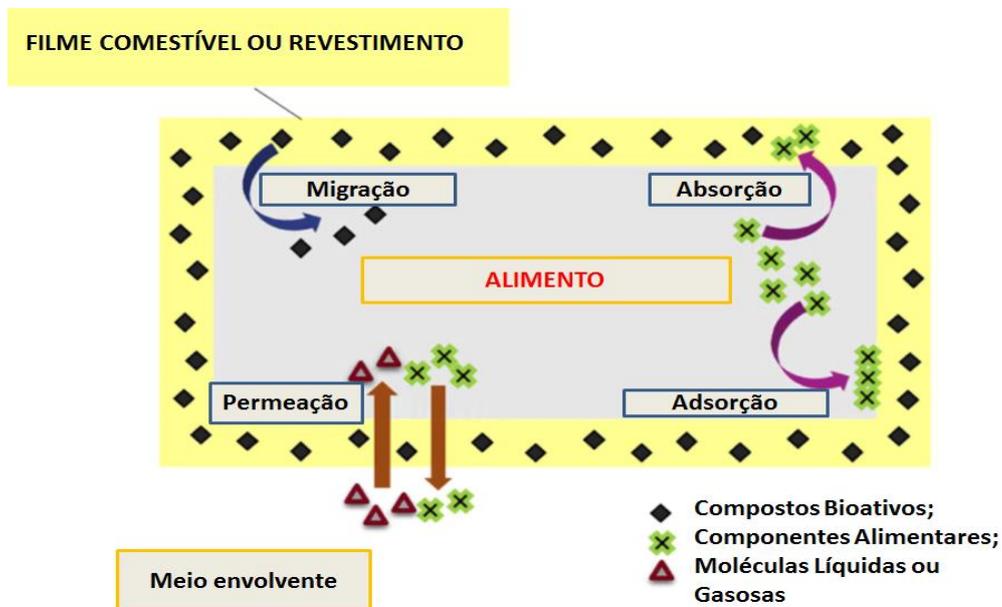


FIGURA 1: Estrutura do revestimento comestível. Fonte: Salgado, 2015.

Filmes e revestimentos comestíveis devem ser produzidos principalmente por biopolímeros comestíveis e aditivos alimentares. Eles devem ser seguro sob as condições de uso pretendido e aplicado de acordo com as boas práticas de fabricação (BPF'S). Nos EUA, os materiais seguros para alimentos devem ter aprovação da *Food and Drug Administration*, ou pelo menos adquirir o status GRAS (SOTHORNVIT R et al, 2005 apud SALGADO, et al, 2015).

Estes materiais aumentam a qualidade dos produtos alimentares protegendo-os das agressões físicas, químicas e biológicas deterioração, o que resulta em uma vida útil estendida e melhor segurança. As funções mais comuns de filmes comestíveis e revestimentos estão descritos na Figura 2.

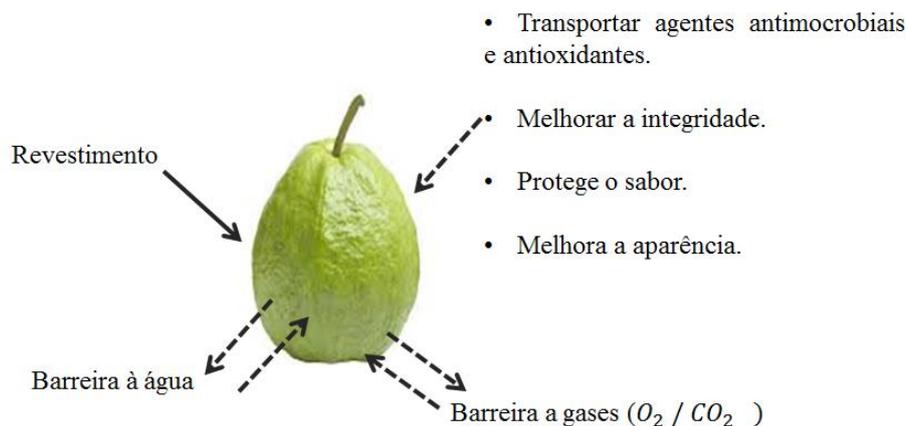


FIGURA 2: Ilustração de revestimento comestível para retardar a deterioração da qualidade pós-colheita de produtos frescos. Fonte: Yanyun , 2018.

Eles devem agir como barreiras contra gases ou vapores, óleos e solutos, fornecer proteção estrutural para evitar danos mecânicos durante o transporte, manuseio e exibição, e proteger os alimentos contra a oxidação, crescimento microbiano e outras reações químicas. Eles também poderiam ser usados para melhorar as características visuais e táteis dos produtos alimentares e para substâncias ativas, tais como antioxidantes, antimicrobianos, nutracêuticos, cores e sabores (HAN et al,2014 apud SALGADO, et al, 2015).

Filmes e revestimentos comestíveis também são biodegradáveis, significa que pode ser completamente degradado por microorganismos em um processo de compostagem, em última análise, apenas para o dióxido de carbono, água, metano e

alguns resíduos de biomassa (REDDY et al;2013 apud SALGADO, et al, 2015). O desafio para aplicação de filmes e revestimentos biodegradáveis para embalagens e outros usos é que eles devem cumprir sua função com segurança efetivamente durante o tempo requerido e somente após o uso funcional pretendido ser descartado sem causar danos ao meio ambiente devido aos seus componentes biodegradáveis. Seu uso em aplicações específicas – especialmente de vida útil curta, como embalagem de alimentos ou usos da agricultura - poderia contribuir para resolver problemas ambientais causados pelo acúmulo de materiais sintéticos renováveis e não biodegradáveis (derivado principalmente do petróleo), amplamente utilizado (SONG et al, 2014 apud SALGADO, et al, 2015).

Então, como eles podem ser considerados uma embalagem e um alimento componentes, filmes comestíveis e revestimentos têm que cumprir requisitos específicos: (i) bons atributos sensoriais, (ii) alta barreira e propriedades mecânicas, (iii) bioquímico, estabilidade físico-química e microbiana, (iv) não-toxicidade e segurança, (v) natureza não poluente, (vi) tecnologia simples e (vii) baixa matéria-prima e custo de processamento (DAINELLI, BRODY et al,2011 apud SALGADO, et al, 2015).

2.3. FINALIDADE E VANTAGENS DO USO

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a aplicação de revestimento superficial no produto hortícola requer o conhecimento do material utilizado e do seu modo de degradação, bem como o conhecimento da fisiologia e do metabolismo do produto vegetal, Visa notadamente às seguintes funções:

- Controle da transferência de umidade do produto para o ambiente.
- Controle de trocas gasosas entre o produto e o ambiente.
- Controle da entrada de O_2 no produto.
- Retenção de aditivos químicos na superfície do produto

Na aplicação de revestimento sobre frutas ou hortaliças frescas, é desejável que eles atuem como uma barreira contra a perda de umidade, porém, devem apresentar certa permeabilidade ao O_2 e ao CO_2 para evitar condições de anaerobiose e danos fisiológicos. Portanto, o revestimento deve reduzir a respiração e a produção de etileno pelo produto, além de carrear aditivos químicos que auxiliam na manutenção da qualidade e que reduzem a deterioração por microrganismos.

As formulações possibilitam a obtenção de propriedades funcionais específicas, entre as quais são consideradas como de maior interesse:

- Barreira à umidade, solutos e gases;
- Solubilidade em lípideos ou em água;
- Cor e aparência adequadas;
- Características mecânicas e reológicas adequadas,
- Ausência de toxicidade

As propriedades e características finais dos biofilmes e coberturas dependem dos constituintes utilizados em sua formulação, do processo de obtenção (envolve etapas como precipitação, geleificação, entre outras) e da forma de aplicação no produto.

A aplicação de filmes e coberturas tem uso muito promissor no mercado mundial, pelas numerosas vantagens que apresentam, notadamente nos seguintes aspectos:

- São biodegradáveis, sendo consumidos como parte do produto, com redução na poluição ambiental,
- Apresentam custo e conveniência de uso vantajoso em relação aos sistemas convencionais de embalagem.
- Podem ser incorporados com aditivos que melhoram as propriedades sensoriais e nutricionais, com segurança no uso.
- Retardam a perda d'água e a desidratação dos produtos hortícolas, o que resulta em produtos túrgidos e comercializáveis por períodos mais longos de tempos. Portanto, previnem ou reduzem a perda de massa e o murchamento em produtos frescos.
- Criam uma atmosfera modificada interna no produto, reduzindo a atividade respiratória com manutenção dos atributos sensoriais e aumentando a vida de prateleira. No entanto, a permeabilidade do filme a gases deve ser suficiente para evitar condições de anaerobiose, responsável pelo desenvolvimento de sabor e aroma desagradáveis e pela deterioração do produto. As ceras são mais permeáveis a gases que as resinas ou outros materiais.
- Uso de coberturas em produtos imaturos retarda o amadurecimento e, portanto, aumenta a vida útil, sem afetar a qualidade.

- Podem também reduzir a incidência de doenças, principalmente se aplicada em conjunto com fungicidas.
- Reduzem a abrasão superficial durante o manuseio de frutas e hortaliças frescas, bem como as doenças por infecção nos locais onde ocorreram danos físicos.
- O brilho superficial aumenta com o uso de ceras, resinas ou misturas, bem como pelo uso de óleos, o que melhora a aparência. O enceramento de batatas, por exemplo, com cera de parafina, reduz o brotamento, a síntese de clorofila e de solanina (glicoalcalóide tóxico), sem afetar a respiração.
- Em produtos verdes, as coberturas podem ser usadas para evitar o desverdecimento, pelo retardo na hidrólise de clorofila.

2.4. FILMES E REVESTIMENTOS ATIVOS PARA EMBALAGENS DE ALIMENTOS

Tradicionalmente, o revestimento deveria agir puramente como uma barreira de sistemas alimentares para isolá-lo do exterior, permanecendo inerte em direção ao alimento embalado. Nas duas últimas décadas, tecnologia de embalagem de alimentos tem sido evoluído continuamente em resposta a desafios crescentes da sociedade moderna (REALINI et al, 2014 apud SALGADO, et al, 2015). Esses desafios incluem alimentos mais seguros e saudáveis, maior prazo de validade, conveniência, mercados globais, legislação, autenticidade, desperdício de alimentos e preocupações ambientais (NUR et al, 2014 apud SALGADO, et al, 2015). A embalagem ativa é uma das tecnologias mais dinâmicas usadas para preservar alimentos. Isto interage positivamente com produto e ambiente para estender o prazo de validade dos alimentos ou para melhorar a sua segurança ou propriedades, mantendo sua qualidade (NUR et al, 2014 e RESTUCCIA et al, 2010) Estes tipos de embalagem baseiam sua atividade nas propriedades intrínsecas do polímero ou nas propriedades de aditivos específicos que são incorporado nos sistemas de embalagem (DAINELLI D et al, 2008 e RESTUCCIA et al, 2010).

Embalagem atualmente ativa envolvem os sistemas: oxigênio, dióxido de carbono, etileno e sabores de limpeza / adsorventes, absorção de umidade, carbono dióxido de carbono, dióxido de enxofre, etanol e geração de aromas, e finalmente sistemas antimicrobianos e antioxidantes (HAN et al, 2014, MCCLEMENTS, CUTTER, 2015). Assim, o desenvolvimento de materiais de embalagem ativos

expandiu a tentativa de fornecer respostas para problemas e procurar novas oportunidades de mercado.

A natureza dos agentes ativos pode ser diversa, incluindo ácidos orgânicos, enzimas, bacteriocinas, fungicidas, extratos, íons, etanol, polifenóis e hidrolisados protéicos. Atualmente, existe um interesse renovado no uso de aditivos naturais, em vez daqueles de origem sintética - por vezes associada a certos riscos para a saúde (SALGADO et al, 2011, SHAHIDI et al, 2010). Até mesmo alguns resíduos ou subprodutos agroindustriais, como os derivados do processamento de frutas e vegetais, ou indústrias de vinho, cerveja, laticínios e carnes, fornecem fontes econômicas de compostos ativos potentes, tais como óleos essenciais, extratos, polifenóis, antocianinas, pigmentos, peptídeos, etc., que poderiam substituir os conservantes sintéticos (BALASUNDRAM 2006; SANCHES et al, 2014).

Além disso, a técnica de processamento do material de embalagem deve ser selecionada considerando as características dos agentes ativos, especialmente sua resistência ao calor e sua ação mecanismo, para evitar os danos nestes compostos durante o processamento e garantir a atividade da embalagem.

Eventualmente, alguns aditivos, capazes de detectar, detectar ou gravar alterações internas ou externas no ambiente do produto foram utilizados para desenvolver "embalagem inteligente". Sua função é informar o fabricante, varejista e consumidor sobre as propriedades atuais de alimentos ou para registrar aspectos de sua história. As embalagens inteligentes inicialmente foram usadas como indicador de amadurecimento possibilitando que o consumidor adquira os frutos no estágio de maturação ideal para o consumo e evita a manipulação excessiva dos frutos, com conseqüente redução nas perdas pós-colheita. (ABDOLLAHI et.al, 2012, MELLINAS et.al,2015).

2.5. PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO REVESTIMENTO COMESTÍVEL PARA PRODUTOS FRESCOS

Durante o transporte e armazenamento pós-colheita, os produtos frescos (frutas e legumes) passam por deteriorações de qualidade com várias reações fisiológicas, como respiração pós-colheita, amadurecimento, produção de etileno e senescência. Estas reações são diretamente associadas ao ambiente circundante, incluindo temperatura, oxigênio, umidade e luz. Dependendo da natureza fisiológica, composição química e

estrutura superficial das frutas e vegetais, essas reações pós-colheita podem levar à perda de água, textura, cor e nutrientes do produto. Entretanto, o crescimento microbiano pode ocorrer, especialmente naqueles produtos altamente perecíveis.

Embora o armazenamento de refrigeração tenha sido o método mais eficaz e facilmente controlável de extensão da vida de prateleira de produtos frescos, por si só não é suficiente. Portanto, outras abordagens e estratégias foram estudadas e desenvolvidas para atingir os objetivos. Entre eles, a tecnologia de revestimento comestível tem sido aplicada de forma ampla e bem-sucedida como uma tecnologia de pós-colheita econômica e ambientalmente amigável para frutas e legumes frescos.

Tecnologia de revestimento comestível é criar uma camada fina seca de materiais comestíveis na superfície dos alimentos. Esta camada comestível gera uma atmosfera modificada, criando uma barreira semipermeável contra o oxigênio, dióxido de carbono, umidade e movimento do soluto, controlando assim as trocas de umidade, gases e solutos com o meio ambiente. Os revestimentos também podem fornecer aparência (brilho) nas superfícies dos alimentos, e tem propriedades antimicrobianas e antioxidantes dependendo da formulação de materiais de revestimento. Ao aplicar revestimentos comestíveis na superfície de produtos frescos (Figura. 2), ele poderia fornecer as seguintes funções:

- Atrasar a deterioração da qualidade e prolongar o prazo de validade dos produtos.
- Proporcionar uma barreira semipermeável contra umidade e oxigênio, criando assim uma baixa atmosfera controlada de O_2 e CO_2 para atrasar o amadurecimento e a senescência.
- Fornecer efeitos antimicrobianos e antioxidantes para prevenir ou retardar o crescimento de microorganismos
- Controle a perda de compostos de sabor voláteis e evite a captação de odores estranhos.

Segundo Deng et al, (2017), para desenvolver um revestimento comestível eficaz e fornecer uma barreira apropriada da água e do gás, hidrofobicidade, umidade e ser um atrativo de qualidade para frutas e vegetais frescos, diversos fatores-chave devem ser considerados no projeto do sistema indicado abaixo:

- Natureza fisiológica do produto, como a respiração e as taxas de produção de etileno, para que os revestimentos tenham água e propriedades de barreira de gás;
- Morfologia da superfície, tensão superficial e umidade do produto, pois afeta diretamente a adesão de revestimentos na superfície, que por sua vez afeta a durabilidade, uniformidade e aparência dos revestimentos.
- Condições ambientais circundantes, especialmente temperatura e umidade relativa. Tais condições podem exigir diferentes propriedades hidrofóbicas e estabilidade de revestimentos.
- Qualidade sensorial e organoléptica de revestimentos. Em geral, os revestimentos comestíveis formados devem ser incolores, inodoros e invisíveis.
- Para manter a comestibilidade, todos os componentes formadores de revestimento, bem como quaisquer aditivos funcionais na formulação do grau alimentício, não tóxico, e todas as instalações de processo devem atender a altos padrões de higiene. Nos Estados Unidos, os componentes que formam os revestimentos devem estar entre a lista de GRAS do *Food and Drug Administration* (geralmente reconhecido como seguro).
- Controle das substâncias funcionais adicionais (isto é, substâncias antimicrobianas e antioxidantes) aplicados aos revestimentos para produtos frescos exigem o controle específico sobre microrganismo e oxidação.

2.6. MATERIAIS PARA FORMAR REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS PARA PRODUTOS FRESCOS

Teoricamente, biopolímeros incluindo polissacarídeos, proteínas e lipídios podem ser transformados em revestimentos comestíveis. No entanto, as características físicas e químicas resultantes na aplicação desses biopolímeros, influenciam muito o desempenho dos revestimentos (DHALL, 2013; FLORES-LÓPEZ et al, 2016; LIN E ZHAO, 2007; ZHAO, 2010). Vários artigos de revisão e capítulos de livros trazem discussões muito abrangentes sobre a singularidade e as limitações de cada um desses materiais, bem como aplicações em frutas e legumes frescos e minimamente processados para supressão da respiração, controle da perda de umidade e outras funções também foram revisadas (BALDWIN, 2007; DHALL, 2013; DUAN E ZHAO,

2011; FLORES-LÓPEZ et al, 2016; LIN E ZHAO, 2007; OLIVAS E BARBOSA-CANOVAS, 2009; VALÊNCIA-CHAMORRO et al, 2011; ZHAO, 2010).

Abaixo está um breve resumo dos principais materiais formadores de revestimento comestível e suas propriedades básicas.

POLISSACARÍDEOS:

- Alginato, carragenina, carboximetilcelulose (CMC), quitosana, goma, hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), pectina, amido, etc;
- Barreiras efetivas de O_2 e CO_2 na UR <70%;
- Capaz de regular o etileno e outros compostos voláteis;
- Resistência à água relativamente baixa e alta permeabilidade à água devido à natureza hidrofílica;

PROTEÍNAS:

- Caseína, colágeno, zeína de milho, gelatina, proteína de soja, glúten de trigo, proteína de soro de leite, etc
- Barreiras efetivas de oxigênio em baixa UR;
- Boas propriedades mecânicas;
- Mais permeável aos vapores de água devido à sua natureza hidrofílica;
- Modificação química e enzimática das propriedades da proteína, combinação com materiais hidrofóbicos e métodos físicos pode ser aplicado para melhorar sua barreira e propriedades mecânicas.

LIPÍDIOS:

- Cera de abelha, cera de carnaúba, cera de parafina, goma-laca, óleos (minerais e óleos vegetais), ácidos graxos, etc.
- Boas barreiras de vapor de água;
- Proteger o dano pelo frio e melhorar a aparência do produto;
- Formação de fissuras, falta de homogeneidade, alterações frágeis, sensoriais, baixa adesão ao produto;
- Em alguns casos, alta barreira a gás leva a condições anaeróbicas;
- Combinação com polissacarídeos ou proteínas para produzir revestimentos comestíveis com boa resistência mecânica e controle características de barreira;

A seleção de materiais de revestimento deve considerar propriedades de formação de revestimento, aprovação e aceitabilidade como ingredientes alimentícios, propriedade sensorial, segurança (segurança alimentar química e microbiana) e custo.

Devido a as limitações de materiais individuais, combinação de dois ou mais destes materiais, juntamente com substâncias funcionais adicionais (surfactantes, antimicrobianos, intensificadores de textura e nutracêuticos para melhorar a qualidade e funcionalidade de revestimentos e revestimentos produção) são utilizados para formar formulações de revestimento compósito para aplicações comerciais.

2.7. PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA ENVOLVIDOS EM REVESTIMENTOS

As interações que podem ocorrer entre o produto alimentar, o filme ou revestimento usado como embalagem e os arredores do ambiente são regidos por diferentes processos de transferência de massa: migração, adsorção, absorção e permeação (HAN et al, 2014). A figura 3 descreve graficamente esses processos. Através do processo de migração, os compostos bioativos incluídos na matriz do polímero podem ser transferidos para o produto ou headspace e lá buscar sua proteção ação (antioxidantes, antimicrobianos, etc.) (HAN et al, 2014) Contudo, eles também poderiam modificar os atributos organoléptico e nutricional características do produto (corantes, péptidos, vitaminas, etc). Vale ressaltar que a migração desses componentes inicialmente presentes no filme ou revestimento não apresenta risco de toxicidade ou alteram as propriedades dos materiais poliméricos resultantes.

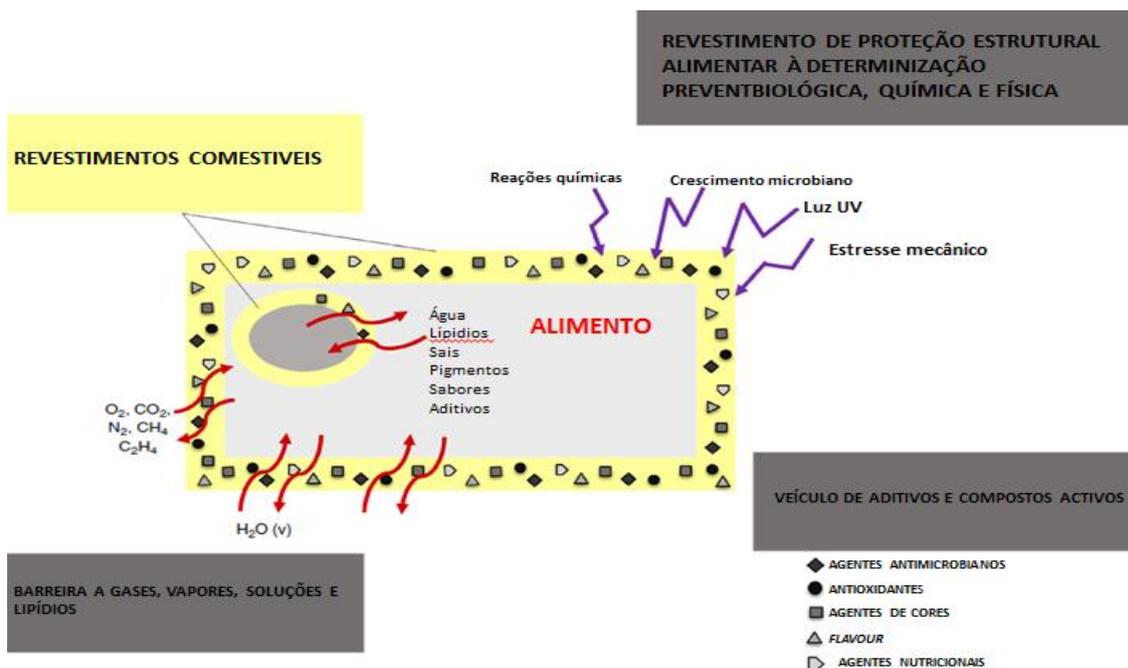


FIGURA 3: Processo de transferência de massa em revestimentos comestíveis. Fonte: salgado, 2015.

No processo de adsorção, componentes de alimentos ou espaço são transferidos e incorporados na superfície do filme ou revestimento, enquanto no processo de absorção, estes componentes são finalmente incorporados no polímero matriz (REDDY et al,2013) Em ambos os casos, a embalagem pode atuar como: O_2 , CO_2 , H_2O , e C_2H_4 , que por exemplo, têm importante papel no amadurecimento e senescência dos legumes. Mas por esses processos, alguns alimentos importantes, componentes como vitaminas, minerais e outros nutrientes também pode ser sequestrado. Como resultado, a incorporação destes novos compostos no material de embalagem provavelmente modifique suas propriedades e funcionalidades.

Permeação envolve a difusão de moléculas líquidas ou gasosas através da matriz polimérica. Nesse processo, diferentes tipos de componentes, como: O_2 , CO_2 , H_2O , e C_2H_4 , sabores, etc., podem ser transferidos do ambiente ao alimento, ou vice-versa; levando ao ganho de umidade ou perda, mudanças na textura e cor, desenvolvimento ou redução de microrganismos, perda do paladar, ocorrência de odores, auto-oxidação lipídica e reações enzimáticas de escurecimento, e o estabelecimento de atmosferas modificadas dentro da embalagem, entre outros efeitos. Independentemente do mecanismo que rege o transporte dos agentes ativos, a taxa de transferência desses compostos depende da natureza química e da reticulação grau do material polimérico, a concentração do composto ativo, a sua afinidade com a matriz polimérica e alimento; e finalmente nas condições ambientais, como umidade relativa, temperatura e tempo de contato. Portanto, é importante saber como essas variáveis afetam a eficácia da embalagem ativa. Atualmente, há um interesse pronunciado no potencial uso de sistemas nanocompósitos como portadores de compostos ativos embalagens para alimentos, já que se espera que presença de nanoreforços bem dispersos no matriz polimérica poderia modular a passagem através do revestimento (ABDOLLAHI et al, 2012 e BARBOSA-PEREIRA et al, 2013).

2.8. NANOTECNOLOGIA

A nanotecnologia é uma tecnologia que se aplica no campo da alimentação. Vem sendo muito utilizada nas ciências dos alimentos contribuindo para aumentar o prazo de validade dos produtos, incorporar suplementos nutricionais, agentes antimicrobianos, melhorar a produtividade dos alimentos (NEO et al, 2013). As vantagens e novidades

que vieram com aplicação de nanotecnologia na ciência dos alimentos estão resumidos na Tabela 1.

TABELA 1: Resumo dos usos atuais da nanotecnologia na indústria de alimentos

TIPO DE PRODUTO	NOME DO PRODUTO E FABRICANTE	NANO CONTEÚDO	PROPÓSITO
Suplemento Nutricional	Pó de nanociência "mycrohydrin" RBC Lifesciences	Gaiolas moleculares de 1 a 5 nm de diâmetro do complexo de hidreto silicamíneral	A micromidrina de tamanho nanométrico aumentou potência e biodisponibilidade. Exposto a umidade libera íons H e age como um poderoso antioxidante.
Material de contato com alimentos (louça de barro)	Caneca de bebê de prata Nano, sonho de bebê	Nanopartículas de prata	Partículas de prata nanométricas aumentaram propriedades antibacterianas
Embalagem de alimentos	de Adesivo para o hambúrguer do McDonald's recipientes, Ecosynthetix	Nanoesferas de amido de 50 a 150 nm	Essas nanopartículas têm 400 vezes a área superficial de partículas de amido natural, Quando usado como adesivo, é necessário menos água e, portanto, menos tempo e energia secar
Embalagem de alimentos	de Embalagem de plástico Durethan KU 2-2601, Bayer	Nanopartículas de sílica em um polímero nanocompósito	Nanopartículas de sílica no plástico impedir a penetração de oxigênio e gás da vida útil do produto
Bebida nutricional	Mistura de bebida nutricional de chocolate de aveia, Saúde da criança	Partículas de 300 nm de ferro (SunActive Fe)	Partículas de ferro de tamanho nanométrico aumentaram reatividade e biodisponibilidade
Material de contato com alimentos (equipamento de cozinha)	de Prancha de corte nano prateada, A-Do Global	Nanopartículas de prata	Partículas de prata nanométricas aumentaram propriedades antibacterianas

Fonte: Miller and Senjen, 2008.

Nanotecnologia teve uma aplicação próspera em vários outros setores, e sua aplicação na ciência dos alimentos é um evento recente. Pesquisadores descobriram várias tecnologias numa tentativa de melhorar a qualidade e segurança dos alimentos. O

envolvimento da nanotecnologia na alimentação indústria levou à produção de alimentos com melhor estabilidade térmica, melhor solubilidade, romance e com maior biodisponibilidade oral (SEMO et al, 2007 apud RATHER, 2017). Estes elementos são essenciais para alcançar uma vida melhor e saudável, a razão pela qual nós comemos. Incorporação de elementos funcionais nos alimentos tem sido uma área de pesquisa por um longo tempo, e nanotecnologia fez pavimentar para o caminho levando a desenvolvimentos tais como nanoemulsões e nanocompósitos (AVELLA et al, 2005 apud RATHER, 2017).

O valor de mercado da indústria de embalagens de alimentos aumentou US \$ 2,5 bilhões no ano de 2012 (SCOTT e CHEN, 2013). Incorporação da nanotecnologia aumentou significativamente o tempo de alimentos com melhor manejo do grau de deterioração dos produtos alimentícios.

Isso resolveu as crises de escassez de alimentos garantindo que os alimentos chegassem a lugares de difícil acesso. É pertinente notar que com esta tecnologia, o problema de escassez de alimentos em algumas partes do mundo pode agora ser resolvido com muita facilidade. Várias formas de nanossistemas; sólido nanopartículas, nanofibras, nanocápsulas são alguns dos não materiais que encontraram seu caminho no processamento de alimentos, embalagem, e setores de preservação (DUNCAN, 2011).

O uso de nanomateriais em vários campos está crescendo (CARBONE et al, 2015) e também para embalagens de alimentos aumentou na última década (BUMBUDSANPHAROKe e KO, 2015; NASR, 2015). Embalagem de alimentos eficiente para a nanotecnologia pode ser dividido em dois pontos-chaves diferentes:

- Melhoria na embalagem, onde os nanomateriais são misturados no polímero matriz para melhorar as propriedades de barreira ao gás, tais como nanocompósitos de argila
- “Embalagem ativa”, em que as nanopartículas interagem diretamente com o alimento ou o meio ambiente para permitir uma melhor proteção do alimento, como nanopartículas de prata e como agentes antimicrobianos potentes (DUNCAN, 2011).

Nanopartículas de metal com suas propriedades antimicrobianas potentes são, portanto, utilizados como "embalagem ativa". Nanopartículas de metal emergente com propriedades biocidas são Cu, Zn, Au, Ti, e Ag (TOKER et al, 2013). Entre eles, nanopartículas de prata (AgNPs) demonstrou ter o efeito bactericida mais eficaz

propriedades contra uma ampla gama de microrganismos patogênicos, incluindo bactérias, leveduras, fungos e vírus (RAI et al, 2009; MARTINEZ-ABAD et al, 2012). AgNPs mostrou melhor propriedades antimicrobiana em relação à prata metálica graças à sua área de superfície extremamente grande que pode fornecer um contato melhor com o microorganismo (TOKER et al, 2013).

Além disso, eles exibem baixa volatilidade e estabilidade em altas temperaturas (YOUSSEF e ABDEL-AZIZ, 2013). AgNPs podem ser inseridas em diferentes matrizes como polímeros e agentes estabilizantes (citratos e álcoois de cadeia longa) (TOKER et al, 2013), através de diferentes estratégias: elas podem ser revestidas, absorvidas ou diretamente incorporada nos processos de síntese (MARTINEZ-ABAD et al, 2012).

Embora o uso de AgNPs como agentes antimicrobianos em embalagens de alimentos é uma tecnologia desenvolvida, preocupações sobre os riscos associados com a potencial ingestão dos íons Ag migram para alimentos e bebidas ainda existem. Isso leva a uma atitude prudente de autoridades de segurança alimentar (CUSHEN et al, 2012).

O painel da Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) sobre Aditivos alimentares e fontes de nutrientes adicionados aos alimentos e sua incapacidade de avaliar a segurança do hidrossol de prata (EFSA, 2011; SHENIR, 2014) e, por extensão, produtos para embalagens de alimentos e suplementos alimentares que contêm AgNPs não são permitido na UE, a menos que autorizado (BUMBUDSANPHAROKE e KO, 2015). ESFA forneceu limites superiores de migração Ag da embalagem. As recomendações não devem exceder 0,05 mg / L em água e 0,05 mg / kg em alimento. Isso implica que as avaliações dos perfis de migração de prata são necessários para garantir a proteção antimicrobiana. eficácia, ao mesmo tempo em que atende à legislação. A EFSA publicou em 2011 um documento (EFSA, 2011), que indica que a genotoxicidade, absorção e testes de distribuição, metabolismo e excreção são requeridos fabricantes.

Da mesma forma, nos Estados Unidos, o USFDA publicou em 2014 um documento que fornece orientação aos fabricantes de ingredientes de alimentos e substâncias de contato com alimento. O USFDA recomenda que os fabricantes estudem e preparem um perfil toxicológico para cada recipiente com nanomateriais (USFDA, 2014). Em março de 2014, o Departamento de Meio Ambiente dos Estados Unidos Agência de Proteção Ambiental (EPA) proibiu a venda de recipientes para alimentos

com nanopartícula de prata produzidos por uma empresa americana porque seus produtos não foram testados de acordo aos regulamentos do USFDA (MARTIN, 2014). No momento O Canadá e não possui nenhum regulamento sobre nanomateriais e em muitos outros países, apenas regulamentações incompletas sobre segurança alimentar são introduzidos (BEREKAA, 2015).

2.8.1. Nanopartículas de Prata como nova geração de Antimicrobianos

A adição de óleos essenciais de especiarias (alecrim e orégano) já conhecidos como agentes antibacterianos, bem como AgNPs pode melhorar ainda mais a segurança e a qualidade dos alimentos. Khalaf e colaboradores (KHALAF et al, 2013) estudaram a atividade antimicrobiana de filmes pululânicos comestíveis incorporados com nanopartículas (AgNPs, ZnO NPs) e óleos essenciais (EOs), como óleo de orégano ou óleo de alecrim. Os resultados demonstraram que AgNPs e orégano filmes comestíveis com óleo resultaram mais ativos que ZnO NPs e óleo de alecrim. A atividade antimicrobiana foi estudada contra as bactérias Gram-positivas (*L. monocytogenes* e *S. Aureus*) durante 7 semanas de armazenamento a diferentes temperaturas (4, 25, 37, 55°C). A condição ideal de temperatura para armazenamento em filmes comestíveis de pululano com AgNPs e EOs foi de 4 e 25 °C. Amostras de alimentos embaladas com filme Pullulan AgNPs e óleo de orégano demonstraram uma diminuição significativa na população de ambas as bactérias.

Em um trabalho semelhante, Morsy et al, (2014) demonstraram atividade de AgNPs incorporada em filmes de pululano além a óleos essenciais para controlar patógenos, como *S. aureus* e *L. monocytogenes* em produtos de carne e aves.

O hidrogel de ágar também foi usado como matriz de hospedagem para NPs (INCORONATO et al, 2011). Nanopartícula de prata montmorilonita (Ag-MMT) s, obtidas em substituição aos íons Na⁺ no montmorilonita sódica com íons Ag⁺, foram carregados em hidrogel de ágar para prolongar a vida útil do queijo *Fior di Latte*.

Os resultados confirmaram o efeito inibitório exercido pela matriz MMT no crescimento de *Pseudomonas spp.* Entre os materiais comestíveis usados para incorporar AgNPs para embalagens de alimentos criando uma matriz de biopolímero também estabilizando agentes tais como, sais do polissacarídeo aniônico ácido algínico alginato de sódio) têm sido utilizados com sucesso (FAYAZ et al, 2009 apud

CARBONE, 2016). Géis de filme feitos com alginato de sódio mostram boa resistência à força tração, flexibilidade, resistência ao rasgo e são à prova de óleo.

A baixa temperatura usada na síntese do revestimento de gel de alginato minimiza a inativação do agente antimicrobiano e preserva as características dos alimentos. Um revestimento de alginato de sódio incorporação a nanopartículas de prata foi sintetizada e investigada demonstrando uma redução na taxa de deterioração da fruta e verdura após vários dias de armazenamento (FAYAZ et al, 2009 apud CARBONE, 2016).

Atividade antibacteriana foi demonstrada contra microrganismos de ambos os tipos Gram-positivos e Gram-negativos. Em outro trabalho, o alginato de sódio foi usado com íons de cálcio como revestimento ativo carregado com nanopartículas de montmorilonite de prata para realizar prolongamento significativo da vida de prateleira de cenouras minimamente processadas (COSTA et al, 2012). Já em outros trabalhos, o alginato de sódio foi usado para formar um revestimento bio-composto para preservar a qualidade do queijo *Fior di latte* (GAMMARIELLO et al, 2011; MASTROMATTEO et al, 2015).

2.8.2. Utilização da Nanotecnologia para proteção contra deterioração biológica

A contaminação microbiana tem levado as infecções patogênicas e má nutrição associada aos alimentos. Assim, lidar com a deterioração bacteriana é um dos temas mais críticos na produção, processamento, transporte e armazenamento de alimentos. Novos nanoantimicrobianos mostraram efeitos promissores na salvaguarda da deterioração dos alimentos, prolongando a vida útil dos alimentos. Os nanomateriais de óxido há muito têm sido sugeridos como eficazes como antimicrobianos. Suas propriedades físico-químicas intrínsecas permite a formação excessiva de espécies reativas de oxigênio (ROS), levando ao estresse oxidativo e subsequente dano celular (WU e FU et al, 2014).

Além disso, a liberação de íons metálicos fora da célula, na superfície celular, ou dentro da célula pode alterar a estrutura celular ou função. Assim, nanocompósitos à base de metal / óxido metálico foram utilizados na embalagem e revestimento de alimentos, ou mesmo ingredientes.

Nanopartículas e nanocompósitos de prata são um dos nanomateriais mais utilizados, como os antimicrobianos, na indústria alimentícia. Uma dúzia de zeólitas

contendo prata ou outras substâncias foi aprovada pelo FDA dos EUA para uso como materiais de contato para fins de desinfecção (U.S, 2015) nanopartículas de prata provavelmente servem como uma fonte de conexão, ligando-se a proteínas de membrana, formando poços, causando outras mudanças (MORONES et al, 2005 apud HE. et al, 2016), e catalisando a geração de ROS em células bacterianas, levando à morte celular e subsequentemente ao estresse oxidativo (KIM et al, 2017 apud HE et al, 2016). No entanto, várias pesquisas de recentes estudos sugerem que nanocompósitos de prata são seguros para embalagem de alimentos, sem níveis detectáveis ou insignificantes de nanopartículas de prata que são liberadas e migradas para recipientes com amostras de alimentos reais e alimentos simulados (ADDO et al, 2015 e METAK et al, 2015).

Nanocompósitos oferecem estabilidade adicional, o que é importante para manter a atividade antimicrobiana e reduzir a probabilidade da migração de íons metálicos para alimentos armazenados. Polímeros são em grande parte projetados para formar nanocompósitos com metal /nanomateriais de óxidos metálicos para aplicação em alimentos. Entre estes polímeros, polietileno de baixa densidade (LDPE), gelatina, polipropileno isotático e ácido polilático são mais utilizados como parte de nanocompósitos. Por exemplo, Ag / LDPE (BECARO et al, 2015 e BEIGMOHAMMAD et al, 2016), CuO /LDPE (BEIGMOHAMMAD et al, 2016), TiO₂ / LDPE (BODAGHI et al, 2015) e ZnO / LDPE (BEIGMOHAMMAD et al, 2016 e ESMAILZADEH et al, 2016) são relatados para ser usado em aplicações alimentícias. Além disso, ZnO / gelatina (SHANKAR et al, 2015 e ARFAT et al, 2016), Ag / OMteLDPE , Ag / poli (3-hidroxitirato-co-18mol% -3-hidroxitirato) (SAVAS et al, 2015), ZnO / policarbonato (DHAPTE et al, 2015), ZnO / polipropileno isotático (CIMMINO et al, 2015), ZnO / ácido polilático (MARRA et al, 2016 e DE SILVA et al, 2015) e ZnO / óxido de grafeno / ácido polilático (HUANG et al, 2015), são direcionados especificamente para aplicações de embalagem de alimentos. Mais cedo, quitosana, poliestireno, polivinilprolidona e poli (cloreto de vinila) também foram relatados como filmes nanocompósitos que se ligam a nanomateriais de Cu ou ZnO para inativar patógenos alimentares (CARDENAS et al, 2009 e LI et al, 2009 apud HE et al, 2016)

2.8.3. Mecanismo Antimicrobiano do Extrato de Cravo

Globalmente, as infecções bacterianas transmitidas por alimentos estão entre os problemas que ameaçam a saúde pública. *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*) é onipresente, contaminando muitos alimentos (crus, aves, leite, produtos lácteos e vegetais) e *fast foods* no meio ambiente, por isso, é um importante patógeno veiculado por alimentos (ADZITEY & HUDA, 2010; MARNISSI, 2013). *L. monocytogenes* tem a capacidade de formar biofilmes (OSAILI, ALABOUDI, & NESIAR, 2011), por isso tem uma forte adaptabilidade ao ambiente externo e pode sobreviver a temperaturas refrigeradas e altas concentrações de sal (BURALL, LAKSANALAMAI & DATTA, 2012). No hospedeiro, ele pode invadir fagócitos e células não-fagocíticas, replicar dentro das células, e se espalhar diretamente das células para as células para fugir do sistema imunológico respostas (DORTET et al, 2012). Assim, embora a prevalência de *L. monocytogenes* é relativamente baixa e representa menos de 0,1% de todos doenças transmitidas por alimentos, pode resultar em mortalidade muito alta (20–30%) (ADZITEY & HUDA, 2010), o que pode levar ao aborto, bacteremia, sepsse, meningite, etc. Visando contaminação por *L. monocytogenes*, muitos agentes antibacterianos foram desenvolvidos nos últimos anos. Entre eles, a pesquisa de agentes antibacterianos naturais tornou-se o foco.

Óleos essenciais são partes de plantas derivadas de diferentes líquidos oleosos voláteis e são atualmente usados como sabores de alimentos (GONI et al, 2009). Atualmente, óleos essenciais foram encontrados para ter antibacteriano, antifúngico, efeitos da atividade antiespasmódica e antiagregante plaquetária no tratamento do câncer (MOON, KIM & CHA, 2011; CUI et al, 2016).

O óleo de cravo é um tipo de óleo aromático extraído dos brotos e folhas de cravo-da-índia, que é amplamente utilizado na preservação antibacteriana e alimentar devido a seu lado bactericida, biodegradável, seguro e não tóxico de amplo espectro efeitos (CUI, BAI, MARWAN & LIN, 2018). O principal componente do óleo de cravo o é eugenol, que responde por até 60% a 90% da composição total,

É a fonte de propriedades antifúngicas, anestésicas e anti-sépticas de óleo de cravo. (RANI, et al, 2012). Cui et al, (2015) relataram que a *E. coli* e *S. aureus* foram tratados com óleo de cravo por 8 h, e então a população foi reduzida em 99,999% e 99,9999%, respectivamente.

Pinto et al, (2009), avaliaram o efeito antifúngico atividade do óleo de cravo e seu principal componente eugenol em *Candida*, *Aspergillus* e outros gêneros. Os resultados mostraram que o óleo de cravo e o eugenol possuem atividade antifúngica muito boa. Mas até agora, há poucos estudos sobre o mecanismo antibacteriano do óleo de cravo, especialmente no nível molecular. O mecanismo antimicrobiano do óleo de cravo contra *L. Monocytogenes* foi explorado através do estudo dos efeitos do óleo de cravo na membrana de permeabilidade da célula, metabolismo respiratório e conteúdo proteico.

Alguns estudos anteriores relataram que o óleo de cravo pode destruir a integridade das membranas celulares, desencadeiam a saída de macromoléculas e enzimas intracelulares, e interferir com proteína síntese (DEVI et al, 2010; RHAYOUR et al, 2003).

2.9. ALGINATO

O Alginato é um composto formador de filme atraente devido à sua não-toxicidade, biodegradabilidade, biocompatibilidade e baixo preço (VU & WON, 2013). Suas propriedades funcionais, espessamento, estabilização, suspensão, formação de filme, produção de gel e estabilização de emulsão foram bem estudadas (DHANAPAL, 2012; ZACTITI & KIECKBUSCH, 2006). O ácido alínico foi descoberto pela primeira vez em 1881 por Stanford. Por volta de 1923, Thornley, em Orkney, Reino Unido, desenvolveu um material baseado no uso de alginato como aglutinante para o pó de carvão antracito. Ele mudou-se para San Diego, EUA, e em 1927 sua empresa estava produzindo alcalinizantes para uso em latas de vedação. Após algumas dificuldades, a empresa mudou seu nome para Kelp Products Corp. e em 1929 foi reorganizada como Kelco Company. A produção de alginato foi estabelecida no Reino Unido e na Noruega durante 1934 a 1939 e depois da Segunda Guerra Mundial, respectivamente (ITC 1981).

Os dois maiores produtores de alginato é a empresa, Kelco Company nos EUA e Indústrias Ltd, no Reino Unido (MCHUGH, 1987). Para extrair o alginato, a alga é quebrada em pedaços e agitada com uma solução quente de um álcali, geralmente carbonato de sódio. Depois de 2 h, o alginato se dissolve como alginato de sódio para dar uma pasta muito espessa, e contém partes não dissolvidas de algas marinhas, principalmente de celulose. A solução é diluída com quantidades muito grandes de água. Em seguida, a solução é forçada através de um filtro pano de em uma prensa com

auxílio de um filtro, como terra diatomáceas. A última etapa é a precipitação do alginato a partir da solução filtrada, seja como ácido algínico ou alginato de cálcio (MCHUGH, 2003). O pré-tratamento (antes da extração alcalina) das algas com ácido leva a uma extração mais eficiente, um produto menos colorido e menor perda de viscosidade durante a extração, porque quantidades menores de compostos fenólicos estão presentes (MCHUGH, 1987).

Baseado em sua estrutura linear, o alginato no estado sólido pode formar filmes fortes e estruturas fibrosas adequadas, portanto, é considerado um bom material filmogênico (BLANCO-PASCUAL et al, 2014). Alginatos têm muitas aplicações. podendo ser usados em alimentos para limitar a desidratação da carne (VARELA & FISZMAN, 2011), peixes e frutas (HAMBLETON et al, 2011), em indústrias de bebidas como espessantes, formadores de gel e estabilizantes coloidais como apresentados na Tabela 2 (LIAKOS et al, 2013), em indústrias não-alimentícias, como impressão têxtil, bem como hastes de solda de manufaturados, ligantes para ração para peixes, biocatalisadores imobilizados (carregando enzimas), agentes desmoldantes e papel, e também usos farmacêuticos e médicos (SKURTYYS et al, 2010; VU & WON, 2013) . Alginatos também podem ser empregados como polímeros matriciais para encapsulação de drogas, proteínas, células e DNA (ASHIKIN et al, 2010).

TABELA 2: Principais hidrocolóides utilizados para a formação de películas e revestimentos comestíveis.

TIPOS DE HIDROCOLOIDES	PRINCIPAL FUNÇÃO
Polissacarídeos	
Àgar (E406)	Agente gelificante
Alginato (E400-404)	Agente gelificante
Carragena (E 407)	Agente gelificante
Carboximetilcelulose (E466)	Espessante
Celulose hidroxipropil (E463)	Espessante e emulsificante
Celulose hidroxipropil (E464)	Espessante
Metil celulose (E461)	Espessante, emulsificante e agente gelificante
Quitosana	Gelificante e agente antimicrobiano
Goma arabica (E414)	Emulsificante
Goma guar (E412)	Espessante
Goma Xantana (E415)	Espessante
Pectina (E440)	Agente gelificante
Amidos	Espessante e agente gelificante
Proteína	
Gelatina bovina	Agente gelificante
Gelatina de peixe	Agente gelificante
Gelatina de suíno	Agente gelificante
Proteína de Soro	-

O alginato pode ser isolado das paredes celulares das algas marrons (*Laminaria digitata* e *Ascophyllum nodosum*) onde está presente como sais de cálcio, magnésio e sódio do ácido algínico (MCHUGH, 2003). Também pode ser sintetizado por microorganismos (ALBOOFETILEH et al, 2014; BLANCO-PASCUAL et al, 2014).

Alginato é um polissacarídeo aniônico linear solúvel em água (VU & WON, 2013., HAMBLETON et al, 2011) que consiste de unidades monoméricas de manuronato ligado de 1-4- α -D manuronato (M) e β -L- (M) -guluronato (G), (Figura. 4a, b) (ALBOOFETILEH et al, 2014; BLANCO-PASCUAL et al, 2014).

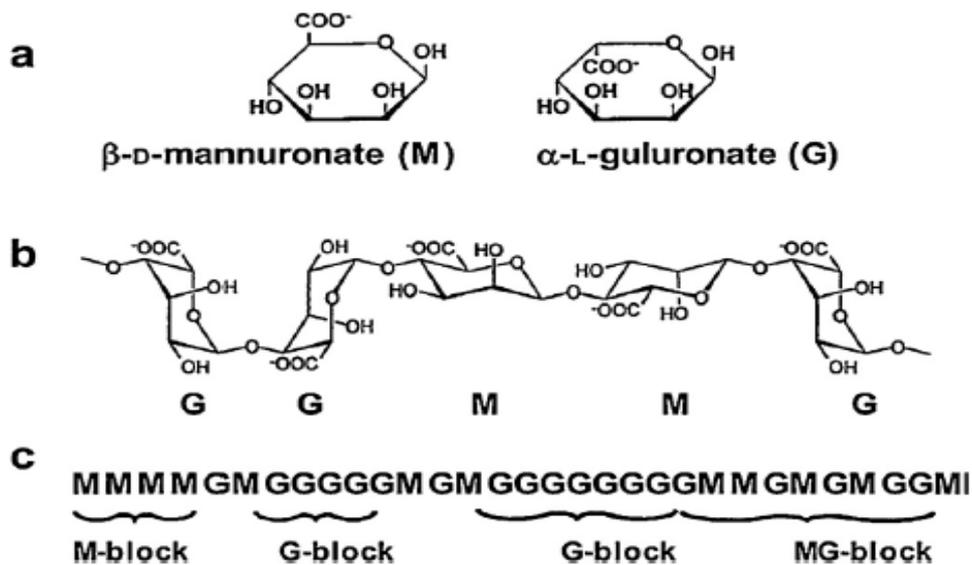


FIGURA 4 Características estruturais dos alginatos: (a) monômeros de alginatos, (b) conformação de cadeias, (c) distribuição de blocos. Fonte: Draget e Taylor 2011.

A cadeia de poliéster de alginato é composta de 3 tipos de regiões ou blocos em diferentes proporções e diferentes distribuições na cadeia (Figura 4c). Nestas, as propriedades físicas dos alginatos dependem da proporção relativa desses 3 blocos (LIAKOS et al, 2013; XIAO, GU, & TAN, 2014). Os blocos G contêm apenas unidades derivadas do ácido l-gulurônico que causam maior força do gel, os blocos M são baseados diretamente no ácido d-manurônico, e os blocos MG consistem em unidades desalternantes de ácido d-manurônico e ácido l-gulurônico que determinam a solubilidade de alginatos em ácido (MCHUGH, 1987). Os blocos Mand G são conhecidos como blocos homopoliméricos e os blocos MG são blocos heteropoliméricos (GÓMEZ-ORDÓÑEZ & RUPÉREZ, 2011). A fração de cada unidade depende da espécie, parte e idade das ervas marinhas das quais o alginato é

isolado (ASHIKIN et al, 2010). A fonte biológica, o crescimento e as condições sazonais são também determinantes (ZACTITI & KIECKBUSCH, 2006).

A composição e a sequência do monômero de alginato afetam seriamente as propriedades finais dos géis de alginato, uma vez que a ligação seletiva de íons é um pré-requisito para a formação de gel (DRAGET & TAYLOR, 2011). O M / MG e a distribuição dos blocos M e G na cadeia de alginato afetam as propriedades físicas do alginato. As relações $M / G < 1$ indicam uma grande quantidade de ácido gulurônico, que tem a capacidade de formar fortes junções. As razões $M / G > 1$ são indicativas de uma menor proporção gulurônica, o que pode resultar em estruturas mais macias e mais elásticas (BLANCO-PASCUAL et al, 2014).

As soluções de alginato podem formar géis diminuindo o pH abaixo do pKa valor do resíduo gulurônico ou na presença de íons divalentes (HAMBLETON, et al, 2012; HAMBLETON et al, 2011). . Esses íons incluem cálcio, magnésio, manganês, alumínio e ferro (DHANAPAL et al, 2012). A afinidade de alginatos para íons divalentes diminui na seguinte ordem: $Pb > Cu > Cd > Ba > Sr > Ca > Co, Ni, Zn > Mn$ (PAWAR & EDGAR, 2010).

A propriedade mais útil e única dos alginatos, que causa o gel forte ou o polímero pouco solúvel, refere-se à sua capacidade de reagir com os cátions metálicos polivalentes, especificamente os íons de cálcio (ZACTITI & KIECKBUSCH, 2006). Esses íons auxiliam na formação de associações entre os blocos M e G. O comprimento dos blocos G determina a capacidade e seletividade do alginato para formar essas interações (HAMBLETON et al, 2012). Blocos M e blocos MG são quase sem seletividade. A difusão de íons na solução de alginato causa um processo de troca aniônica onde o alginato solúvel em água (por exemplo, forma de sódio ou potássio) tem que trocar seus contra-íons com Ca^{2+} para obter uma transição sol / gel. Esta ligação cruzada iônica irá formar um ajuste rápido e frio e um gel estável ao calor. Quando se formam géis de marginado, dois resíduos gulurônicos contíguos, diaxialmente ligados, formam uma cavidade que atua como um local de ligação para íons de cálcio (CUADROS, SKURTYS & AGUILERA, 2012). Este arranjo é retratado como o modelo “caixa de ovo” (Figura 5). As propriedades mecânicas dos filmes estão diretamente relacionadas ao número de sites de “caixas de ovos”. Como resultado, as características do filme como água e resistência mecânica, propriedades de barreira, coesão e rigidez podem ser melhoradas (ZACTITI & KIECKBUSCH, 2006).

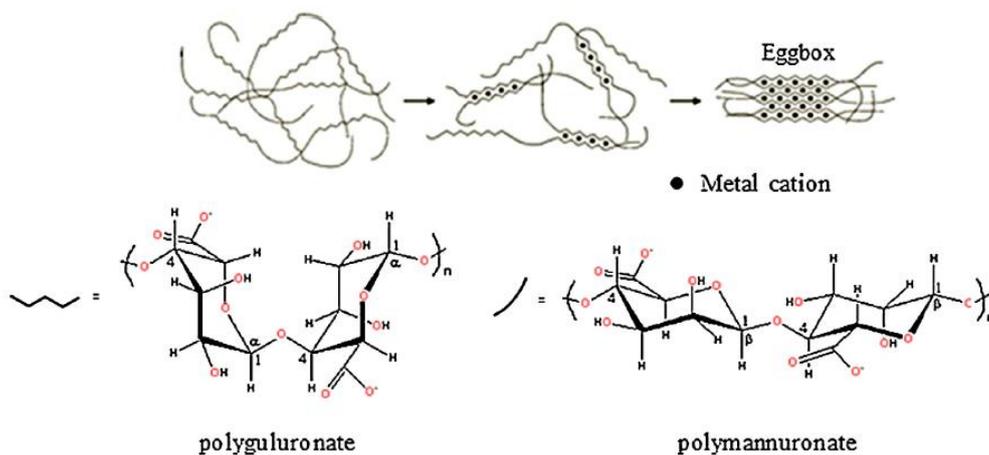


FIGURA 5. Formação de “caixa de ovos” durante a gelificação de alginato. Fonte: Schnepf et al, 2010.

No entanto, o mecanismo definitivo de gelificação de alginato ainda é controverso. Os cátions metálicos polivalentes tendem a quelatar os grupos carboxilato e hidroxila do alginato. Essa quelação não é apenas simples, mas uma espécie de ponte entre o íon metálico e o 2-carboxilato e um ou mais pares dos grupos hidroxila ocorre através de ligações parcialmente iônicas e parcialmente coordenadas, respectivamente. Portanto, um mecanismo de dois estágios tem sido sugerido para essa quelação por numerosos estudos (Figura 6):

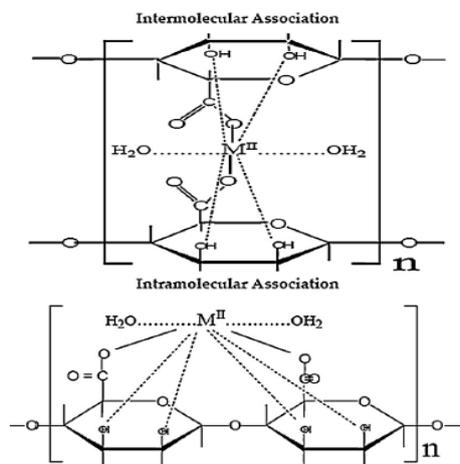


FIGURA 6. Interações intermoleculares e intramoleculares de cátions de alginato e metal, Fonte: Hassan et al, 2013.

Primeiro, a formação de associações de dímeros fortemente ligados intramolecularmente com contribuições importantes de Van Der Waals e interações de pontes de hidrogênio nas quais os grupos funcionais envolvidos na quelação pertencem

às mesmas cadeias, seguidas pela formação de associações de dímeros intermoleculares mais fracos nas quais os grupos carboxilato e funcional hidroxila estão relacionados a diferentes cadeias que exibem especificidade no particular, sendo principalmente governados por interações eletrostáticas (CUADROS et al, 2012; HASSAN, GOBOURI , & ZAAFARANY, 2013; LI, FANG, VREEKER e APPELQVIST, 2007) em que 3 tipos de blocos de alginato têm interações diferentes. Os blocos M ligam os cátions externamente próximos de seus grupos carboxílicos, enquanto os blocos G integram os cátions em estruturas semelhantes a bolsos formados por resíduos G adjacentes.

Nos blocos MG, os cátions preferencialmente localiza-se em uma estrutura côncava formada por pares de M-G (EMMERICHS et al, 2004). Uma mistura direta de alginatos e cátions de metais polivalentes não produzem géis homogêneos devido à formação muito rápida e irreversível de junções entre estes dois componentes. A formação de grumos gel (olhos de peixe) é o resultado de tal mistura. A única exceção é para volumes muito pequenos de alginato sob alto corte. Para superar esse problema, a capacidade de controlar a introdução dos íons de reticulação é essencial, Este controle é possível por dois métodos diferentes de preparação de gel: difusão e configuração interna.

No método de difusão, íons de ligação cruzada, por exemplo Ca^{2+} , difundem de um reservatório externo em uma solução de alginato (Figura 7). No método de ajuste interno (às vezes também referido como uma gelificação *in situ*), um íon inerte é convertido em um cátion ativo, por uma mudança de pH da solução de alginato ou por uma solubilidade limitada da fonte de sal de cálcio. No método de difusão, o Ca^{2+} irá primeiro reticular as superfícies do filme, puxando o polímero mais próximo para formar uma superfície de menor permeabilidade ao meio difusão de Ca^{2+} . Assim, o método de difusão produz géis com um gradiente de concentração de íon Ca^{2+} em toda a espessura, enquanto a configuração interna gera géis com concentrações de íons uniformes por toda parte (PAWAR & EDGAR, 2010).

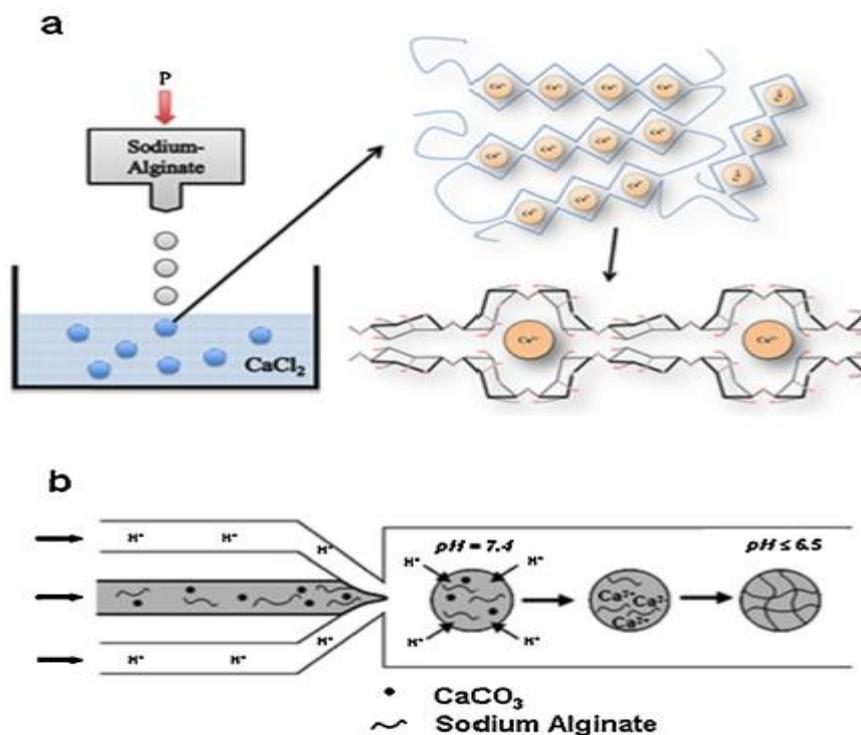


FIGURA 7. Dois métodos de preparação de gel: configuração de difusão (a). Fonte: Juarez et al, 2014. Ambiente interno (b). Fonte: Tumarkin & Kumacheva, 2009.

Ao aumentar a concentração de cátions durante a gelificação do alginato, uma estrutura mais densamente reticulada será formada, o que causará uma estrutura menos porosa, bem como redução no teor de água e permeabilidade do gel (ASLANI & KENNEDY, 1996). No entanto, existe uma quantidade ideal de reticulante que pode ser usada e um aumento maior na quantidade de cátion empregado não exerce mudanças significativas nas propriedades do gel (CHAN, LEE, & HENG, 2006). Alginato de sódio entre os outros tipos de alginatos podem formar filmes com as propriedades de ser solúvel em água, forte, brilhante, insípido, inodoro, flexível, pouco permeável ao oxigênio e óleos (XIAO et al, 2014).

Durante a formação do filme de alginato pelo método de ajuste de difusão, o Ca^{2+} na solução de reticulação irá primeiro reticular a superfície do filme, puxando as cadeias do polímero para mais perto, para formar uma superfície menos permeável à difusão de íons cálcio no interior. Portanto, usar uma quantidade ideal de reticulante para produzir matriz com as características desejadas (em vez de uma matriz com uma superfície altamente reticulada e um interior menos reticulado) é essencial no método de configuração de difusão (Figura 7). No cenário interno, usando CaCO_3 , como fonte de íons cálcio, a reação entre o ácido e o carbonato leva à formação de CO_2 , o que causa a

formação de cavidades no interior do filme. Portanto, os filmes preparados e o revestimento por difusão que usam reticulação externa são filmes mais finos com superfície mais lisa, maior resistência da matriz, rigidez e permeabilidade do que filmes e revestimentos preparados por ajustes internos que são internamente reticulados (CHAN et al, 2006).

2.10. AGENTES PLASTIFICANTES

Os plastificantes são compostos não voláteis e de baixo peso molecular, que são adicionados aos polímeros a fim de reduzir a fragilidade, conferir fluxo e flexibilidade, e melhorar a tenacidade e a resistência dos filmes. Como uma definição específica para revestimentos, os plastificantes afetam a resistência do revestimento e reduzem a descamação e trincas melhorando a flexibilidade e a resistência do revestimento. Como desvantagem, os plastificantes geralmente aumentam a permeabilidade do filme a oxigênio, umidade, aroma e óleos, devido à redução das atrações intermoleculares ao longo das cadeias de poliéster (BARRETO et al, 2003; ROJAS-GRAU, AVENABUSTILLOS et al, 2007; SOTHOMVIT & KROCHTA, 2005). Tamanho pequeno, alta polaridade, grupos mais polares por molécula e maior distância entre os grupos polares dentro de uma molécula são características do plasmaticor, que aumentam os efeitos plastificantes no sistema apolimérico. Plastificantes são geralmente necessários para polissacarídeos ou filmes comestíveis baseados em proteínas (SKURTYYS et al, 2010).

Monossacarídeos, dissacarídeos ou oligossacarídeos (por exemplo: xaropes de frutose-glicose, sacarose, mel, xarope de milho) são comumente usados como plastificantes em sistemas de filme cobertura (AZEREDO et al, 2012). Polióis (por exemplo, glicerol, sorbitol, derivados de glicerilo e polietilenoglicóis) (GALUS & LENART, 2013; HAMBLETON e al, 2012; HAMZAH et al, 2013; MYLLARINEN, PARTANEN, SPPÄLÄ, & FORSELL, 2002; SONG, LIU, SHEN, YOU, & LUO, 2011), lipídios (CAMPOS et al, 2011), e derivados (por exemplo, fosfolipídios, ácidos graxos e solventes) também são usados como plastificantes (SOTHOMVIT & KROCHTA, 2005). pode atuar como um plastificante em biopolímeros hidrofílicos devido à quebra de ligações de hidrogênio entre cadeias poliméricas (XIAO et al, 2012).

2.11. AGENTES ANTIMICROBIANOS

A incorporação de agentes antimicrobianos nos filmes e revestimentos comestíveis demonstrou atuar como um fator de estresse para diminuir o crescimento do patógeno e proteger os alimentos contra a flora deteriorante. O uso de agentes antimicrobianos químicos como ácido benzóico, benzoato de sódio, ácido propiônico, ácido sórbico e sorbato de potássio é limitado em sistemas alimentares devido a preocupações de saúde dos consumidores (MASTROMATTEO et al, 2012; SKURTYS et al, 2010). Portanto, a demanda dos consumidores por conservantes naturais e saudáveis é causada por compostos geralmente reconhecidos como seguros (GRAS) (CAMPOS et al, 2011). Os biopreservativos mais utilizados para o envase antimicrobiano são lisozima e nisina (SKURTYS et al, 2010) .

Outros compostos antimicrobianos incluem ácidos orgânicos (ácido láctico, acético, málico e cítrico), quitosana, o sistema lactoperoxidase e algumas plantas, metabólitos secundários derivados, como óleos essenciais e fitoalexinas. Cássia, cravo, alho, sálvia, orégano, pimentão, tomilho, alecrim, capim-limão, escutelária e forsítia são exemplos de tais plantas (CAMPOS et al, 2011; MASTROMATTEO et al, 2012; SHOJAEE-ALIABADI et al, 2014) . Filmes e revestimentos comestíveis com propriedades antimicrobianas podem ser nomeados como embalagens ativas (JUCK, NEETOO, & CHEN, 2010).

Os nanomateriais de metais como um tipo nobre de agentes antimicrobianos para sistemas de embalagem de alimentos têm recebido atenção crescente nos últimos anos. Entre os nanomateriais metálicos, o nanopartícula de prata tem se mostrado um promissor material antimicrobiano. As partículas de nanop prata podem interromper os processos bacterianos, como a respiração e a divisão celular, e finalmente levar à morte celular, fixando-se às membranas celulares e penetrando nas bactérias. A atividade bactericida de nanop prata aumenta pela liberação de íons de prata nas células bacterianas. JIANG, FENG e WANG (2013) investigaram o efeito do revestimento de alginato / nanop prata na qualidade microbiana e físico-química do cogumelo *Shiitake* durante o armazenamento. Os resultados indicaram que o revestimento de alginato e nanop prata tem efeito benéfico sobre a qualidade do cogumelo *Shiitake* e, portanto, pode ser usado para sua preservação e expansão. A propriedade antimicrobiana de filmes nanocompósitos de alginato e argila contendo três óleos essenciais (manjerona, cravo e canela) contra patógenos alimentares foi estudada. Os resultados mostraram que em

todos os filmes a manjerona apresentou a maior atividade antimicrobiana (ALBOOFETILEH et al, 2014).

Azarakhsh et al (2014) estudaram a influência da adição de óleo essencial de capim-limão em cobertura de alginato baseado em microbiana e físico-química de abacaxi minimamente processado. Os resultados indicaram que a incorporação de 0,3% (p / v) de potencial para acessar tanto a extensão na vida de prateleira quanto a manutenção da qualidade do abacaxi minimamente processado. Em outro estudo, Takala et al (2013) incorporaram duas formulações antimicrobianas em filmes de alginato, a saber, A e B. A antiga mistura de ácidos orgânicos e orgânicos, extrato de alecrim e óleo essencial de especiarias asiáticas e a última continham mistura de ácido orgânico, extrato de alecrim e óleo essencial de especiaria italiana. O efeito inibitório de cada formulação sobre o crescimento de *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* e *Salmonella typhimurium* foi investigado em blocos frescos a 4°C. Os resultados mostraram uma boa capacidade inibitória de filmes de alginato contendo formulação A, contra o crescimento de bactérias mencionadas. Olaimat et al (2014) avaliaram a propriedade bacteriana do isotiocianato de alilo incorporado no revestimento de – carragenano, quitosana contra *Campylobacter jejuni* em carne fresca . Eles descobriram que os revestimentos de carragenano, quitosana contendo isotiocianato de alila tinham excelente potencial para reduzir a suscetibilidade de *C. jejum* em frango cru. A quitosana e a carragenina são polissacarídeos opostos, portanto, uma mistura deles tem boas propriedades de barreira e pode causar liberação retardada de compostos bioativos incorporados.

Efeito da incorporação de agentes antimicrobianos, incluindo isinaína, Novagard CB 1, Guardian NR100, lactato de sódio, diacetato de sódio e sorbato de potássio em revestimentos comestíveis incluindo controle de crescimento de *L. monocytogenes* em produtos de aves de peru foi estudado por Juck et al, (2010). Os resultados mostraram que os revestimentos antimicrobianos baseados em alginato podem aumentar a segurança microbiológica e a qualidade dos produtos de aves de peru, inibindo o crescimento de *L. monocytogenes*. Enquanto isso, a incorporação de nicotina, lactato de sódio e lactato de sódio, diacetato de sódio no revestimento de gaiola inibiu efetivamente o crescimento desse patógeno.

Em outro estudo, Mastromatteo et al, (2012) investigaram a efetividade do uso combinado de etanol como composto antimicrobiano à base de compostos de alginato e

alginato na vida de prateleira de cenouras frescas embaladas em embalagens passivas e ativas de atmosfera modificada. Os resultados mostraram que a combinação de imersão em etanol e aplicação de revestimento de alginato desidratação e respiração de cenouras cortadas. Então, causou uma boa preservação das propriedades sensoriais e prolongou a vida de prateleira das cenouras.

2.12. AGENTES ANTIOXIDANTES

A adição de lipídios a filmes e revestimentos comestíveis para reduzir a transferência de vapor de água é popular. Assim, a incorporação de antioxidantes em filmes comestíveis e em materiais de revestimentos leva a um aumento da vida útil protegendo os alimentos contra a corrosão oxidativa, a degradação e a descoloração. É interessante que a maioria dos agentes antimicrobianos tenha propriedades antioxidantes. Os antioxidantes naturais e sintéticos são amplamente utilizados na embalagem de alimentos (SKURTYYS et al, 2010). Os compostos fenólicos, vitaminas E e C, óleos essenciais (orégano e orose), ascorbato de sódio, ácido cítrico e ácido ferúlico são os mais utilizados antimicrobianos.(BONILLA et al, 2012; SONG et al, 2011). Blanco-Pascual et al, (2014) Materiais extraídos de compostos com formação de filmes comestíveis de algas marrons *L. digitata* e *A. nodosum* estudaram a atividade antioxidante dos extratos. Os resultados indicaram que os filmes de *A.nodosum* apresentaram maior atividade antioxidante que *L. digitata*. Em outro experimento, Song et al (2011) investigaram o efeito da incorporação de diferentes antioxidantes (vitamina C e polifenóis de chá) no revestimento comestível à base de alginato na vida de prateleira e qualidade de dourada (*Megalobrama amblycephala*). Eles descobriram que a qualidade do produto tratado com vitamina C e polifenóis do chá é mais úmida do que os não tratados. A vitamina C teve o melhor efeito na redução de grau de deterioração química, retardando a perda de água e aumentando os valores sensoriais gerais do sargo.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Objetivou-se com o presente trabalho otimizar e aplicar a melhor formulação do revestimento comestível contendo alginato de sódio e glicerol como variáveis, empregando um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), considerando as respostas pós-colheita (perda de massa, acidez total titulável, pH, sólidos solúveis totais e cor) das goiabas durante o armazenamento.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFIVOS

- Utilização do DCCR (Delineamento Composto Central Rotacional) e do Design-Expert 6.0 para otimizar a concentração de Alginato de Sódio e Glicerol na composição dos revestimentos comestíveis contendo nanopartículas de prata e extrato de cravo através das respostas pós-colheita das goiabas,
- Avaliar a evolução do amadurecimento das goiabas tratados com revestimentos comestíveis, através da avaliação das propriedades física (Perda de Massa) e físico-químicas (pH, Acidez Total Titulável e Sólidos Solúveis Totais) dos frutos em função do tempo de armazenamento;
- Verificar comportamento da cor da casca das goiabas tratadas com revestimentos comestíveis, em função do tempo de armazenamento;
- Caracterizar a formação das nanopartículas de prata da formulação otimizada através do espectro UV-VIS.
- Determinar a concentração de prata presente nas partes do fruto: casca, semente e polpa, obtidos por aplicação única e múltiplas aplicações da dispersão coloidal de AgNPS sobre o revestimento utilizando a Espectroscopia de Absorção Atômica (FAAS).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório QUIBIOM, utilizado para testes e formulações do revestimento, no departamento de Química e no Laboratório de Frutas e Hortaliças, aplicação do revestimento e análises físico-químicas no Departamento de Tecnologia de Alimentos – DTA, ambos na Universidade Federal de Sergipe- UFS, em São Cristóvão, Sergipe.

4.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A partir dos resultados dos ensaios preliminares fixando as concentrações da nanopartícula de prata e extrato de cravo para elaboração dos revestimentos comestíveis, a influência dos níveis de alginato de sódio e glicerol foi avaliada por meio do Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR), para duas variáveis independentes em um esquema fatorial 2². As concentrações variaram de:

- a) 0,5% a 3% para alginato de sódio;
- b) 0,5 a 4% para glicerol

O DCCR foi composto por 4 pontos axiais e 4 repetições no ponto central para avaliação do erro puro, constituindo 12 ensaios. Os dois fatores independentes foram investigados em cinco diferentes níveis (-1,41, -1, 0, +1, +1,41), dispostos na Tabela 3.

TABELA 3. Fatores e níveis experimentais utilizados na otimização das respostas pós-colheita da goiaba

FATORES	NÍVEIS EXPERIMENTAIS				
	-1,41	-1	0	1	1,41
Alginato (%)	0,5	0,85	1,75	2,65	3
Glicerol (%)	0,5	1	2,25	3,5	4

Fonte: Dados da pesquisa

A goiaba por ser um fruto climatérico e de intensa atividade metabólica, seu amadurecimento e senescência se dá em torno de 5 a 8 dias após a colheita. Optou-se por realizar as análises no 8º dia de armazenamento concluindo que o 8º dia, a fase final de maturação é designada como amadurecimento, sendo portanto um processo normal e irreversível porém podendo ser retardado com uso de meios adequados através da aplicação de tecnologia como revestimento comestível, mantendo a qualidade da fruta.

Os experimentos foram realizados em ordem aleatória, com os frutos conservados em temperatura ambiente ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) e análises realizadas no 8º dia de

armazenamento, obtendo como respostas a perda de massa (PM), cor da casca (L^* , a^* , b^* , Croma*, Hue* e Esbranquiçmento), acidez total titulável (ATT), pH e sólidos solúveis totais (SST). A escolha dos níveis experimentais utilizados foi baseada em informações da literatura.

As concentrações de alginato e glicerol utilizadas para as formulações distruídas entre os ensaios são apresentadas na Tabela 4.

TABELA 4. Planejamento experimental DCCR com níveis codificados e valores percentuais (%) das variáveis de estudo (Alginato de Sódio e Glicerol).

ENSAIOS	ALGINATO	GLICEROL	ALGINATO (%)	GLICEROL (%)
1	-1	-1	0,85	1,00
2	1	-1	2,65	1,00
3	-1	1	0,85	3,50
4	1	1	2,65	3,50
5	-1,41	0	0,50	2,25
6	1,41	0	3,00	2,25
7	0	-1,41	1,75	0,50
8	0	1,41	1,75	4,00
9	0	0	1,75	2,25
10	0	0	1,75	2,25
11	0	0	1,75	2,25
12	0	0	1,75	2,25

Fonte: Dados da pesquisa

Os resultados foram analisados estatisticamente por meio de análises de variância e de regressão, considerando-se a falta de ajuste, a significância dos parâmetros e o coeficiente de regressão. Por meio da análise da metodologia de superfície de resposta, utilizou-se o pacote estatístico Statistica versão 8.0, determinando as melhores concentrações do polímero (Alginato) e plastificantes (Glicerol) nas respostas pós-colheita no que se refere a conservação pós colheita das goiabas.

Após a execução dos experimentos propostos pelo delineamento experimental (DCCR), definiu-se uma concentração de Alginato e Glicerol que favorecesse a melhor condição de conservação pós-colheita das goiabas. Para isto, foram associadas todas as respostas simultaneamente e avaliadas a sua magnitude para o comportamento do fruto

neste período. Assim sendo, o programa Design-Expert (Stat-Ease-EUA) foi utilizado para gerar um projeto de experimentos em que foi permitido selecionar a melhor condição (D-ótimo) de formulação do filme, concentração de Alginato e Glicerol, visando a conservação das goiabas, para ser utilizada nos ensaios posteriores. Em seguida foi validado o melhor experimento, com 3 repetições.

Com o D-ótimo de formulação do revestimento contendo Alginato de Sódio e Glicerol, foi executado um experimento de vida de prateleira em um delineamento univariado sob temperatura ambiente ($\pm 25^{\circ}\text{C}$ e UR de $\pm 80\%$), com análises realizadas nos tempos (0, 5, 10, 15, 20 e 25) dias de armazenamento, realizando-se análise de perda de massa (PM), cor da casca (L^* , a^* , b^* , Croma*, Hue* e Esbranquiçamento), acidez total titulável (ATT), pH e sólidos solúveis totais (SST). Os resultados foram analisados estatisticamente por meio de análises de variância e de regressão, considerando-se a falta de ajuste, a significância dos parâmetros e o coeficiente de regressão. Todas as análises estatísticas necessárias foram realizadas no pacote estatístico Statistica versão 8.0.

4.2. OBTENÇÃO E PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA

Goiaba (*Psidium guajava L.*) foi adquirida de um produtor de Canindé, SE, Brasil. Os frutos foram colhidos manualmente, no início da manhã, no ponto de maturação comercial. Em seguida, foram selecionados quanto ao tamanho, peso, estágio de maturação/coloração e isenção de danos a ação mecânica, murchamento ou presença de bolores. Foram imediatamente transportados ao Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE. Os frutos foram lavados, sanitizados em solução de hipoclorito (200 mg.L^{-1}) por 15 minutos, enxaguados em solução de hipoclorito (100 mg.L^{-1}), secos a 25°C e separados aleatoriamente de três em três para serem revestidos nas soluções.

4.3. PREPARAÇÃO DO REVESTIMENTO

4.3.1 Produção das Nanopartículas de Prata

Para a síntese das nanopartículas de prata (Ag NPs) foi utilizada uma solução de AgNO_3 obtidas através da diluição de 1,7387g de AgNO_3 em 100mL de água destilada. Em seguida, acrescentou-se uma alíquota de 0,5mL dessa diluição que foi transferida para um béquer e adicionando 49mL de Extrato de Cravo e mantido sob agitação

magnética a 950 rpm por 24 horas à temperatura ambiente. As nanopartículas de prata foram obtidas sob agitação contínua até que ocorresse a mudança de cor amarela claro (Síntese de AgNO_3 + Extrato de Cravo) para marron escuro possibilitando a formação da nanopartícula de prata.

4.3.2. Produção de Extrato de Cravo

A solução de extrato de cravo foi produzida a partir de 2g de cravo macerados adicionando 500mL de água destilada, a mistura foi colocada em banho maria a 80°C com óleo de silicone (para controlar a temperatura), por 20 minutos após o início da ebulição aguardou-se o resfriamento para posterior filtragem e armazenamento.

4.3.3. Preparação da Solução de Revestimento

Para o preparo dos revestimentos, foram utilizados: Alginato de Sódio, Glicerol, Nanopartícula de Prata, Extrato de Cravo e água destilada de acordo com a concentração do planejamento experimental. As soluções dos revestimentos foram formuladas a partir de testes preliminares. Para cada formulação preparou-se 50mL de nanopartícula de prata e extrato de cravo. As concentrações de alginato de sódio e glicerol foram variadas de acordo com o delineamento composto central rotacional 2^4 sendo 4 pontos axiais e 4 repetições no ponto central totalizando 12 formulações como demonstrado na Tabela 4. Para cada formulação de revestimento comestível preparou 600mL de solução. As misturas para cada ensaios foram homogeneizadas com um mix durante 3 minutos até obtenção de uma solução uniforme.

4.3.4. Aplicação da Solução de Revestimento e Montagem dos Ensaio

A técnica utilizada para aplicação dos revestimentos foi à imersão dos frutos na solução do revestimento a 25°C por 5 a 10 segundos de forma que o revestimento ficasse uniformemente distribuído sobre toda a superfície do fruto. Após seco, as goiabas foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido com três frutos em cada bandeja e foram pesados e armazenados a 25°C, em que cada bandeja representou um ensaio.

4.3.5 Armazenamento e amostragem

Os frutos revestidos foram armazenados em bandejas em cima de uma mesa de aço inoxidável à temperatura controlada de 25°C. No primeiro momento as análises foram feitas em dois tempos: primeiro no dia 0 (tempo zero de armazenamento) e o segundo tempo dia 8 de armazenamento. No segundo momento, após encontrado a melhor condição (D-ótimo) de formulação de revestimento, foram feitas análises de cor da casca, acidez total titulável, pH, sólidos solúveis totais e perda de massa nos dias (0, 5, 10, 15, 20 e 25) durante o armazenamento.

4.4. ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS

4.4.1. Perda de Massa (PM)

Para o acompanhamento da perda de massa durante os dias de armazenamento, as goiabas foram retiradas da bandeja e pesadas em balança analítica. O resultado foi expresso em porcentagem de perda de massa em relação a massa inicial (tempo zero).

4.4.2. Análise objetiva da cor

A análise associada à cor foi realizada pelo método instrumental, em colorímetro (CR-400, Konica-Minolta). Para a determinação objetiva da cor foi utilizado o sistema CIE 1976, um sólido de cores definido por três coordenadas (Figura 8). O eixo principal é o nível de luminosidade L^* em uma escala de 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco). Os valores intermediários compreendem uma escala de cinza.

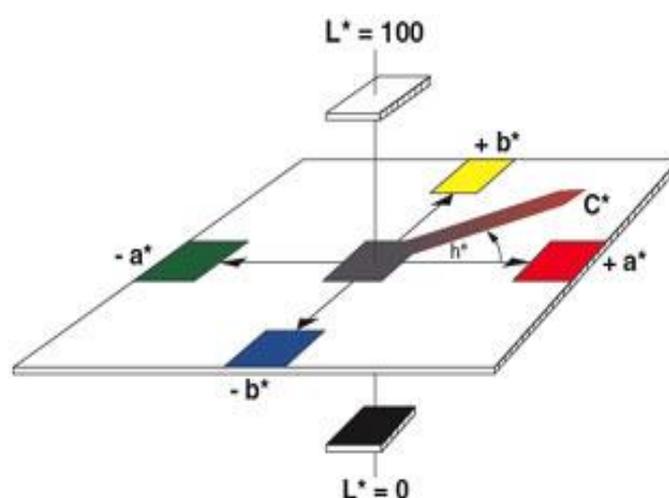


FIGURA 8. Sólido de cores do sistema CIE $L^*a^*b^*$ e descrição do ângulo hue (h^*) e do

índice de saturação croma (C^*).

A cor da casca foi avaliada com o uso de um colorímetro tristímulo, com leitura direta de reflectância das coordenadas L^* (luminosidade), a^* (tonalidades vermelha/verde) e b^* (tonalidades amarela/azul), empregando a escala Hunter-Lab e utilizando o iluminante $10^\circ/D60$, em três pontos equidistantes da região equatorial do fruto.

A partir dos valores de L^* , a^* e b^* , foram calculados os índices colorimétricos: o croma (C^*), que define a intensidade e a pureza de uma cor (Equação 2); e o ângulo hue (h^*), que define a tonalidade da cor (Equação 3): 0° (vermelho), 90° (amarelo), 180° (verde) e 270° (azul). O E , que é o esbranquiçamento levando-se em consideração as condições iniciais de armazenamento dos frutos será calculado pela Equação 3.

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

$$h^* = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (2)$$

$$E = 100 - \{[(100 - L)^2] + (a)^2 + (b)^2\}^{1/2} \quad (3)$$

4.4.2. Sólidos Solúveis (SS), pH e acidez Titulável (AT)

O teor de sólidos solúveis, pH, acidez titulável da polpa do fruto analisados, foram realizados segundo as Normas Analíticas do IAL (2008).

4.4.3. Espectroscopia de absorção molecular no UV –Vis

As amostras foram analisadas por espectroscopia de absorção no UV-Vis em um equipamento de marca Perkin-Elmer modelo LS-50, em cubetas de quartzo de 1 mL com caminho ótico de 1 cm. As cubetas foram posicionadas no equipamento de maneira que uma continha uma alíquota do analito e a outra alíquota do solvente, ocorrendo então a varredura do espectro de 200 a 700 nm.

4.4.4. Espectroscopia de Absorção Atômica - FAAS

A concentração de Ag foi determinada utilizando um espectrômetro de absorção atômica Varian (modelo AA240FS, Austrália) equipado com corretor de fundo com lâmpada de deutério. Para determinação de Ag foi utilizada uma lâmpada de cátodo oco

Varian, operando em 10mA e comprimento de onda em 328.07 nm. A curva de calibração foi construída a partir da solução padrão de Ag 1000 mg/L, com faixa de trabalho linear entre 0,5 e 10 mg/L, empregando condições recomendadas pelo fabricante para a realização das medidas.

4.4.4.1. Preparação das amostras

Para a determinação de metais em alimentos foi utilizada a técnica Analítica Espectrometria de Absorção Atômica por Chama (FAAS) com sensibilidade suficiente e necessária para determinar de forma precisa a concentração de Ag presente na fruta. Com a análise por FAAS, as amostras de frutos revestidos e não revestidos foram fragmentadas em: casca, semente e polpa e em seguida foram acondicionadas no *ultra freezer* por aproximadamente 3 horas. Após armazenadas, em temperaturas de até -84°C, preservando a integridade, as amostras foram transferidas para um liofilizador durante 5 dias. Depois de liofilizadas, os frutos (em partes) com e sem revestimentos foram macerados com auxílio de almofariz e pesadas em balança analítica.

Aproximadamente 0,25g (massa seca) da amostra foram pesados e colocados em tubo de politetrafluoroetileno (PTFE) para microondas, em que 1,4 mL de HNO₃ (65% m/v) e 2,0 mL de H₂O₂ (30% m/v) foram adicionados. A mistura foi deixada em repouso por 30 min e, em seguida, o volume foi completado para 10 mL com água ultrapura. Os tubos de PTFE foram submetidos a um programa de aquecimento assistido por microondas, em dois estágios. No primeiro, a temperatura foi aumentada linearmente para 180°C em intervalo de 5 min com uma potência máxima de 400 W e mantido por 15 min. No estágio seguinte, a temperatura foi mantida em 180°C, e a potência foi aumentado para 800W em 5 min, com condições finais mantidas por 5 min. Após este procedimento, as amostras foram transferidas para tubos de polietileno, e avolumadas para 15 mL com água ultrapura. O procedimento foi realizado em triplicata. Para avaliar a qualidade dos reagentes e a veracidade do método analítico foram preparadas soluções em branco que foram submetidos aos mesmos procedimentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. OTIMIZAÇÃO DA FORMULAÇÃO DO REVESTIMENTO COMÉSTIVEL COM RELAÇÃO AS RESPOSTAS PÓS COLHEITA DA GOIABA

Através dos resultados da Tabela 5, é possível avaliar individualmente os efeitos dos valores dos 12 experimentos variando as concentrações de Alginato de sódio (%) e Glicerol (%) sobre as respostas pós-colheita das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.

TABELA 5 – Valores médios para as respectivas respostas pós-colheita das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente utilizando o DCCR.

NÚMERO DO EXPERIMENTO	FATORES			RESPOSTAS		
	ALGINATO	GLICEROL	PM (%)	pH	ATT (% de ácido cítrico)	SST (°Brix)
Controle	-	-	17,26	4,40	2,00	11,43
1	-1 (0,85)	-1 (1,00)	15,57	4,30	2,35	11,18
2	1 (2,65)	-1 (1,00)	13,39	4,33	2,24	10,66
3	-1 (0,85)	1 (3,50)	12,76	4,29	2,43	10,70
4	1 (2,65)	1 (3,50)	10,93	4,33	2,08	8,37
5	-1,41 (0,50)	0 (2,25)	13,19	4,30	2,52	9,09
6	1,41 (3,0)	0 (2,25)	13,46	4,29	2,01	8,58
7	0 (1,75)	-1,41 (0,50)	14,02	4,32	2,35	8,23
8	0 (1,75)	1,41 (4,00)	14,06	4,38	2,44	9,20
9	0 (1,75)	0 (2,25)	12,69	4,27	2,30	8,82
10	0 (1,75)	0 (2,25)	12,79	4,26	2,25	9,36
11	0 (1,75)	0 (2,25)	14,71	4,31	2,48	9,24
12	0 (1,75)	0 (2,25)	12,93	4,30	2,02	8,97

Fonte: Dados da pesquisa

É possível observar uma perda de massa das goiabas, ao longo dos 8 dias de armazenamento para os frutos cobertos com menos contração de alginato de sódio, chegando a 15,57% no experimento 1. Destaque para os frutos cobertos com a concentração de 2,65% de alginato de sódio que apresentam menor perda de massa. Os resultados mostram que o experimento 4 contendo 2,65% de alginato de sódio e 3,5% de glicerol mostrou que os frutos obtiveram a menor perda de massa (10,93%),

indicando que concentrações mais elevadas da cobertura podem ser eficientes em minimizar as perdas de massa causada pela transpiração do fruto. Portanto, a aplicação de revestimentos a base de polissacarídeo (alginato de sódio) + glicerol (plastificante) e os outros componentes fixos: nanopartícula de prata e extrato de cravo contribuem de forma satisfatória reduzindo a perda de massa da goiaba quando aplicado ao revestimento.

Bourtoom (2007), afirma que os revestimentos a base de polissacarídeos podem retardar a perda de água dos frutos para o ambiente por atuarem como agente sacrificante, ou seja, por permitirem que a umidade do gel antes da desidratação do fruto. O fruto controle, sem revestimento apresentou uma maior perda de massa (17,26%) tendendo a uma deterioração mais rápida do que os frutos cobertos com revestimento.

De acordo com a Tabela 5, os frutos com revestimento a base alginato de sódio e glicerol como atributos variáveis, sobre os valores de pH, verificou-se que todos nos experimentos houve um indicativo de controle de amadurecimento por apresentarem menores valores médios na faixa de 4,26 a 4,38. Indicando que a utilização dos revestimentos proporcionou uma atmosfera modificada nas goiabas influenciou na alteração do pH nesses frutos, favorecendo o retardamento do amadurecimento do fruto após 8 dias de pós-colheita. Trigo (2010), ao avaliar a qualidade do mamão formosa minimamente processado utilizando revestimentos comestíveis, observou que o pH dos frutos revestidos foi significativamente menor que o controle. Baldwin (1994) afirma a possibilidade de se estabelecer uma micro-atmosfera na superfície externa dos frutos e hortaliças adicionadas de revestimentos comestíveis, a qual protege os mesmos de algumas alterações fisiológicas naturais durante a pós-colheita.

As repostas pós-colheita para AIT entre os experimentos houve diferença de valores variando de 2,02 a 2,52% (Tabela 5). Pode-se inferir que concordando com os valores obtidos de pH, entre outros, os tratamentos com variações de concentração de Alginato de sódio(%) e Glicerol (%) contribuíram para o desaceleramento do processo normal de amadurecimento das goiabas, visto que a diminuição da acidez está associada ao consumo de ácidos no processo respiratório, em decorrência do avanço da maturação.

Os valores encontrados para o teor de Sólidos Solúveis Totais (STT) em goiabas revestidas a base de concentração variáveis de Alginato de sódio (%) e Glicerol (%)

para alguns experimentos apresentou diferença de valores variando de 8,97 a 11,43 ao longo dos 8 dias de armazenamento pós-colheita das goiabas. De modo geral, essas variações de SST pode ter sido influenciada devido as variações das concentrações de composição dos revestimentos que possuem barreiras de oxigênio reduzindo a concentração de oxigênio (O_2) ou elevando do gás carbônico (CO_2) podendo assim atrasar o amadurecimento dos frutos, diminuindo a taxa respiratória e a produção de etileno. Portanto, a utilização dos revestimentos aplicados as goiabas interferiram no processo de maturação dos frutos, contribuindo para o atraso do amadurecimento.

Analisando a figura 9a, pode-se concluir que elevadas concentrações de Alginato de sódio e Glicerol contribuem de forma satisfatória para a conservação das goiabas revestidas após 8 dias de pós-colheita. Tendendo conferir maior resistência aos frutos revestidos assim, trabalho mostra o desempenho dos revestimentos sobre a contenção da perda de massa dos frutos revestidos.

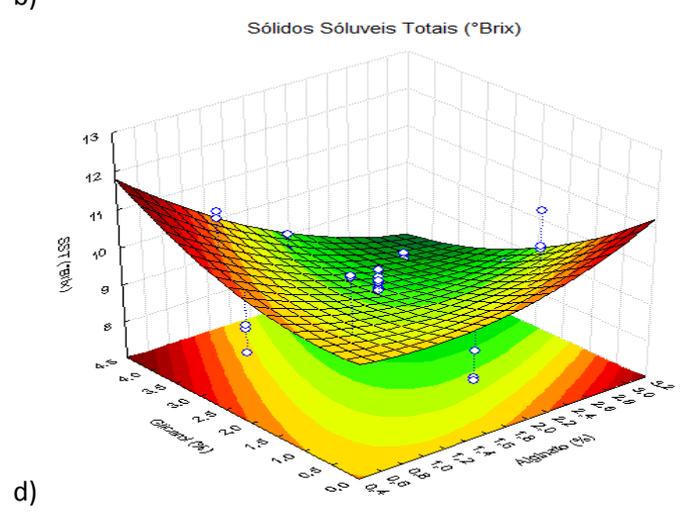
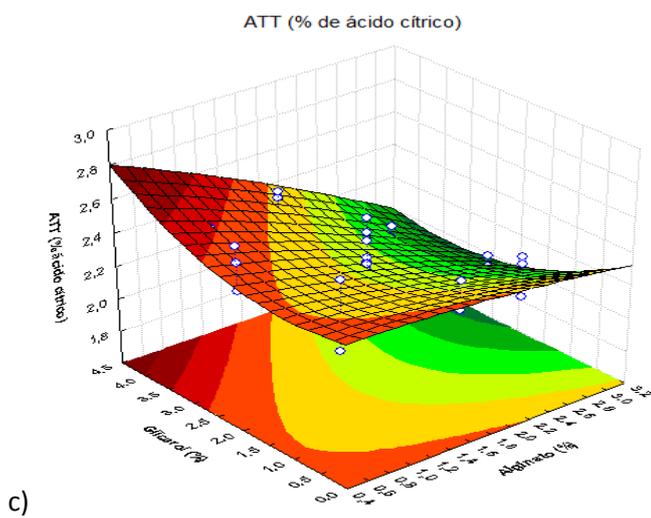
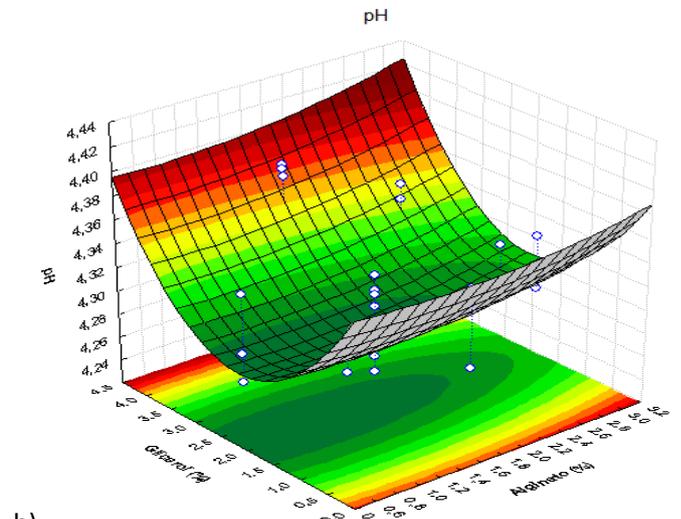
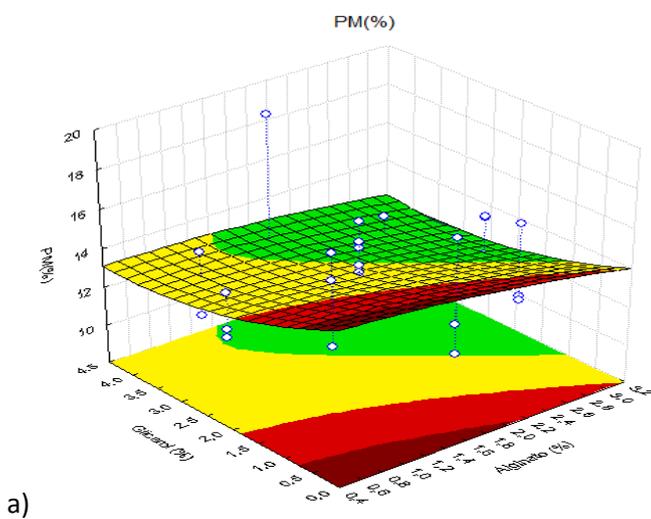


FIGURA 9. Curvas de Superfície de Resposta: a) Perda de Massa, b) pH, c) Acidez Total Titulável e d) Sólidos Solúveis Totais das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.

A figura 9b mostra por meio de superfícies de respostas as combinações das concentrações de Aliganto de sódio e Glicerol nos revestimentos. Analisando o gráfico, pode-se concluir que baixas concentrações de Alginato de sódio e medianas concentrações de Glicerol influenciou na alteração do pH nos frutos revestidos, favorecendo o retardamento do amadurecimento do fruto após 8 dias de pós-colheita.

A figura 9c indica que baixas concentrações de Alginato de sódio e Glicerol contribuem para retardar o processo normal de amadurecimento das goiabas, uma vez que, os revestimentos foram favoráveis para a redução da acidez que está associada ao consumo de ácidos no processo respiratório, em consequência do avanço da maturação.

Observando a figura 9d, nota-se que elevadas concentrações de Alginato de sódio e Glicerol na produção dos revestimentos tiveram influência no processo de maturação das goiabas após 8 dias de pós-colheita favorecendo o retardo do amadurecimento.

De forma geral, ao analisar as curvas de respostas com as combinações de fatores das formulações dos revestimentos, foi possível observar os efeitos satisfatórios na qualidade dos revestimentos para as respostas pós-colheita houve a redução da perda de massa, do grau de deterioração e conseqüentemente retardo da senescência da goiaba pós-colheita.

Os resultados da Tabela 6, é possível avaliar individualmente os efeitos dos valores dos 12 experimentos variando as concentrações de Alginato de sódio (%) e Glicerol (%) sobre as respostas das análises de cor das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.

Quanto aos parâmetros de cor, a luminosidade (L^*) para o fruto controle (56,35) se manteve com valores mais altos ao longo do armazenamento (Tabela 6), apresentando diferenças em relação às goiabas revestidas com valores na faixa de 55,19 a 39,36. No geral, os valores de L, para os frutos com revestimentos variando a concentração de Alginato de sódio (%) e Glicerol (%) obtiveram resultados satisfatórios, mantendo a cor atraente e assim contribuindo com resultados positivos em relação à luminosidade do fruto, conferindo boa influência do uso dos revestimentos sobre este atributo.

TABELA 6 – Valores médios para as respectivas repostas das coordenadas de cor das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente utilizando o DCCR..

NÚMERO DO EXPERIMENTO	FATORES		RESPOSTAS		
	ALGINATO	GLICEROL	L*	a*	b*
Controle	-	-	56,35	9,63	54,28
1	-1 (0,85)	-1 (1,00)	50,99	2,42	51,99
2	1 (2,65)	-1 (1,00)	43,51	-5,44	45,07
3	-1 (0,85)	1 (3,50)	55,47	8,51	52,92
4	1 (2,65)	1 (3,50)	44,11	-4,79	47,19
5	-1,41 (0,50)	0 (2,25)	55,19	5,29	52,24
6	1,41 (3,0)	0 (2,25)	39,36	-6,07	43,02
7	0 (1,75)	-1,41 (0,50)	46,89	-2,81	46,56
8	0 (1,75)	1,41 (4,00)	42,00	-5,91	45,00
9	0 (1,75)	0 (2,25)	44,57	-4,92	47,54
10	0 (1,75)	0 (2,25)	47,22	-5,16	48,10
11	0 (1,75)	0 (2,25)	46,08	-5,27	45,53
12	0 (1,75)	0 (2,25)	45,83	-3,48	49,38

Fonte: Dados da pesquisa

Com relação ao parâmetro de a*, os frutos controle atingiram valores de a*positivos (9,63), designando uma tendência para a cor vermelha, diferente dos demais experimentos que apresentaram valores negativos até 8º dia de armazenamento, indicando uma coloração verde da casca. Com exceção dos tratamentos (1, 3 e 5) que obtiveram comportamento semelhante ao fruto controle.

De forma análoga ao analisar o parâmetro b*, que indica coloração amarela quando o valor é positivo, o valor foi maior para o controle, podendo ser um indicativo de que o processo de amadurecimento ocorreu de forma mais acelerada nesta amostra e de que os revestimentos foram efetivos na diminuição da velocidade de amadurecimento das goiabas.

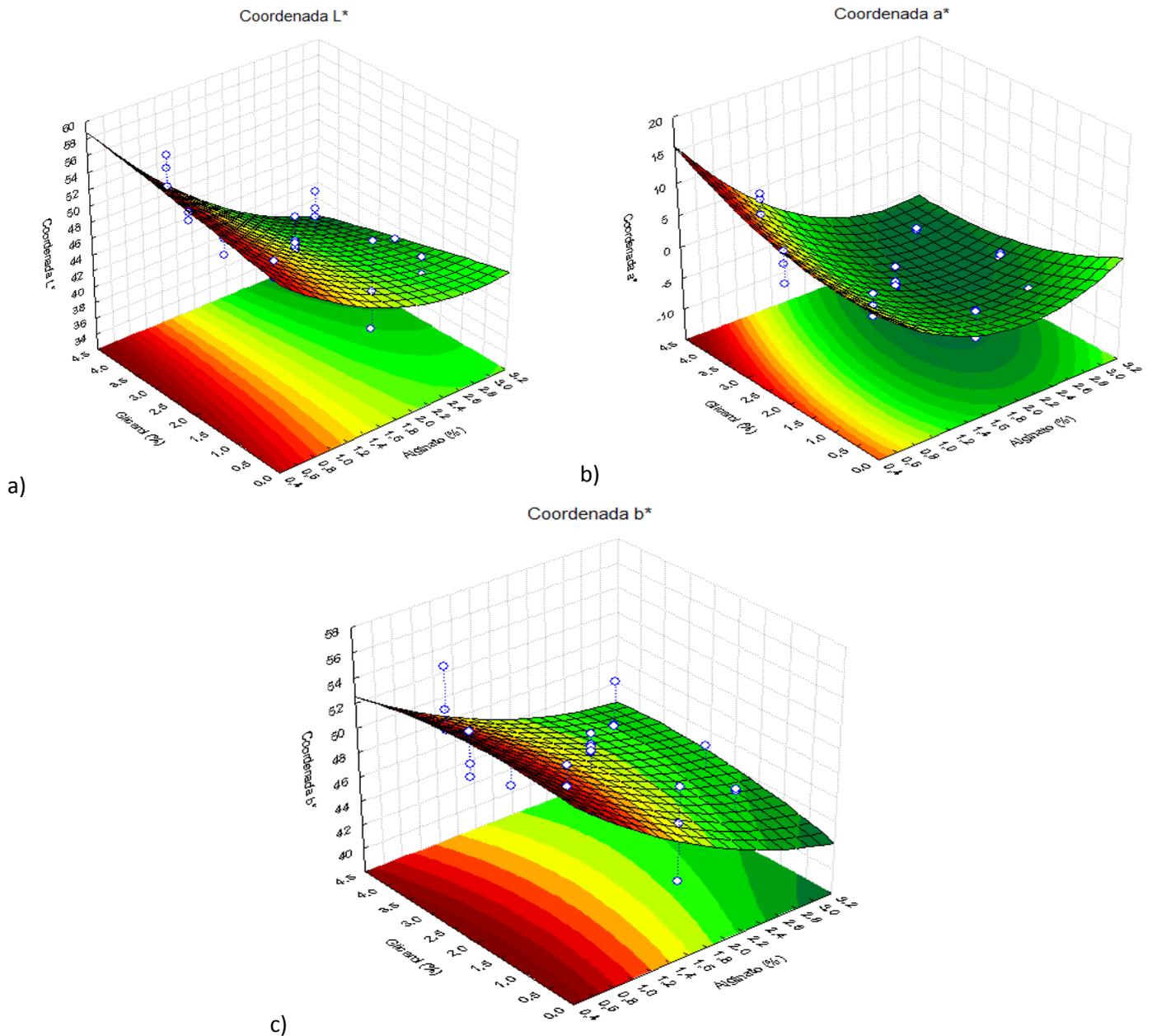


FIGURA 10. Curvas de Superfície de Resposta das coordenadas de cor (L^* , a^* e b^*) das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.

Ao analisar as superfícies de respostas e as cruvas de contorno da Figura 10a, observa-se que elevadas concentrações de Alginato de sódio e Glicerol contibuem com resultados positivos em relação a luminosidade do fruto comprovando que obtiveram resultados satisfatórios, tais como: manutenção da cor atraente, luminosidade da goiaba durante os 8 dias de armazenamnto pós-colheita a temperatura ambiente. Caracterizando boa influência do uso dos revestimentos sobre este atributo.

Observando a Figura 10b, nota-se que concentrações medianas de Alginato de sódio e variáveis de Glicerol para produção dos revestimentos, tiveram influência sobres

os valores negativos de a* contribuindo na preservação da cor para a intensidade verde, dificultando o processo de maturação das goiabas após 8 dias de pós-colheita.

A Figura 10c, mostra que elevadas concentrações de Algiato de sódio e baixas concentrações de Glicerol para o atributo b* foram efetivos na diminuição da velocidade do amadurecimento Este comportamento indica que os revestimentos tiveram efeito positivo sobre o fruto, retardando o avanço na maturação das goiabas.

De acordo com a Tabela 7, é possível avaliar individualmente os efeitos dos valores dos 12 experimentos variando as concentrações de Alginato de sódio (%) e Glicerol (%) sobre as respostas das análises de cor das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.

TABELA 7 - Valores médios para as respectivas repostas das coordenadas de cor das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente utilizando o DCCR.

NÚMERO DO EXPERIMENTO	FATORES		RESPOSTAS		
	ALGINATO	GLICEROL	Croma*	Hue*	Esbranquiçamento
Controle	-	-	159,16	79,85	29,47
1	-1 (0,85)	-1 (1,00)	71,05	47,40	28,30
2	1 (2,65)	-1 (1,00)	75,72	-83,11	27,45
3	-1 (0,85)	1 (3,50)	135,20	80,78	30,19
4	1 (2,65)	1 (3,50)	71,25	-84,21	26,67
5	-1,41 (0,50)	0 (2,25)	86,33	84,20	30,86
6	1,41 (3,0)	0 (2,25)	80,38	-81,97	25,29
7	0 (1,75)	-1,41 (0,50)	64,13	-66,31	28,92
8	0 (1,75)	1,41 (4,00)	80,80	-82,54	26,28
9	0 (1,75)	0 (2,25)	73,26	-84,05	26,77
10	0 (1,75)	0 (2,25)	75,93	-83,81	28,29
11	0 (1,75)	0 (2,25)	75,68	-83,36	29,16
12	0 (1,75)	0 (2,25)	66,11	-65,93	26,58

Fonte: Dados da pesquisa

Os valores de Croma observados na Tabela 7 variaram de 135,20 a 86,33 para os frutos com revestimentos e para o controle 159,16. Valores elevados de Croma indicam a transição da coloração verde para o amarelo, verificando que nos frutos revestidos essa mudança foi controlada, devido aos baixos valores desse parâmetro, comprovando

dessa maneira, a efetividade dos tratamentos com relação à conservação pós-colelita dos frutos.

O ângulo de amadurecimento h (Hue) indica a mudança da coloração assegurando diferenças de cor entre os frutos com aplicação do revestimento e o controle. Foram verificadas alterações nos valores das variáveis do revestimento ao longo do experimento, conforme demonstrando pela Tabela 7. Houve redução mais intensa do ângulo Hue para os frutos controle após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente em virtude da sua maturação, indicando a mudança da cor de verde para amarelo. As goiabas submetidas aos revestimentos apresentaram valores mais elevados do ângulo de Hue o que reflete numa mudança de cor mais lenta dos índices de coloração demonstrando a eficácia do revestimento.

A Figura 11b, demonstra que medianas concentrações de Algiato de Sódio e variáveis concentrações de Glicerol colaboram com uma mudança mais lenta na coloração do fruto e retardam o processo de maturidade dos frutos.

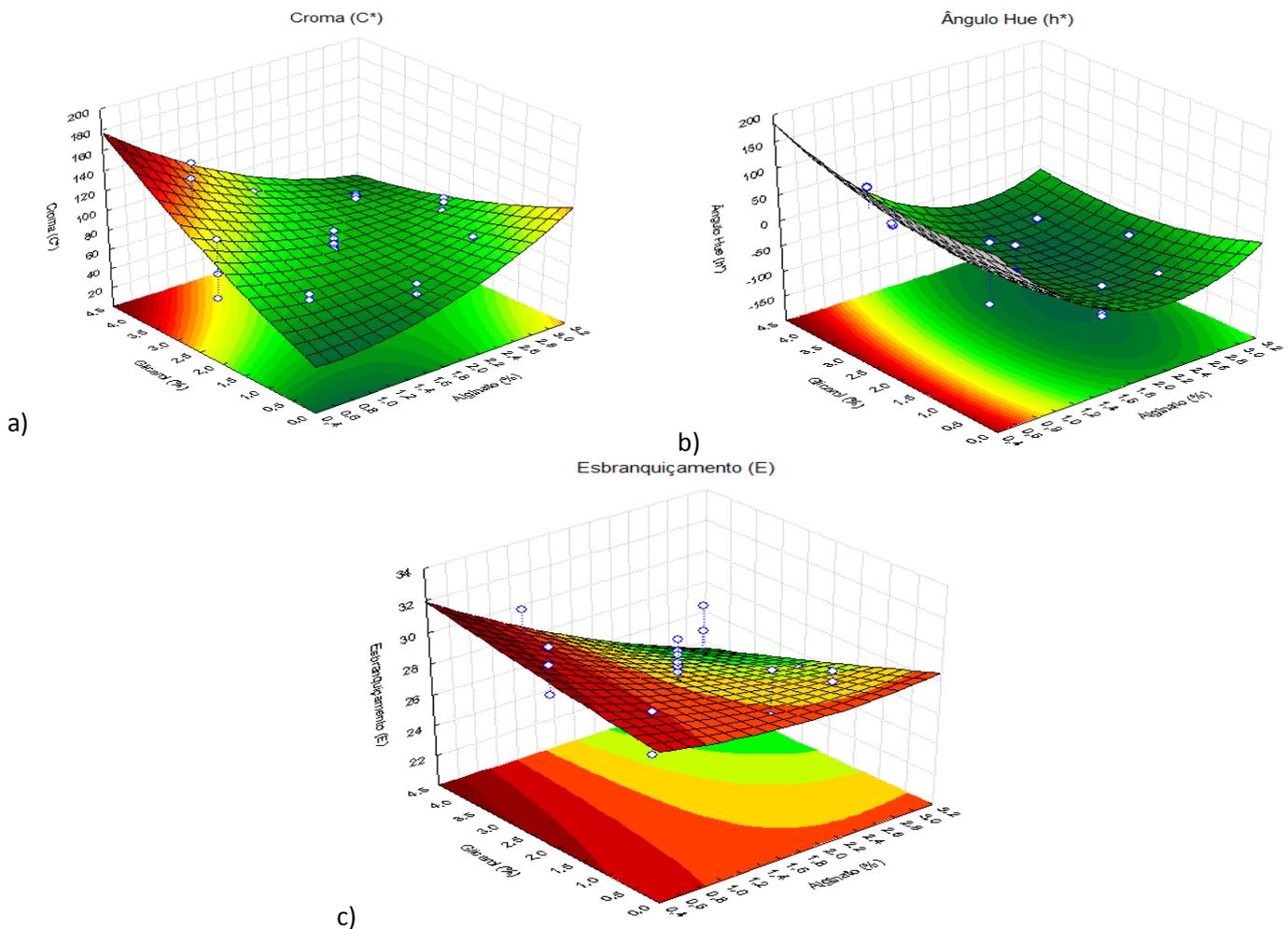


FIGURA 11. Curvas de Superfície de Resposta das coordenadas de cor (Croma, Hue e Esbranquiamento)

das goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente.

Os parâmetros avaliados pelas curvas de superfície de respostas confirmam que os resultados visualizados nas Figuras 11, são fatores importantes para a manutenção da qualidade dos frutos. Isso demonstra que os revestimentos aplicados às goiabas favorece um período de comercialização superior ao de frutas *in natura*, apresentando efeitos satisfatórios na conservação das goiabas e prolongando sua vida útil.

4.1.1. Validação do D-Ótimo

A Tabela 8 apresenta os níveis de importância proposta para cada resposta numa escala de 0 a 5, sendo essa uma etapa para geração do projeto de experimentos utilizando o programa Design-Expert® (Stat-Ease-EUA).

TABELA 8: Informações utilizadas para geração do projeto de experimentos pelo programa Design-Expert® (Stat-Ease-EUA).

RESPOSTAS	OBJETIVO	IMPORTÂNCIA
Perda de massa (%)	Minimo	5
pH:	Minimo	3
Acidez total Titulável (% de ácido cítrico)	Máximo	4
Solidos Solúveis Totais (°Brix)	Minimo	5
Coordenada a*:	Minimo	5
Coordenada b*	Minimo	4
Coordenada L*	Minimo	2
Croma	Máximo	3
Hue	Minimo	4
Esbranquiçamento	Minimo	4

Fonte: Dados da pesquisa

Levando em consideração que a Perda de Massa, Solidos Solúveis Totais e coordenada a* são parâmetros de alta relevância para avaliação da qualidade pós-colheita de goiabas, essas respostas foram apresentadas como nível 5 de importância.

Na Tabela 9 encontra-se os valores de D-ótimo para formulação do revestimento contendo Alginato de Sódio e Glicerol gerado pelo programa Design-Expert®.

TABELA 9. Concentração de Alginato e Glicerol (D-Ótimo) gerado pelo programa

Designer Expert® através das 10 repostas pós-colheita das Goiabas após 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente

	ALGINATO (%)	GLICEROL (%)
D-ÓTIMO	2,65	0,36

Fonte: Dados da Pesquisa

Na Tabela 10 encontra-se os valores Preditos, gerados pelo projeto de experimentos gerados pelo programa Designer Expert® e os valores validados, através da repetição do experimento utilizando a formulação do revestimento sugerida pelo D-Ótimo.

TABELA 10. Valores Preditos gerados pelo programa Designer Expert® e os valores validados, através da repetição do experimento utilizando a formulação do revestimento sugerida pelo D-Ótimo.

	RESPOSTAS					
	PM(%)	pH	ATT (% de ácido cítrico)	SST (°Brix)		
Valores Preditos	13,37	4,29	2,13	9,36		
Valores Validados	11,17±0,89	4,53±0,06	2,08±0,10	10,02±0,88		
	L*	a*	b*	Croma	Hue	Esbranquiçamento
Valores Preditos	41,68	-6,18	44,63	74,33	-95,77	26,46
Valores Validados	40,75±1,07	-6,10±0,91	40,76±1,02	77,97±1,75	-81,48±1,55	27,82±1,31

Fonte: Dados da Pesquisa

Observando a Tabela 10 percebe-se que a validação da condição predita das 10 repostas pós colheita encontrados na geração do projeto de D-Ótimo foi obtida ao repetir o experimento nas mesmas condições feitas anteriormente, mostrando assim a eficácia do método e do programa estatístico utilizado para otimização da formulação do revestimento comestível em questão.

Fatores como PM, pH, ATT, SST, L*, a*, b*, Croma, Hue e Esbranquiçamento, são exemplos típicos de variáveis do método. Alterações nos níveis dessas variáveis podem afetar o resultado obtido através de seus efeitos principais e interações com as variáveis aplicadas nos revestimentos proporcionando a formulação que permite uma melhor resposta no armazenamento do fruto após a colheita.

4.2. ANÁLISES DE VIDA DE PRATELEIRA DAS GOIABAS CONSIDERANDO O D-ÓTIMO

Após realização do experimento e obtenção das respostas satisfatórias usadas para o ajuste do D-ótimo, foram realizadas as análises de vida de prateleira permitindo avaliar o comportamento do revestimento aplicado ao fruto pós-colheita após 25 dias armazenamento a temperatura ambiente.

Na Tabela 11 estão apresentados os valores médios de Perda de Massa (PM %), pH, Acidez Total Titulável (ATT - % de ácido cítrico) e Sólidos Solúveis Totais (BRIX) das goiabas revestidas (T) e não revestidas (C) ao longo do armazenamento das goiabas a temperatura ambiente.

TABELA 11. Valores médios de Perda de Massa (PM %), pH, Acidez Total Titulável (ATT - % de ácido cítrico) e Sólidos Solúveis Totais (BRIX) das goiabas revestidas (T) e não revestidas (C) ao longo do armazenamento.

Tempo (dias)	PM(%)		pH		ATT (% de ácido cítrico)		SST (°Brix)	
	C	T	C	T	C	T	C	T
0	0,00	0,00	3,97a	3,97a	2,05 ^a	2,05a	11,35 ^a	11,35a
5	7,87a	8,83a	4,41a	4,37a	1,91b	2,14a	13,03 ^a	12,62a
10	15,11a	12,89b	4,21b	4,35a	2,09b	2,49a	12,73 ^a	12,52a
15	22,96a	16,94b	4,35a	4,10b	2,14b	2,63a	10,23b	12,22a
20	22,93a	21,40b	4,78a	4,06b	2,30b	2,72a	13,02 ^a	12,13b
25	33,24a	26,08b	4,25a	4,18b	2,16b	2,53a	12,21 ^a	11,43b

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha considerando o Controle (C) e Tratamento (T), não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 11, houve diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste t, a partir de determinados dias de armazenamento, entre as goiabas revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) para perda de massa, pH, acidez titulável e sólidos solúveis, armazenadas a temperatura ambiente durante 25 dias. Observou-se que para Perda de Massa e pH a partir de 10 dias de armazeneto ocorreu diferença significativa entre tratamento e controle, verificando que a PM e pH obtiveram valores menores para frutos revestidos, sendo desejável considerando a conservação dos mesmos.

Os valores de Acidez Total Titulável se diferiram significativamente a 5% de probabilidade pelo teste t a partir de 15 dias de armazenamento, apresentando valores superiores para frutos revestidos, demonstrando a capacidade de conservação das goiabas tratadas com revestimentos comestíveis contendo alginato e glicerol na concentração avaliada. A degradação dos ácidos orgânicos ocorre durante o processo de amadurecimento dos frutos climatéricos, o retardamento dessa degradação tende a aumentar a vida de prateleira desses frutos. Segundo Etienne et al, (2013) a acidez é um componente importante na qualidade organoléptica, sendo cítrico e málico os principais ácidos encontrados em frutas. A acumulação destes ácidos nas frutas é o resultado de vários processos interligados que ocorrem em diferentes compartimentos da célula e parecem estar sob o controle de diversos fatores.

Na Figura 12 estão apresentados os resultados da perda de massa para as goiabas com e sem revestimento ao longo do armazenamento.

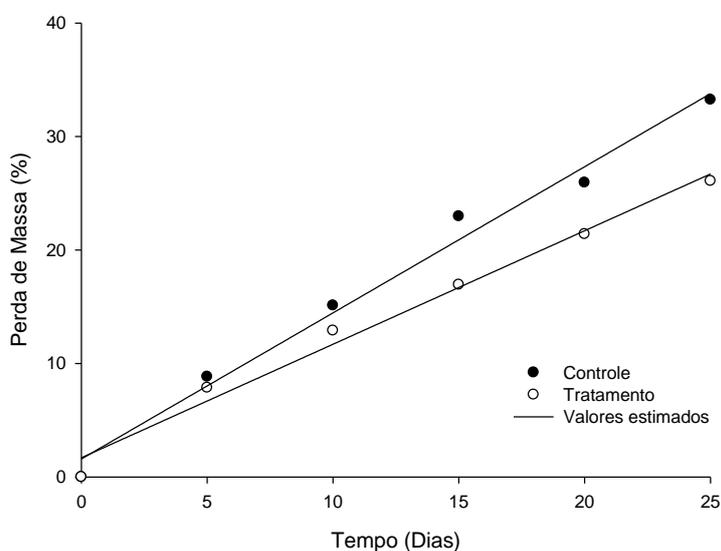


FIGURA 12. Valores médios de Perda de Massa (%) das goiabas tratadas com revestimento comestível contendo Alginato e Glicerol (Formulação do D-Ótimo) e não tratadas (Controle) ao longo do armazenamento.

A perda de massa aumentou no decorrer dos dias de armazenamento, sendo que as goiabas controle (C) apresentaram a maior perda de massa durante os 25 dias de armazenamentos. Essa perda pode ser devido à eliminação de umidade e de material de reserva pela transpiração e respiração, que pode ter sido intensificada pela utilização do

respectivo recobrimento, influenciado negativamente na qualidade do produto. De acordo com Yang e Hoffman (1984) a perda de massa ocorre em função do tempo de armazenamento, da transpiração e da permeabilidade do recobrimento. Em frutas minimamente processados, o corte aumenta a sua relação superfície/volume e expõe o tecido à atmosfera potencializando a perda de água, e conseqüentemente perda de massa fresca.

Observou-se que a perda de massa dos frutos com revestimentos (Tratamento) e sem revestimentos (Controle) aumentou gradativamente durante o período de armazenamento e que em ambas as condições de armazenamento as maiores perdas foram para as goiabas sem aplicação de revestimento (Controle). Segundo Zhu et al, (2008) a perda de massa em frutas e vegetais in natura ocorre devido à perda de água causada por processos de transpiração e respiração. Forato et al, (2015), avaliaram o efeito de revestimentos comestíveis preparados com goma de cajueiro e carboximetilcelulose na conservação de goiabas frescas e cortadas, também observaram que as amostras não revestidas apresentaram rápida taxa de degradação, enquanto os frutos que receberam revestimentos obtiveram maior tempo de conservação; verificando-se que estes atuam positivamente, como agente conservante retardando a perda de massa nos frutos.

De acordo com Bourtoom (2007) apesar de permitirem a passagem das moléculas de vapor d'água, os revestimentos a base de polissacarídeos podem retardar a perda de água dos frutos para o ambiente por atuarem como agente sacrificante, ou seja, por permitirem que a umidade do gel evapore antes da desidratação do fruto, o que possivelmente ocorreu nos frutos cobertos com alginato a 2,65%. Fan et al, (2009) também relataram menor perda de massa em morangos tratados com alginato de sódio a 2,0 %, sendo este efeito ainda maior quando a cobertura foi incorporada com leveduras *Cryptococcus laurentii*, microrganismos antagonistas que auxiliam no controle do crescimento de fungos e mantêm a qualidade comercial do produto por mais tempo.

A Figura 13 apresenta os resultados do comportamento do pH das goiabas tratadas com revestimento comestível contendo Alginato e Glicerol (Formulação do D-Ótimo) e não tratadas (Controle) ao longo do armazenamento, verifica-se que houve pouca oscilação na variável pH em função do tempo de armazenamento e independentemente das goiabas com e sem revestimentos.

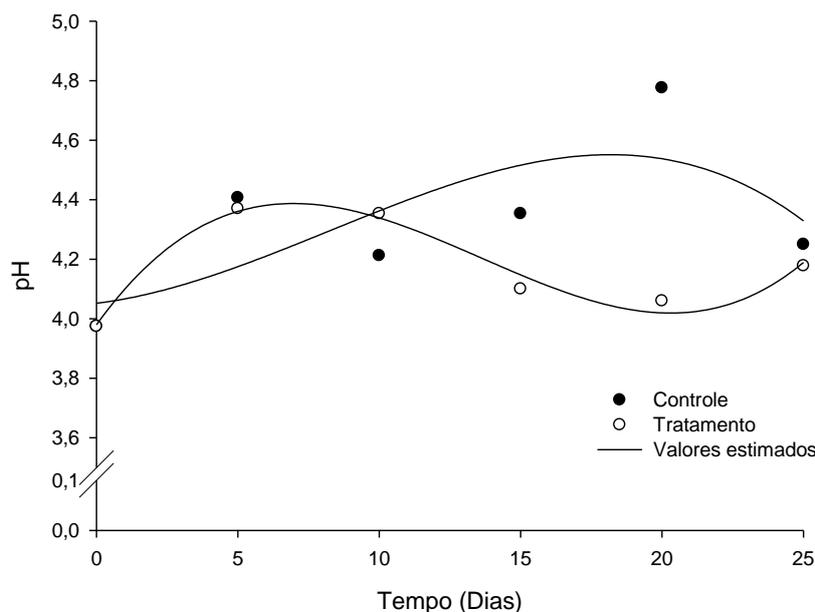


FIGURA 13. Valores médios de pH das goiabas tratadas com revestimento comestível cotendo Alginato e Glicerol (Formulação do D-Ótimo) e não tratadas (Controle) ao longo do armazenamento.

Observou-se decréscimo de pH a partir do 10º dia, seguido por um leve incremento devido a redução da acidez, que ocorreu após esse período para a maioria dos frutos com revestimento sob condição de armazenamento à temperatura ambiente. Os frutos revestidos apresentaram um valor médio de pH de 4,0 a 4,3 e as goiabas sem revestimento indicam um valor médio de pH de 4,2 a 4,8 em ambas as temperaturas ambientes (Figura 13). Aquino et al, (2015), observou que os valores de pH em goiabas com revestimento à base de amido de mandioca e quitosana ou sem revestimento, manteve-se entre 3,85 e 4,10, apresentando pequenas diferenças significativas entre os tratamentos ao longo do período de armazenamento. Nesse trabalho, as goiabas revestidas com nanopartícula de prata e extrato de cravo apresentaram valores semelhante de pH aos de goiabas revestidas à base de amido de mandioca.

O aumento no pH pode estar relacionado com a perda de água dos produtos armazenados a temperatura ambiente, fazendo com que os ácidos fiquem mais concentrados. O pH aumenta com o tempo de armazenamento dos frutos (MORAES et al, 2012). Os resultados demonstram claramente a relação entre pH e acidez, com

aumento do primeiro (Figura 13) à medida que a acidez diminui (Figura 14), tornando o fruto mais palatável (SERPA et al, 2014), por torná-lo mais maduro.

Segundo Moraes et. Al, 2012, peras revestidas com alginato de sódio e carragena tiveram pH mais baixos que os frutos não revestidos, assim como ocorreu neste estudo. A utilização de alguns revestimentos desacelera alterações no pH, influenciando, desta forma, a acidez (MORAES, et al, 2012). Possivelmente, estes eventos ocorram devido à redução no processo respiratório.

A Figura 14 apresenta os resultados do comportamento da Acidez Total Titulável das goiabas tratadas com revestimento comestível e não tratadas (Controle).

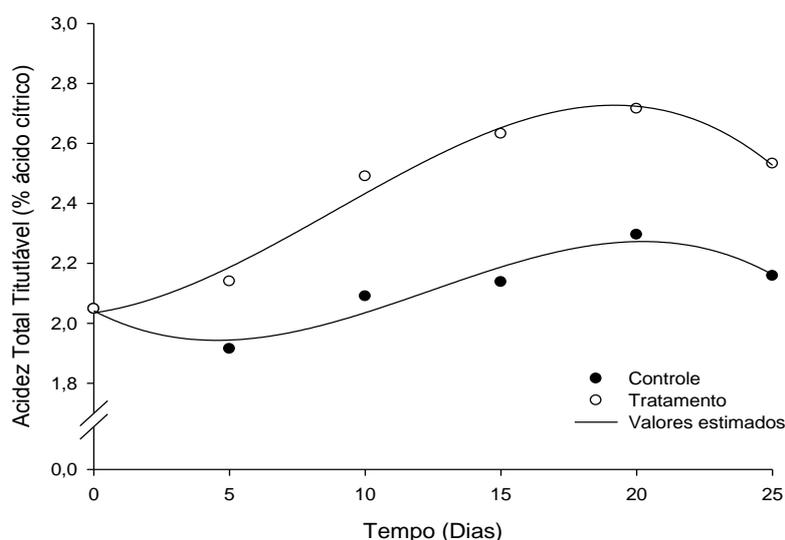


FIGURA 14. Valores médios de Acidez Total Titulável (ATT) das goiabas tratadas com revestimento comestível contendo Alginato e Glicerol (Formulação do D-Ótimo) e não tratadas (Controle) ao longo do armazenamento.

Para a ATT, houve interação entre os fatores tempo de armazenamento e goiabas com e sem revestimentos (Figura 14).

É tendência que ocorra redução da acidez nos frutos com o tempo de armazenamento, fato esse ocorrido do presente trabalho. A partir do 20º dia nota-se uma tendência na redução da acidez. (Figura 14). Possivelmente, este comportamento tenha sido provocado pela redução na respiração decorrente do uso dos revestimentos, levando à menor degradação de ácidos orgânicos (MIGUEL et al, 2009). Trabalhos mostram que a utilização de revestimento em mangas, como a quitosana, tem reduzido a taxa respiratória dos frutos (ZHU et al, 2008). Isso ocorre devido à permeabilidade dos

revestimentos aos gases (O_2 e CO_2), tendo influência, desta forma, sobre o amadurecimento de frutas (PAUL and PANDEY, 2014).

Em frutos como morangos revestidos com ceras de cabaça e carnaúba, observou-se eficiência na manutenção da acidez (SREENIVAS, 2011). Essas respostas, repercutindo em valores elevados para acidez, são indicativos de atraso na maturação (HUSSAIN et al, 2010).

Observa-se na Figura 15 que os teores de SST foram influenciados pela interação entre o tempo de armazenamento e as goiabas com e sem revestimentos aplicados. Apesar de os frutos submetidos ao revestimento comestível terem perdido massa no decorrer do armazenamento a temperatura ambiente, foram os que tiveram os menores teores de SST, quando comparados as goiabas sem revestimento.

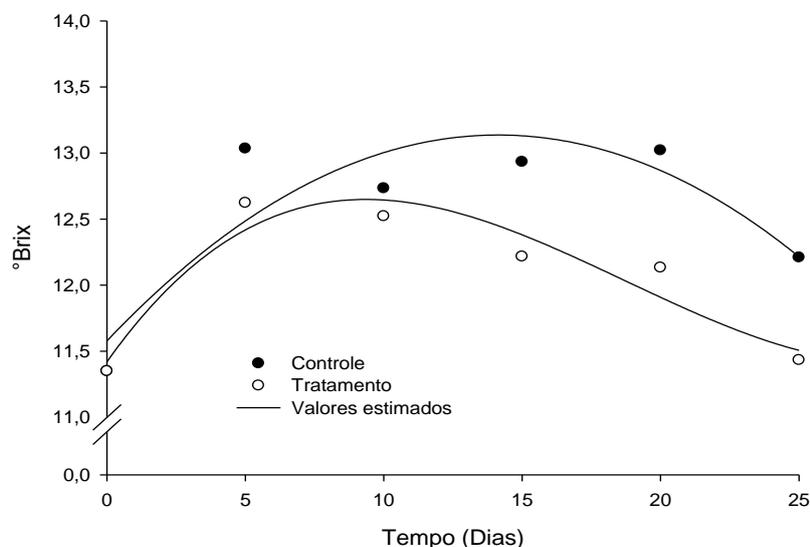


FIGURA 15. Valores médios de Sólidos Solúveis Totais (°Brix) das goiabas tratadas com revestimento comestível cotendo Alginato e Glicerol (Formulação do D-Ótimo) e não tratadas (Controle) ao longo do armazenamento.

Verifica-se que nos frutos com revestimentos os teores de Sólidos Solúveis Totais eram menores que as goiabas sem revestimento. As diferenças aumentaram a partir do 5º dia de armazenamento à temperatura ambiente houve uma redução no teor de SST, sendo que as goiabas com revestimentos comestível mantiveram-se com teores mais baixos, indicando um atraso na maturação. Houve uma queda nos teores de SST ao longo dos dias nas goiabas com revestimentos, passando de 12,5 °Brix no início do

armazenamento para 11,5 °Brix ao final. Nos frutos sem revestimento também foi possível observar uma redução no teor de sólidos solúveis.

Valores semelhantes foram encontrados por Mendonça et al, (2007) ao avaliarem goiabas ‘Cortibel 1’ (de polpa vermelha) e ‘Cortibel 4’ (de polpa branca), entretanto, os resultados de Mendonça et al, (2007) indicam que os teores de SST aumentaram ao longo do armazenamento, variando de 8 °Brix a 12 °Brix.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) o teor de SST é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, apesar de estarem incluídas nesta medida outras substâncias que se encontram dissolvidas no suco celular (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos, etc.). Normalmente, os teores de açúcares aumentam com o amadurecimento das frutas por meio de processos biossintéticos ou pela degradação de polissacarídeos, quando há conversão de amido em açúcares solúveis. Outro fator que contribui para o aumento no teor dos SST ao longo do amadurecimento é a perda de massa fresca, o que faz com que os sólidos fiquem mais concentrados na polpa. O teor de SST na polpa do fruto pode diminuir após um período prolongado de armazenamento, caso o consumo de açúcares como substrato no processo respiratório seja superior aos processos de degradação de polissacarídeos.

Um estudo realizado por Siqueira (2012) verificou que os teores de SST de goiabas tratadas com alginato de sódio em diferentes concentrações variaram em função das coberturas aplicadas e do tempo de armazenamento. Nos frutos recobertos com o alginato de sódio nas concentrações de 0,5 % e 1,5 %, verificou-se um decréscimo no teor de SST com o avanço do armazenamento. Os frutos recobertos com o polímero na concentração de 1,5 % apresentaram teor de SST mais alto no início do armazenamento e mantiveram esses valores superiores ao controle até o sexto dia. Já os frutos revestidos com o alginato na concentração de 0,5 % apresentaram uma redução no teor de SST até o sexto dia, com um pequeno aumento no oitavo dia, mas que não se mostrou significativamente diferente das demais concentrações. No presente trabalho também pode-se constatar que o revestimento comestíveis aplicado as goiabas a partir do 8º dia houve uma redução no teor de sólido solúveis totais (Figura 15).

A Tabela 12- contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de variação das coordenadas: Perda de Massa (*PM*), pH, Acidez Total Titulável (ATT - % de ácido cítrico) e Sólidos Solúveis Totais (°Brix) das goiabas

revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) em função do tempo de armazenamento (t), bem como seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

TABELA 12. Equações ajustadas aos valores experimentais de Perda de Massa (PM), pH, Acidez Total Titulável (ATT - % de ácido cítrico) e Sólidos Solúveis Totais ($^{\circ}$ Brix) das goiabas revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

RESPOSTA		EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	R^2
PM (%)	Controle	$\widehat{PM} = 1,5840 + 1,2877*t$	0,9931
	Tratamento	$\widehat{PM} = 1,6929 + 1,004*t$	0,9930
pH	Controle	$\widehat{PM} = 4,0521 + 0,0116*t + 0,0033*t^2 - 0,0001*t^3$	0,8156
	Tratamento	$\widehat{PM} = 43,9796 + 0,1321*t - 0,0127*t^2 + 0,0003*t^3$	0,9831
ATT (% de ácido cítrico)	Controle	$\widehat{PM} = 2,0417 - 0,0470*t + 0,0063*t^2 - 0,0002*t^3$	0,9555
	Tratamento	$\widehat{PM} = 2,0349 + 0,0129*t + 0,0043*t^2 - 0,0002*t^3$	0,9916
Sólido Solúveis Totais ($^{\circ}$ Brix)	Controle	$\widehat{PM} = 11,5781 + 0,2205*t - 0,0078*t^2$	0,8819
	Tratamento	$\widehat{PM} = 11,5195 + 0,2956*t - 0,0211*t^2 + 0,0004*t^3$	0,9490

*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste "t".

Nota-se, pela significância dos parâmetros das equações ajustadas e pelos altos valores do coeficiente de determinação, que houve uma boa correspondência entre o período de armazenamento e os valores das coordenadas Perda de Massa (PM), pH, Acidez Total Titulável (ATT - % de ácido cítrico) e Sólidos Solúveis Totais ($^{\circ}$ Brix) (Tabela 12). As coordenadas PM, pH, ATT, SST variaram significativamente para todos os tratamentos avaliados.

A Tabela 13 contém os valores médios dos dados experimentais de variação das coordenadas L^* , a^* e b^* das goiabas revestidas (T) e não revestidas (C) ao longo do armazenamento a temperatura ambiente.

Observando a Tabela 13, verifica-se que os valores da coordenada L^* e b^* considerando controle e tratamento, se diferiram significativamente a 5% de probabilidade pelo teste t a partir de 5 dias de armazenamento, apresentando valores inferiores para frutos revestidos, demonstrando a capacidade de conservação das goiabas tratadas com revestimentos comestíveis contendo alginato e glicerol na concentração avaliada.

TABELA 13. Valores médios de cor, coordenadas (L*, a* e b*), das goiabas revestidas (T) e não revestidas (C) ao longo do armazenamento.

Tempo (dias)	L*		a*		b*	
	C	T	C	T	C	T
0	45,51a	45,51a	-6,82a	-6,82a	46,27a	46,27a
5	51,98a	42,17b	3,66a	-4,74a	54,57a	43,31b
10	55,70a	40,26b	11,13a	-3,72b	56,02a	40,76b
15	56,12a	41,57b	16,50a	-3,34b	53,51a	40,91b
20	58,09a	44,31b	15,29a	-3,98b	55,43a	43,41b
25	57,01a	42,88b	18,06a	-2,22b	57,01a	43,28b

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha considerando o Controle (C) e Tratamento (T), não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Verifica-se que a coordenada L* varia de 0 (Preto) a 100 (Branco), sendo assim valores de L* aumentando expressa a degradação da clorofila de frutos climatéricos, processo comum que ocorre durante o amadurecimento desses frutos. Já a coordenada b* varia (+amarelo) a (-azul), quando maior os valores de b* mais amarelado está o fruto, demonstrando que está maduro devido também a degradação da clorofila da casca. Valores inferiores da coordenada b* comprova a eficiência do revestimento contendo Alginato e Glicerol com relação aos frutos não revestidos. A perda da clorofila e a síntese de pigmentos são os principais fatores relacionados às variações das coordenadas colorimétricas. Sendo assim valores menores são indicativos de retardamento do amadurecimento do mesmo.

Os valores da coordenada a* (Tabela 12) considerando controle e tratamento, se diferiram significativamente a 5% de probabilidade pelo teste t a partir de 10 dias de armazenamento, apresentando valores inferiores para frutos revestidos, demonstrando a capacidade de conservação das goiabas tratadas com revestimentos comestíveis contendo alginato e glicerol na concentração avaliada. A coordenada a* varia (- verde) a (+ vermelho), quando menos os valores de a* mais verde se encontra o fruto da goiaba, demonstrando que ocorreu pouco degradação da clorofila ocasionada pelo processo de amadurecimento. Os frutos não revestidos tiveram valores de a* variando de -6,82 (Tempo 0) à 18,06 (Tempo 25dias), enquanto que os frutos revestidos -6,82 (Tempo 0) à -2,22 (Tempo 25 dias), demonstrando claramente a capacidade de conservação do revestimento considerando essa resposta avaliada.

Na Tabela 14 contém os valores médios de cor dos dados experimentais de variação das coordenadas croma, ângulo Hue e Esbranquiçamento das goiabas revestidas (T) e não revestidas (C) ao longo do armazenamento a temperatura ambiente.

TABELA 14. Valores médios de cor (Croma, ângulo Hue* e Esbranquiçamento) das goiabas revestidas (T) e não revestidas (C) ao longo do armazenamento.

Tempo (dias)	Croma		Ângulo Hue*		Esbranquiçamento	
	C	T	C	T	C	T
0	91,91a	91,91a	-81,60a	-81,60a	28,16a	28,16a
5	101,90a	66,48a	26,43a	-83,75a	26,90a	27,56a
10	211,65a	55,59b	78,83a	-84,78b	27,44a	27,46a
15	332,37a	54,71b	71,77a	-84,75b	28,66a	28,52a
20	290,24a	60,49b	74,59a	-84,74b	28,83a	29,20a
25	384,51a	54,94b	72,41a	-85,37b	26,32a	28,18a

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha considerando o Controle (C) e Tratamento (T), não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Observa-se na Tabela 14 que tanto a variável croma como a variável Hue diferiram significativamente a 5 % de probabilidade pelo teste t entre o controle e tratamento a partir de 10 dias de armazenamento das goiabas. Já a variável Esbranquiçamento não diferiu entre o tratamento e controle durante o armazenamento. Valores de Croma de Hue superiores indicam a transição da coloração verde para o amarelo, demonstrando que nos frutos revestidos essa transição foi controlada devido aos baixos valores desses parâmetros, demonstrando assim a efetividade do tratamento com relação a conservação pós colheita dos frutos. Segundo Shewfelt (1993) uma cor específica só é inteiramente definida quando o componente acromático (L*) é mensurado conjuntamente com os componentes cromáticos (a* e b*), a percepção da coloração pelos seres humanos é obtida em termos de luminosidade, ângulo hue e croma. Segundo Mendonça et al, (2003) a cromaticidade ou corma expressa à intensidade da cor, ou seja, a saturação em termos de pigmentos desta cor.

Dessa forma, o aumento do índice croma é um importante indicador do amadurecimento dos frutos, indicando uma coloração homogênea (menor tonalidade e aumento da pureza da cor). Alguns trabalhos também observaram este comportamento

do índice croma ao longo do armazenamento de diferentes frutos (HERNÁNDEZ et al, 2007).

O decréscimo no ângulo hue, ao longo do período de armazenamento, indica o amarelecimento da casca (Tabela 14). A resposta concorda com os resultados obtidos por Lima et al, (2003), podendo estar associada à degradação da clorofila.

Na figura 16 encontra-se valores médios de cor, coordenadas (L^* , a^* e b^*), das goiabas revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) ao longo do armazenamento.

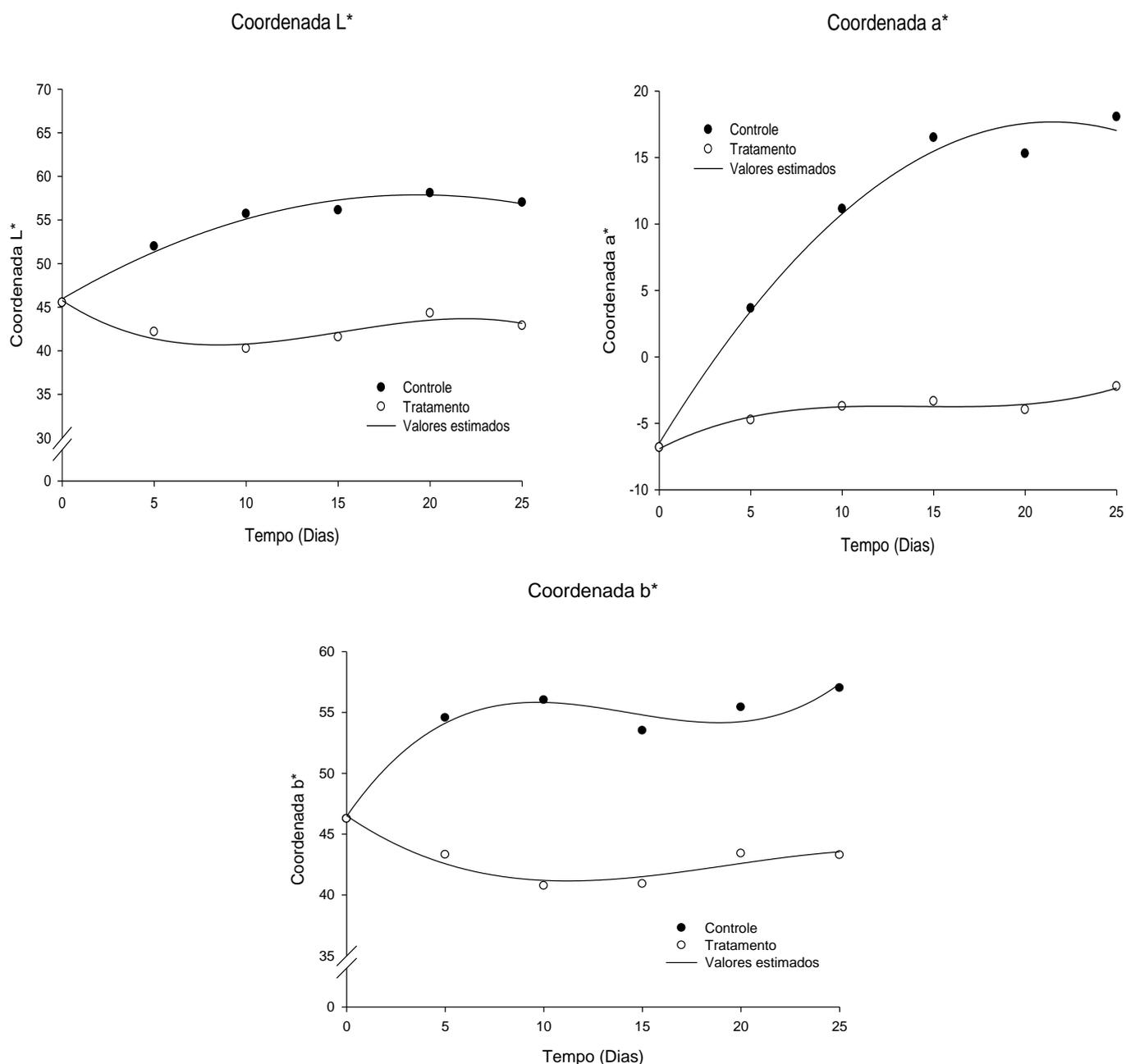


FIGURA 16. Valores médios de cor, coordenadas (L^* , a^* e b^*), das goiabas ao longo do armazenamento.

A perda da clorofila e a síntese de pigmentos são os principais fatores relacionados às variações das coordenadas colorimétricas. Como a coordenada a^* define a coloração entre verde e vermelho, é de se esperar que esta coordenada vá se alterar durante o amadurecimento das goiabas, uma vez que já foi demonstrando a avaliação da luminosidade que a casca vai escurecendo com o tempo de armazenamento, deixando de ser verde para se tornar amarelo. Sendo assim, observando a evolução da coordenada a^* da casca das goiabas (Figura 16), percebe-se que houve um acréscimo desse parâmetro durante o amadurecimento das goiabas para os frutos com e sem revestimentos, acréscimo devido ao desaparecimento da coloração verde devido à despigmentação da casca sendo mais intenso para as goiabas sem revestimentos.

Observando-se os resultados da luminosidade L^* (Figura 16) verificou-se um aumento nas goiabas sem revestimentos e pouca alteração, matendo praticamente constante os valores de L^* para os frutos com revestimentos ambos armazenados a temperatura ambiente. Os frutos com revestimento apresentaram valores médios inferiores aos demais frutos sem revestimentos, os mesmos apresentaram coloração mais escura por mais tempo e que, conseqüentemente, o revestimento atuou na redução do seu metabolismo indicando que houve um retardamento na maturação das goiabas com revestimentos.

Comportamento semelhante foi observado por Santana (2015), que verificou no início do armazenamento de goiabas 'Paluma', que a luminosidade era da ordem de 55 a 60 e atingiu valores entre 70 e 72 no sexto dia, após a colheita. Resultados próximos foram encontrados nessa pesquisa, no início do armazenamento obtiveram valores de L^* em torno de 45, sendo que estes valores tiveram um aumento, porém não ultrapassando a 57 no final das avaliações. Ainda segundo o mesmo autor, os valores de luminosidade vão-se alterando conforme os frutos vão amadurecendo e sua cor verde escura passa a uma cor amarelo claro, o que eleva o brilho e a reflexão da luz sobre a casca, com conseqüente aumento do parâmetro da luminosidade.

Os valores negativos obtidos para coordenada a^* , componente de cor que varia de verde (-) a vermelho (+), nas goiabas com revestimentos indica a tendência da cor na maioria das variedades para a intensidade verde. Os baixos valores de a^* e elevados valores b^* , em relação as goiabas sem revestimentos, caracterizam a cor amarela da casca nas goiabas avaliadas (Figura 16).

Na figura 17 encontra-se valores médios de cor (Croma, ângulo Hue* e Esbranquiçamento) das goiabas revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) ao longo do armazenamento.

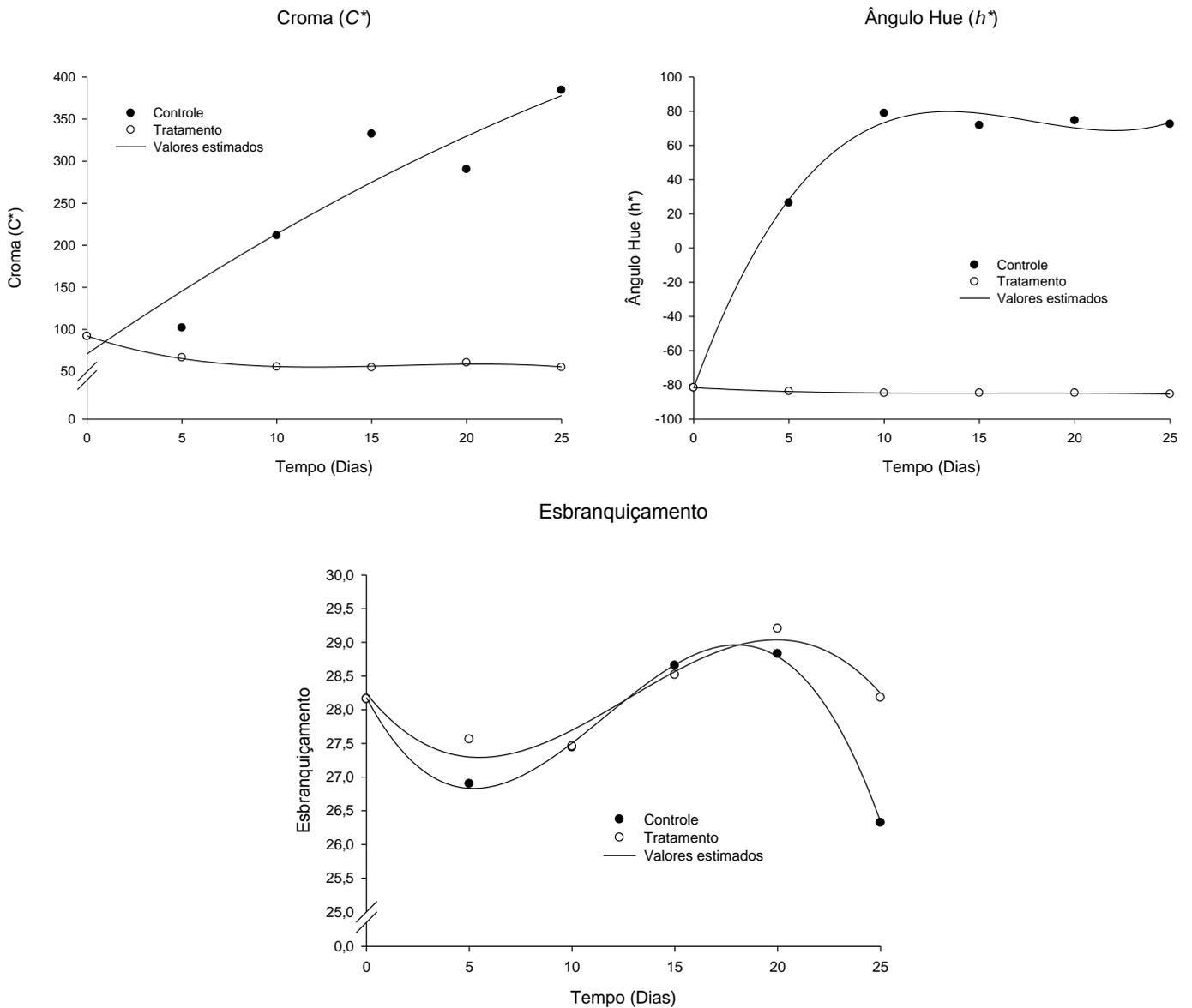


FIGURA 17. Valores médios de cor (Croma, ângulo Hue* e Esbranquiçamento) das goiabas ao longo do armazenamento.

A cor é o primeiro critério utilizado na aceitação ou rejeição do produto pelo consumidor, a coloração da casca, expressa pelos parâmetros croma e ângulo hue, foi influenciada significativamente pelos tratamentos com o revestimento à base de nanopartícula de prata, alginato, glicerol e extrato de cravo, sendo eficiente no retardamento da coloração da casca mantendo-se constante a partir do 5º dia. Frutos submetidos a tratamento sem revestimento (grupo controle) em relação à pureza da cor

Croma (C*) apresentou um aumento significativo às mudanças na coloração dos frutos indicando uma amadurecimento precoce. (Figura 17).

Os resultados mostram que todos os frutos, sem revestimento (grupo controle), tiveram uma mudança crescente nos valores de croma e de ângulo *hue* em função do tempo, indicando a transição da coloração verde para o amarelo. A perda da coloração verde ocorre devido à degradação da clorofila e síntese e/ou, revelação dos carotenoides, responsáveis pela coloração amarelada. A via de degradação da clorofila normalmente aceita inclui a perda do grupo fitol pela enzima clorofilase, sendo removida parte da cadeia anexa à molécula tetrapirrólica e ocorrendo a liberação de Mg^{2+} do centro do núcleo forbina (WANG et al, 2005). Ao observar os valores para o ângulo *hue*, nota-se que os frutos com revestimentos apresentaram uma mudança de cor menos acentuada (o que pode ser verificado pela reta na (Figura 17) que os frutos sem revestimento (grupo controle) ao longo dos dias. Os resultados apresentados na Figura 17 demonstram que a aplicação de revestimento na superfície dos frutos retardou a perda da coloração verde, ou o avanço da cor amarela na casca dos frutos para as goiabas sem revestimento, entretanto esta diferença pode ser observada visualmente ao final do armazenamento.

A tabela 15 apresenta as equações ajustadas aos valores experimentais de cor, coordenadas (L*, a* e b*), das goiabas revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) em função do tempo de armazenamento (*t*), com seus respectivos coeficientes de determinação (R²).

TABELA 15. Equações ajustadas aos valores experimentais de cor, coordenadas (L*, a* e b*), das goiabas revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) em função do tempo de armazenamento (*t*), com seus respectivos coeficientes de determinação (R²).

COORDENADAS		EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	R ²
L*	Controle	$L = 45,9583 + 1,2348*t - 0,0320*t^2$	0,9890
	Tratamento	$L = 44,7744 - 1,3821*t + 0,1130*t^2 - 0,0025*t^3$	0,9442
a*	Controle	$a = -6,4897 + 2,2500*t - 0,0524*t^2$	0,9917
	Tratamento	$a = -6,9109 + 0,7028*t - 0,0507*t^2 + 0,0012*t^3$	0,9832
b*	Controle	$b = 46,4650 - 2,3382*t - 0,1830*t^2 + 0,0043*t^3$	0,9766
	Tratamento	$b = 46,5193 - 1,1086*t + 0,0697*t^2 - 0,0012*t^3$	0,9520

*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

Observa-se na Tabela 15 pela significância dos parâmetros das equações ajustadas e pelos altos valores do coeficiente de determinação, que houve uma boa correspondência entre o período de armazenamento e os valores das coordenadas L*, a* e b* das goiabas revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) em função do tempo de armazenamento.

A Tabela 16 contém as equações ajustadas aos valores experimentais de cor (Croma, ângulo Hue* e Esbranquiçamento) das goiabas revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) em função do tempo de armazenamento.

TABELA 16. Equações ajustadas aos valores experimentais de cor (Croma, ângulo Hue* e Esbranquiçamento) das goiabas revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

COR		EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	R^2
Croma (C*)	Controle	$C^* = 70,8688 + 15,6021*t - 0,3129*t^2$	0,9495
	Tratamento	$C^* = 92,3282 - 7,6665*t + 5059t^2 - 0,0103*t^3$	0,9964
Hue (h*)	Controle	$h^* = -81,8333 + 30,2682*t - 1,8164t^2 + 0,0342*t^3$	0,9974
	Tratamento	$h^* = -81,5777 - 0,6394*t + 0,0418t^2 - 0,0009*t^3$	0,9989
Esbranquiçamento (E*)	Controle	$E^* = 28,1807 - 0,5737*t + 0,0710*t^2 - 0,0020*t^3$	0,9989
	Tratamento	$E^* = 28,24112 - 0,3805*t + 0,0442*t^2 - 0,0012*t^3$	0,9587

*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

Verifica-se, pela significância dos parâmetros das equações ajustadas e pelos altos valores do coeficiente de determinação, que houve uma boa correspondência entre o período de armazenamento e os valores das coordenadas Croma, ângulo Hue* e Esbranquiçamento) das goiabas revestidas (Tratamento) e não revestidas (Controle) em função do tempo de armazenamento (Tabela 16). As coordenadas Croma, Hue* e Esbranquiçamento variaram significativamente segundo uma relação cúbica, para maioria das respostas avaliadas.

4.3. ESPECTRO UV-VIS

O espectro de absorção na região do UV-VIS para o extrato aquoso de cravo é caracterizado pela presença de bandas situadas abaixo de 400 nm, como pode ser observado na Figura 18. Segundo a literatura, estas bandas estão relacionadas com a presença de compostos tais como ácidos fenólicos e seus derivados (flavonas, flavonóis, fenilpropenos e quinonas) (BUNGHEZ et al, 2013)

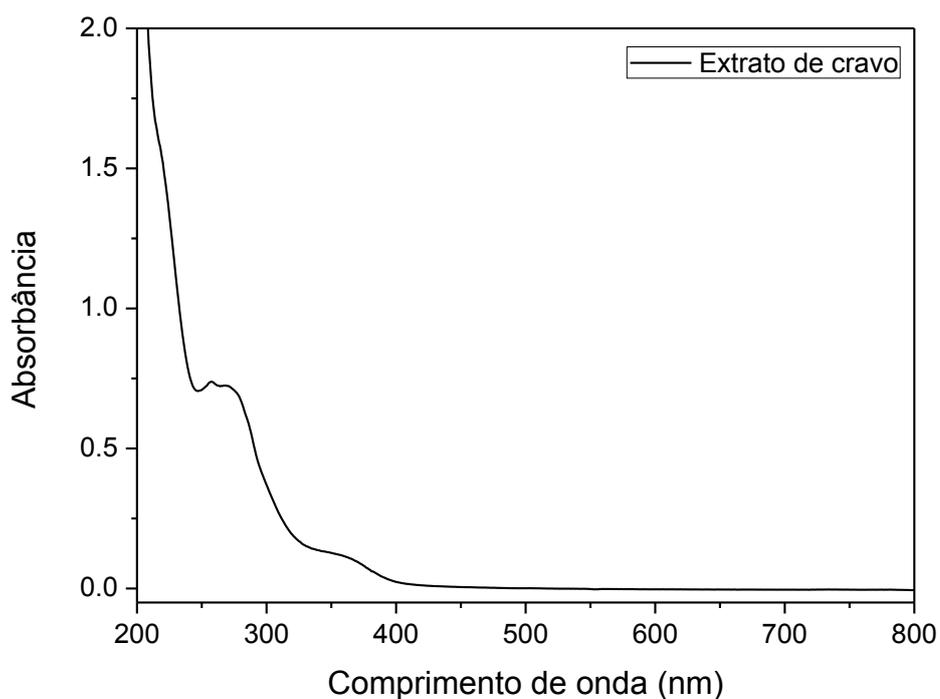


FIGURA 18. Espectro de UV-Vis do extrato de cravo

Após a adição de uma solução aquosa de nitrato de prata ao extrato de cravo, foi observada uma variação sistemática na coloração da solução, passando de amarelo claro (cor característica do extrato de cravo) para marrom escuro (Figura 19). Este resultado visual indica que os íons de prata sofreram redução, passando de Ag^+ para Ag^0 . Através da espectroscopia UV-VIS é possível analisar a formação das nanopartículas em solução, uma vez que as propriedades ópticas de partículas coloidais são extremamente dependentes do tamanho da partícula e diferentes do material macrocristalino.



FIGURA 19. Imagem das soluções aquosa de nitrato de prata ao extrato de cravo durante a formação da Nanopartícula.

O espectro de absorção do extrato de cravo com as nanopartículas de prata apresentou as bandas características do extrato de cravo e a presença de uma nova banda de absorção em 425 nm, como observado na Figura 20, a qual está associada à ressonância de plasmon (SPR) das partículas examinadas.

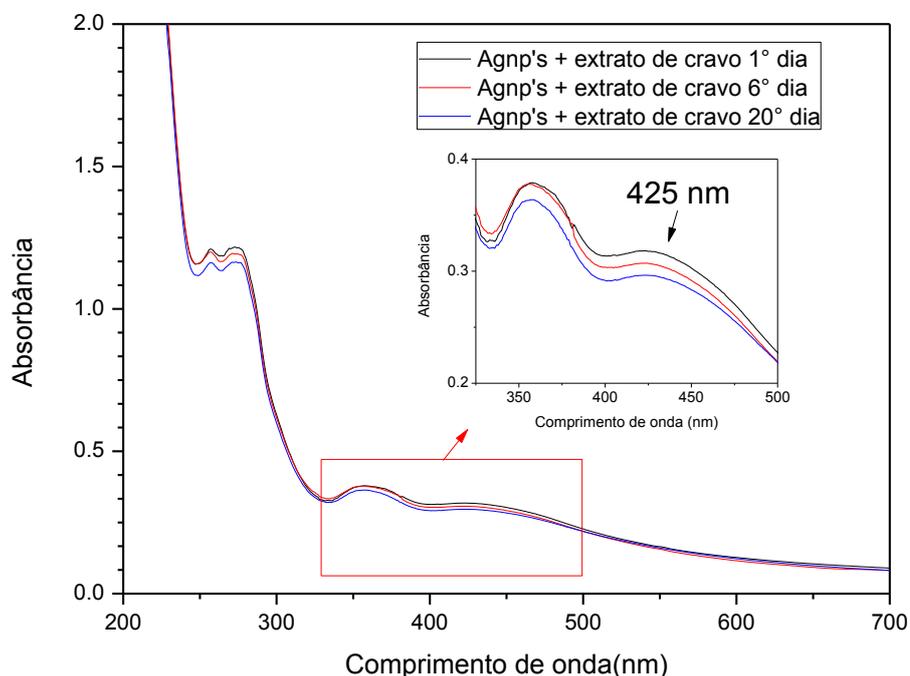


FIGURA 20 - Espectro de UV-Vis da estabilidade das nanopartículas de prata obtidas por meio do extrato de cravo.

É possível observar na Figura 20 que o espectro apresenta distribuição bimodal com maior intensidade em 380nm e um ombro de menor tamanho à esquerda (300nm).

De acordo com Klabunde (2001) a absorvância de amostras de prata na região de comprimento de onda entre 380 a 450nm é característica da presença de AgNPs em solução, devido a sua banda de ressonância de plasmon de superfície (SPR, *Surface Plasmon Resonance*). Ainda, quando apenas uma única banda de plasmon é obtida no espectro absorção, nanopartículas esféricas compõe o colóide, enquanto partículas anisotrópicas (não esféricas) podem dar origem a duas ou mais faixas de plasmon dependendo das formas diferentes das nanopartículas (KLABUNDE, 2001).

De acordo com os resultados observados no espectro obtido experimentalmente as bandas de plasmon são ampliadas com uma causa de absorção nos comprimentos de ondas mais longos, tendendo à maior distribuição do tamanho das partículas. Um

aumento desta largura sugere que ocorreu um processo de concentração das nanopartículas de prata.

Para nanopartículas de prata, a ressonância ocorre na região da luz visível, o que faz com que apresentem coloração característica. Para NPs-Ag esféricas com diâmetro entre 10-20 nm o espectro apresenta uma banda de absorção em torno de 400 nm, sendo a solução amarelada (BASTÚS et al, 2011). Já NPs-Ag esféricas com diâmetros maiores, entre 30 e 100 nm, podem ter coloração laranja, verde até violeta. No estado macro e microparticulado a prata apresenta coloração de cinza a preta. Adicionalmente, estudou-se a estabilidade da suspensão das nanopartículas de prata no extrato de prata. Como pode ser observado na Figura 20, o perfil da banda de absorção das nanopartículas apresenta poucas variações, tendendo a reduzir a absorvância, nos 20 dias (período onde das análises foram realizadas), indicando estabilidade da solução coloidal. Dessa forma, pode-se inferir que o extrato de cravo atua tanto como agente redutante e como agente estabilizante.

4.4. ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA - FAAS

Os resultados apresentados na Tabela 17 mostram que foi encontrada a presença do metal prata apenas na casca da goiaba. As demais partes: sementes e polpa não foram identificadas nenhuma presença de prata. Para o fruto com revestimento, foi detectado uma média de 2,45 mg/g de prata encontrada na casca da goiaba. Considerando que esse valor corresponde somente a casca após liofilização, ao levar em consideração todo o fruto, polpa e sementes, essa concentração de prata nos frutos tratados diminui consideravelmente. Essa faixa de prata encontrada na casca da goiaba não apresenta toxicidade. Segundo Levin et al, 2009 e Leite, 2003, a prata é o metal que apresenta a menor toxicidade para as células animais, pois a concentração efetiva contra microrganismo é de 0,1 µg/L, enquanto para seres humanos a concentração tóxica é 10mg/L. O órgão americano *US Environmental Protection Agency* (USEPA) propôs que o nível máximo de íons de prata em água potável deve ser inferior a 0,10 mg/L (USEPA, 2001). Isto confirma que a presença da nanopartícula de prata utilizada na formulação do revestimento não apresenta risco à saúde do consumidor. Tendo em vista que existem excelentes propriedades antimicrobianas associadas às AgNPs, torna-se imperativa a avaliação da concentração de prata nos alimentos tratados com tais

nanopartículas de prata e os demais componentes utilizados na formulação do revestimento no presente trabalho.

TABELA 17. Dados da espectrometria de absorção atômica em chama (FAAS) da casca, polpa e semente de goiabas tratadas com revestimento comestível contendo alginato, glicerol, nanopartícula de prata e extrato de cravo.

AMOSTRA	Média ± SD (mg/g)
Controle casca	Nd
Casca Tratamento	2,45 ± 0,215
Controle semente	Nd
Semente Tratamento	Nd
Controle polpa	Nd
Polpa Tratamento	Nd

nd – não detectado.

Fonte: Dados da pesquisa

Como esperado, não houve migração da nanopartículas de prata para as partes internas do fruto. Apresentando assim, impactos positivos na formulação do revestimento aplicados aos frutos e contrinuindo na expansão da vida útil pós-colheita das goiabas.

5. CONCLUSÃO

As coberturas comestíveis desenvolvidas através da utilização do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), incorporadas com concentrações variáveis de Alginato de Sódio (%) e Glicerol(%) foram eficientes nas respostas pós-colheita após 8 dias de armazenamento à temperatura ambiente. No estudo da vida útil, verificou-se que as coberturas foram eficientes em reduzir a perda de peso, o grau de deterioração e conseqüentemente retardo da senescência da goiaba pós-colheita.

Além da avaliação da qualidade pós-colheita de goiabas, a formulação otimizada do revestimento mostrou respostas satisfatória para as análises de vida de prateleira permitindo avaliar o comportamento do revestimento aplicado ao fruto pós-colheita após 25 dias de armazenamento à temperatura ambiente.

De acordo com as análises físicas e físico-químicas realizadas obtiveram impactos positivos contribuindo para a extensão da vida útil das goiabas pós-colheita quando comparadas ao controle.

Os parâmetros de qualidade atribuídos a cor demonstraram claramente a capacidade de conservação do revestimento considerando as respostas avaliadas.

Foi possível observar, a boa formação das nanopartículas de prata indicando estabilidade da solução, comprovando que as quantidades utilizadas no trabalho não oferecem riscos a saúde do consumidor estando presentes apenas na casa da fruta.

De maneira geral o revestimento desenvolvido no trabalho atendeu aos objetivos desempenhando funções satisfatórias tais como: retardo da senescência e conseqüente expansão da vida pós-colheita das goiabas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOLLAHI M, REZAEI M, FARZI G: **A novel active bionanocomposite film incorporating rosemary essential oil and nanoclay into chitosan.** J Food Eng. 111:343-350, 2012

ADDO, N. S.; THOMAS, T. A.; BEGLEY, T. H.; NOONAN, G. O. **Characterisation and potential migration of silver nanoparticles from commercially available polymeric food contact materials.** Food Addit Contam Part A; 32:1003e11. 2015.

ADZITEY, F., & HUDA, N.; **Listeria monocytogenes in foods: Incidences and possible control measures.** African Journal of Microbiology Research, 4, 2848–2855. 2010.

ALVES, G.V.L.; SANTOS, W.C.; WALDMAN, W.R.; OLIVEIRA, J.G.; VARGAS, H.; SILVA, M. G. **A photoacoustic technique applied to detection of ethylene emissions in edible coated passion fruit.** Journal of Physics: Conference Series 214, 2010.

ALBOOFETILEH, M., REZAEI, M., HOSSEINI, H., & ABDOLLAHI, M. **Antimicrobial activity of alginate/clay nanocomposite films enriched with essential oils against three common foodborne pathogens.** Food Control, 36(1), 1–7, 2014.

ALMEIDA, D.M. **Biofilme de blenda de fécula de batata e celulose bacteriana na conservação de fruta minimamente processada.** Tese de Doutorado. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. 283 p., 2010.

AQUINO, A.B. DE; BLANK, A.F. & SANTANA, L.C.L.A. de. **Impact of edible chitosan–cassava starch coatings enriched with Lippia gracilis Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (Psidium guajava L.) during storage at room temperature.** Food Chemistry, vol. 171, p. 108–116, 2015.

ARDAKANI, M.D.; MOSTOFI, Y.; HEDAYATNEJAD, R. **Study on the effects of chitosan in preserving some qualitative factors of table grape (Vitis vinifera ‘Shahroudi’).** Acta Horticulturae, 877: 739-742, 2010.

ARFAT YA, BENJAKUL S, PRODPRAN T, SUMPAPAPOL P, SONGTIPYA P. **Physico-mechanical characterization and antimicrobial properties of fish protein isolate/fish skin gelatine/zinc oxide (ZnO) nanocomposite films.** Food Bioprocess Technol, 9:101e12, 2016.

ASHIKIN, W. H. N. S., WONG, T. W., & LAW, C. L. **Plasticity of hot air-dried mannuronate- and guluronate-rich alginate films.** Carbohydrate Polymers, 81(1), 104–113, 2010.

ASLANI, P., & KENNEDY, R. A. **Studies on diffusion in alginate gels. I. Effect of cross-linking with calcium or zinc ions on diffusion of acetaminophen.** Journal of Controlled Release, 42, 75–82, 1996.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. **Review: edible protective coatings for fruits: fundamentals and applications.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

AVELLA, M., De VLIENER, J.J., ERRICO, M.E., FISCHER, S., VACCA, P., VOLPE, M.G. **Biodegradable starch/clay nanocomposite films for food packaging applications.** Food Chem. 93 (3), 467–474, 2005.

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

AZEREDO, H. M. C., MIRANDA, K. W. E., ROSA, M. F., NASCIMENTO, D. M., & DE MOURA, M.R. **Edible films from alginate–acerola puree reinforced with cellulose whiskers.** LWT – Food Science and Technology, 46(1), 294–297, 2012.

BALASUNDRAM N, SUNDRAM K, SAMMAN S: **Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses.** Food Chem. 99:191-203, 2006.

BALDWIN, E. A. **Edible coatings for fresh fruits and vegetables: past, present and future.** In: KROCHTA, J.; BALDWIN, E.; NISPEROS-CARRIEDO, M.(ed.). *Edible coatings and films to improve food quality.* Basel: Technomic Publ., p. 25-65. 1994.

BALDWIN, E.A. **Surface treatments and edible coatings.** In: Rahman, M.S. (Ed.), *Handbook of Food Preservation*, second ed. CRC Press, Taylor and Frances Group, LLC, FL, pp. 477–507, 2007.

BLANCO-PASCUAL, N.; MONTERO, M. P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. **Antioxidant film development from unrefined extracts of brown seaweeds *Laminaria digitata* and *Ascophyllum nodosum*.** *Food Hydrocolloids*, 37, 100–110, 2014.

BARBOSA-PEREIRA L, CRUZ JM, SENDO´ N R, RODRÍGUEZ BERNALDO DE QUIRO´ S A, ARES A, CASTRO-LÓ PEZ M, ABAD MJ, MAROTO J, PASEIRO-LOSADA P: **Development of antioxidant active films containing tocopherols to extend the shelf life of fish.** *Food Control*. 31:236-243, 2013.

BARRETO, P. L. M., PIRES, A. T. N., & SOLDI, V. **Thermal degradation of edible films based on milk proteins and gelatin in inert atmosphere.** *Polymer Degradation and Stability*, 79, 147–152, 2003.

BASTÚS N. G; COMENGE J.; PUNTES V. **Kinetically Controlled Seeded Growth Synthesis of Citrate- Stabilized Gold Nanoparticles of up to 200nm: Size Focusing versus Ostwald Ripening.** American Chemical Society, 2011.

BECARO, A. A.; PUTI, F. C.; CORREA, D.S.; PARIS, E. C.; MARCONCINI, J. M.; FERREIRA, M. D.; **Polyethylene films containing silver nanoparticles for applications in food packaging: characterization of physico-chemical and antimicrobial properties.** *J Nanosci Nanotechnol*; 15:2148e56, 2015.

BEIGMOHAMMADI, F.; PEIGHAMBARDoust, S. H.; HESARI, J.; AZADMARD-DAMIRCHI, S.; PEIGHAMBARDoust, S. J.; KHOSROSHAHI, N. K.; **Antibacterial properties of LDPE nanocomposite films in packaging of UF cheese.** *LWT Food Sci Technol*; 65:106e11, 2016.

- BEREKAA, M.M. **Nanotechnology on food industry; advances in food processing, packaging and food safety.** *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 4, 345–357, 2015.
- BODAGHI H, MOSTOFI Y, OROMIEHIE A, GHANBARZADEH B, HAGH ZG. **Synthesis of clayeTiO₂ nanocomposite thin films with barrier and photocatalytic properties for food packaging application.** *J Appl Polym Sci* 132:41764, 2015.
- BONILLA, J.; ATARÉS, L.; VARGAS, M.; CHIRALT, A. **Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: Possibilities and limitations.** *Journal of Food Engineering*, 110(2), 208–213, 2012.
- BOTELHO, L.N.S.; ROCHA, D.A.; BRAGA, M.A.; SILVA, A. & ABREU, C.M.P. DE. **Quality of guava cv. ‘Pedro Sato’ treated with cassava starch and cinnamon essential oil.** *Scientia Horticulturae*, vol. 209, p. 214-220, 2016.
- BOURTOOM, T. **Edible films and coatings: characteristics and properties.** *International Food Research Journal, Malaysia*, 15 (3): 237-248, 200.
- BUMBUDSANPHAROKE, N., KO, S. **Nano-food packaging: an overview of market, migration research and safety regulations.** *J. Food Sci.* 80, R910–R923, 2015.
- BURALL, L. S., LAKSANALAMAI, P., & DATTA, A. R. **Listeria monocytogenes mutants with altered growth phenotypes at refrigeration temperature and high salt concentrations.** *Applied and Environmental Microbiology*, 78, 1265–1271, 2012.
- CAMPOS, C. A., GERSCHENSON, L. N., & FLORES, S. K. **Development of edible films and coatings with antimicrobial activity.** *Food and Bioprocess Technology*, 4, 849–875, 2011.
- CARBONE, M., SABBATELLA, G., ANTONAROLI, S., REMITA, H., ORLANDO, V., BIAGIONI, S., NUCARA, A. **Exogenous control over intracellular acidification: enhancement via proton caged compounds coupled to gold nanoparticles.** *Biochim. Biophys. Acta, gen. sub.* 1850, 2304–2307, 2015.

CARDENAS, G.; DI´AZ J, MEL_ENDREZ, M.; CRUZAT, C.; CANCINO, A. G. **Colloidal Cu nanoparticles/chitosan composite film obtained by microwave heating for food package applications.** Polym Bull, 62:511e24, 2009.

CENCI, S. A., **Processamento m´ınimo de frutas e hortaliças: Tecnologia, qualidade e sistemas de embalagens.** Embrapa Agroind´ustria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, 144 p., 2011

CERQUEIRA, T.S., JACOMINO, A.P., SASAKI, F.F., ALLEONI, A.C.C. **Recobrimento de goiabas com filmes proteicos e de quitosana.** Bragantia, Campinas, 70 (1): 216-221, 2011.

CIMMINO, S.; DURACCIO, D.; MARRA, A.; PEZZUTO, M.; ROMANO, I.; SILVESTRE, C.; **Effect of compatibilisers on mechanical, barrier and antimicrobial properties of iPP/ZnO nano/ microcomposites for food packaging application.** J Appl Packag Res, 7:6. 2015.

CHAN, L. W., LEE, H. Y., & HENG, P. W. S. **Mechanisms of external and internal gelation and their impact on the functions of alginate as a coat and delivery system.** Carbohydrate Polymers, 63, 176–187, 2006.

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

COSTA, C., CONTE, A., BUONOCORE, G.G., LAVORGNA, M., D. NOBILE, M. A. **Calcium–alginate coating loaded with silver–montmorillonite nanoparticles to prolong the shelf-life of fresh-cut carrots.** Food Res. Int. 48, 164–169, 2012.

CUADROS, T. R.; SKURTYYS, O.; AGUILERA, J. M. **Mechanical properties of calcium alginate fibers produced with a microfluidic device.** Carbohydrate polymers, 89, 1198–1206, 2012.

CUI, H.; ZHANG, X.; ZHOU, H.; ZHAO, C.; LIN, L. **Antimicrobial activity and mechanisms of salvia sclarea essential oil.** Botanical Studies, 56(16), 2015.

CUI, H.; YUAN, L.; LI, W.; LIN, L. **Edible film incorporated with chitosan and Artemisia annua oil nanoliposomes for inactivation of Escherichia coli O157:h7 on**

cherry tomato. International Journal of Food Science and Technology, 52, 687–698, 2016.

CUI, H.; BAI, M.; MARWAN, M. A.; LIN, L. **The antibacterial activity of clove oil/chitosan nanoparticles embedded gelatin nanofibers against Escherichia coli O157:H7 biofilms on cucumber.** International Journal of Food Microbiology, 266, 69–78, 2018.

CUSHEN, M., KERRY, J., MORRIS, M., CRUZ-ROMERO, M., CUMMINS, E. **Migration and exposure assessment of silver from a PVC nanocomposite.** Food Chem. 139, 389–397, 2013.

DAINELLI D, GONTARD N, SPYROPOULOS D, ZONDERVAN-VAN DEN BEUKEN E, TOBBACK P: **Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns.** Trends Food Sci Technol, 19:s103-s112, 2008.

DEVI, K. P.; NISHA, S. A.; SAKTHIVEL, R.; PANDIAN, S. K. **Eugenol (an essential oil of clove) acts as an antibacterial agent against salmonella typhi, by disrupting the cellular membrane.** Journal of Ethnopharmacology, 130, 107–115, 2010.

DHANAPAL, A.; SASIKALA, P.; RAJAMANI, L.; KAVITHA, V.; YAZHINI, G., BANU, M. S. **Edible films from polysaccharides.** Food Science and Quality Management, 3,9–18. 2012.

DHALL, R.K. **Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review.** Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 53 (5), 435–450, 2013.

DHAPTE, V.; GAIKWAD, N.; MORE, P. V.; BANERJEE, S.; DHAPTE, V. V.; KADAM, S.; KHANNA, P. K. **Transparent ZnO/polycarbonate nanocomposite for food packaging application.** Nanocomposites, 1:106 e 12, 2015.

DÍAZ-MULA, H.M.; SERRANO, M.; VALERO, D. **Alginate coatings preserve fruit quality and bioactive compounds during storage of sweet cherry fruit.** Food and Bioprocess Technology, 5 (8): 2990-2997, 2011.

DORTET, L., MOSTOWY, S., SAMBA-LOUAKA, A., GOUIN, E., NAHORI, M. A., WIEMER, E. A. C. **Recruitment of the major vault protein by inlk: A Listeria**

monocytogenes strategy to avoid autophagy. PLoS Pathogens, 7 e1002168–134, 2012.

DUAN, J., ZHAO, Y. **Edible coatings and films and their applications on frozen foods.** In: Sun, D.W. (Ed.), Handbook of Frozen Food Processing and Packaging, second ed. CRC Press/Taylor & Francis, pp. 873–887 (Chapter 40), 2011.

DRAGET, K. I., & TAYLOR, C. **Chemical, physical and biological properties of alginates and their biomedical implications.** Food Hydrocolloids, 25, 251–256, 2011.

DUNCAN, T.V. **Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: barrier materials, antimicrobials and sensors.** J. Colloid Interface Sci. 363 (1), 1–24, 2011.

EFSA European Food Safety Authority. **Guidance on the risk assessment of the application of nanoscience and nanotechnology in the food and feed chain.** EFSA J. 9 (5), 2140, 2011.

EMMERICHS, N.; WINGENDER, J.; FLEMMING, H. C.; MAYER, C. **Interaction between alginates and manganese cations: Identification of preferred cation binding sites.** International Journal of Biological Macromolecules, 34, 73–79, 2004.

ESMAILZADEH, H.; SANGPOUR, P.; SHAHRAZ, F.; HEJAZI, J.; KHAKSAR, R.; **Effect of nanocomposite packaging containing ZnO on growth of Bacillus subtilis and Enterobacter aerogenes.** Mater Sci Eng C. 58:1058 e 63, 2016.

ETIENNE, A.; GÉNARD M.; LOBIT, P.; MBEGUIÉ-A-MBÉGUIÉ, D.; BUGAUD, C.. Review paper: What controls fleshy fruit acidity **A review of malate and citrate accumulation in fruit cells.** Journal of Experimental Botany. v. 64, No. 6, pp. 1451–1469, 2013.

FAN, Y.; Y.; WANH, D.; ZHANG, L.; SUN, J.; SUN, L.; ZHANG, B. **Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (Fragaria x ananassa) preservation quality.** Postharvest Biology and Technology, 53: 84-90, 2009.

FAYAZ, A.M., BALAJI, K., GIRILAL, M., KALAICHELVAN, P.T., VENKATESAN, R. **Mycobased synthesis of silver nanoparticles and their incorporation into sodium alginate films for vegetable and fruit preservation.** J. Agric. Food Chem. 57, 6246–6252, 2009.

FLORES-LÓPEZ, M., CERQUEIRA, M.A., de RODRÍGUEZ, D.J., VICENTE, A.A. **Perspectives on utilization of edible coatings and nano-laminate coatings for extension of postharvest storage of fruits and vegetables.** Food Eng. Rev. 8 (3), 292–305, 2016.

FORATO, L.A.; BRITO, D. de; RIZZO, J. S. de; GASTALDI, T.A. & ASSIS, O.B.G. **Effect of cashew gum-carboxymethylcellulose edible coatings in extending the shelf-life of fresh and cut guavas.** Food Packaging and Shelf Life, vol. 5, p. 68-74, 2015.

FU, P. P.; XIA, Q.; HWANG, H-M.; RAY, P. C.; YU, H. **Mechanisms of nanotoxicity: generation of reactive oxygen species.** J Food Drug Anal, 22:64e75, 2014.

GALUS, S.; LENART, A. **Development and characterization of compositeedible films based on sodium alginate and pectin.** Journal of Food Engineering, 115(4), 459–465, 2013.

GAMMARIELLO, D., CONTE, A., BUONOCORE, G.G., D. NOBILE, M.A. **Bio-based nanocomposite coating to preserve quality of Fior di latte cheese.** J. Dairy Sci. 94, 5298–5304, 2011.

GILL, K. S.; DHALIWAL, H.S.; MAHAJAN, B.V.C.; PALIYATH, G.; BOORA, R.S. **Enhancing postharvest shelf life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Allahabad Safeda by pre-harvest application of hexanal containing aqueous formulation.** Postharvest Biology and Technology, v. 112, p. 224-232, 2016.

GÓMEZ-ORDÓNEZ, E.; RUPÉREZ, P. **FTIR-ATR spectroscopy as a tool for polysaccharide identification in edible brown and red seaweeds.** Food Hydrocolloids, 25(6), 1514–1520, 2011.

GOÑI, P.; LÓPEZ, P.; SÁNCHEZ, C.; GÓMEZLUS, R.; BECERRÍL, R.; NERIN, C. **Antimicrobial activity in the vapour phase of a combination of cinnamon and clove essential oils.** Food Chemistry, 116, 982–989, 2010.

HAMBLETON, A.; VOILLEY, A.; DEBEAUFORT, F. **Transport parameters for aromacompounds through i-carrageenan and sodium alginate-based edible films.** Food Hydrocolloids, 25(5), 1128–1133, 2011.

HAMBLETON, A.; PERPIÑAN-SAIZ, N.; FABRA, M. J.; VOILLEY, A.; DEBEAUFORT, F. **The schroeder paradox or how the state of water affects the moisture transfer through edible films.** Food Chemistry, 132(4), 1671–1678, 2012.

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

HAN JH, SCANLON MC: **Mass transfer of gas and solute through packaging materials.** Innovations in Food Packaging. edn 2. Elsevier; 37-49, 2014.

HE. X.; HWANG, H. M.; **Nanotechnology in food science: Functionality, applicability, and safety assessment.** Review Article, 2016.

HONG, K.; XIE, J.; ZHANG, L.; SUN, D. & GONG, D. **Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage.** Scientia Horticulturae, vol. 144, p. 172-178, 2012.

HUANG, Y.; WANG, T.; ZHAO, X.; WANG, X.; ZHOU, L.; YANG, Y.; LIAO, F.; JU, Y. **Poly (lactic acid)/graphene oxideeZnO nanocomposite films with good mechanical, dynamic mechanical, anti-UV and antibacterial properties.** J Chem Technol Biotechnol, 90:1677e84, 2015.

HUSSAIN, P. R.; MEENA, R. S.; DAR, M. A.; WANI, A. M. **Carboxymethyl cellulose coating and low-dose gamma irradiation improves storage quality and shelf life of pear (*Pyrus Communis* L., cv. Bartlett/William).** Journal of Food Science. v.75, n.9, 586-596, 2010.

INCORONATO, A.L., CONTE, A., BUONOCORE, G.G., D. NOBILE, M.A. **Agar hydrogel with silver nanoparticles to prolong the shelf life of Fior di Latte cheese.** *J. Dairy Sci.* 94, 1697–1704, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. **Produção agrícola municipal,** Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 Dez 2018.

JIANG, T.; FENG, L.; WANG, Y. **Effect of alginate/nano-Ag coating on microbial and physicochemical characteristics of shiitake mushroom (*Lentinusedodes*) during cold storage.** *Food Chemistry*, 141(2), 954–960, 2013.

JUCK, G.; NEETOO, H.; CHEN, H. **Application of an active alginate coating to control the growth of *Listeria monocytogenes* on poached and deli turkey products.** *International Journal of Food Microbiology*, 142(3), 302–308, 2010.

KERRY J: **Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods.** 2008.

KIM, J. S.; KUK, E.; YU, K. N.; KIM, J. H.; PARK, S. J.; LEE, H. J.; KIM, S. H.; PARK, Y. K.; PARK, Y. H.; HWANG, C. Y.; KIM, Y. K.; LEE, Y. S.; JEONG, D. H.; CHO, M. H.; **Antimicrobial effects of silver nanoparticles.** *Nanomed Nanotechnol Biol Med*, 3:95e101, 2007.

KLABUNDE, K. J. – **Nanoscale materials in chemistry,** New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001.

KRISHNA, K. R.; RAO, D.V. S. **Effect of chitosan coating on the physicochemical characteristics of guava (*Psidium guajava* L.) fruits during storage at room temperature.** *Indian Journal of Science and Technology*, v. 7, n. 5, p. 554, 2014.

LEITE, M. S. **Diferenças Estruturais em Nanopartículas de Ag e Au Coloidais.** Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003.

LEVIN, S.C.; HOFMANN, C.; ALI, A.T.; KELLY, T. A.; MOROSAN, E.; NORDLANDER, P.; WHITMIRE, H.K.; HALAS, J. N. **Magnetic-Plasmonic Core-**

Shell Nanoparticles. Journal American Chemical Society-ACS Nano, v.3,n.6, p. 1379-1388, 2009.

LIAKOS, I.; RIZZELLO, L.; BAYER, I. S.; POMPA, P. P.; CINGOLANI, R.; ATHANASSIOU, A. **Controlled antiseptic release by alginate polymer films and beads.** Carbohydrate Polymers, 92(1), 176–183,2013.

LI, L.; FANG, Y.; VREEKER, R.; APPELQVIST, I. **Reexamining the egg-box model in calcium-alginate gels with X-ray diffraction.** Biomacromolecules, 8, 464–468, 2007.

LI X, XING Y, JIANG Y, DING Y, LI W. **Antimicrobial activities of ZnO powder-coated PVC film to inactivate food pathogens.** Int J Food Sci Technol, 44:2161e8, 2009.

LI, B.; LECOURT, J. & BISHOP, G. **Advances in Non-Destructive Early Assessment of Fruit Ripeness towards Defining Optimal Time of Harvest and Yield Prediction.** A Review. Plants, vol. 7, n. 3, p. 1–20, 2018.

LIMA, M. A. C. de; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; ENÉAS-FILHO, J. **Comportamento respiratório e qualidade pós-colheita de graviola (Annona muricata L.) ‘morada’ sob temperatura ambiente.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p.49-52, 2003.

LIN, D., ZHAO, Y. **Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables.** Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 6 (3), 60–75, 2007.

LIU, T.; LIU, Y.; CHEN, K.; CHAO, C.; WU, C. **The nonclimacteric guava cultivar ‘Jen-Ju Bar’ is defective in system 2 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase activity.** Postharvest Biology and Technology, v. 67, p. 10-18, 2012.

LKHAGVAJAV,N.; YASA,I.; CELIK, E.; KOIZHAIGANOVA,M.; SARIO. **Antimicrobial activity of colloidal silver nanoparticles prepared by sol-gel method.** Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, v.6, n.1, p.149, 2011.

MAFTOONAZAD, N.; RAMASWASWAMY, H.S.; MARCOTTE, M. **Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings.** International Journal of Food Science and Technology, London, 43: 951-957, 2008.

MARNISSI, B. E.; BENNANI, L.; COHEN, N.; LALAMI, A. E. O.; BELKHOUCHE, R. **Presence of *Listeria monocytogenes* in raw milk and traditional dairy products marketed in the north-central region of Morocco.** Faculteit Der Managementwetenschappen, 7(5), 87-91, 2013.

MARRA, A.; SILVESTRE, C.; DURACCIO, D.; CIMMINO, S. **Poly(lactic acid)/ zinc oxide biocomposite films for food packaging application.** Int J Biol Macromol, 88:254-262, 2016.

MARTIN, J. **EPA takes action to protect public from an illegal nanosilver pesticide in food containers: cites NJ company for selling food containers with an unregistered pesticide warns large retailers not to sell these products,** 2014.

MARTINEZ-ABAD, A., LAGARON, J.M., OCIO, M.J. **Development and characterization of silver-based antimicrobial ethylene-vinyl alcohol copolymer (EVOH) films for food-packaging applications.** J. Agric. Food Chem. 60, 5350-5359, 2012.

MASTROMATTEO, M., CONTE, A., & DEL NOBILE, M. A. **Packaging strategies to prolong the shelf life of fresh carrots (*Daucus carota* L.)** Innovative Food Science and Emerging Technologies, 13, 215-220, 2012.

MASTROMATTEO, M., CONTE, A., LUCERA, A., SACCOTELLI, M.A., BUONOCORE, G.G., ZAMBRINI, A.V., DEL NOBILE, M.A. **Packaging solutions to prolong the shelf life of Fiordilatte cheese: bio-based nanocomposite coating and modified atmosphere packaging.** LWT Food Sci. Technol. 60, 230-237, 2015.

METAK, A. M.; NABHANI, F.; CONNOLLY, S. N. **Migration of engineered Nanoparticles from packaging into food products.** LWT Food Sci Technol, 64:781-787, 2015.

MCCLEMENTS DJ: **Encapsulation, protection, and release of hydrophilic active components: potential and limitations of colloidal delivery systems.** Adv Colloid Interface Sci, 219:27-53, 2015.

MCHUGH, D. J. **Production and utilization of products from commercial seaweeds** (1st ed.). Rome, Italy: FAO fisheries technical paper 288, 1987.

MCHUGH, D. J. **A guide to the seaweed industry.** In FAO fisheries technical paper 441. Rome, Italy, 2003.

McMURCHIE, E. J.; McGLASSON, W. B.; EAKS, I. L. **Treatment of fruit with propylene gives information about the biogenesis of ethylene.** Nature, v. 237, p. 235-236, 1972.

MELLINAS C, VALDE´ S A, RAMOS M, BURGOS N, GARRIGO´ S MC: **Active edible films: current state and future trends.** J Appl Polym Sci, 132:42631, 2015.

MEDONÇA, K. et al, **Concentração de etileno e tempo de exposição para desverdecimento de limão “Siciliano”.** Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, V. 6, n. 2, p.179-183, jul/dez. 2003.

MENDONÇA, R.D.; FERREIRA, K.S.; SOUZA, L.M.; MARINHO, C.S.; TEIXEIRA, S.L. **Características físicas e químicas de goiabas ‘Cortibel 1’ e ‘Cortibel 4’ armazenadas em condições ambientais.** Bragantia, Campinas, 66 (4): 685-692, 2007.

MORAES, K. S. de; FAGUNDES, C. MELO, M. C., ANDREANI, P.; MONTEIRO, A. R. **Conservation of Williams Pear using edible coating with alginate and carragenan.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.32, n.4, p. 679-684, 2012.

MOON, S. E.; KIM, H. Y.; CHA, J. D. **Synergistic effect between clove oil and its major compounds and antibiotics against oral bacteria.** Archives of Oral Biology, 56, 907–916, 2011.

MORONES, J. R.; ELECHIGUERRA, J. L.; CAMACHO, A.; HOLT, K.; KOURI, J. B.; RAMÍREZ, J. T.; YACAMAN, M. J. **The bactericidal effect of silver nanoparticles.** Nanotechnology, 16:2346e53, 2005

MORSY, M.K., KHALAF, H.H., SHAROBA, A.M., EL-TANAHI, H.H., CUTTER, C.N. **Incorporation of essential oils and nanoparticles in pullulan films to control foodborne pathogens on meat and poultry products.** *J. Food Sci.* 79, M675–M682, 2014.

MYLLÄRI NEN, P.; PARTANEN, R.; SPPÄLÄ, J.; FORSSELL, P. **Effect of glycerol onbehaviour of amylose and amylopectin films.** *Carbohydrate Polymers*, 50,355–361, 2002.

NASR, N.F. **Applications of nanotechnology in food microbiology.** *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 4, 846–853, 2015.

NEO, Y.P., RAY, S., JIN, J., GIZDAVIC-NIKOLAIDIS, M., NIEUWOUDT, M.K., LIU, D., QUEK, S.Y. **Encapsulation of food grade antioxidant in natural biopolymer by electrospinning technique: a physicochemical study based on zein–gallic acid system.** *Food Chem.* 136 (2), 1013–1021, 2013.

NIMISHA, S.; KHERWAR, D.; AJAY, K.M.; SINGH, B. & USHA, K. **Molecular breeding to improve guava (*Psidium guajava* L.): Current status and future prospective.** *Scientia Horticulturae*, vol. 164, p. 578-588, 2013.

NUR HANANI ZA, ROOS YH, KERRY JP: **Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products.** *Int J Biol Macromol*, 71:94-102, 2014.

OLAIMAT, A. N.; FANG, Y.; HOLLEY, R. A. **Inhibition of *Campylobacter jejuni* on fresh chicken breasts by kappa-carrageenan/chitosan-based coatings containing allyl isothiocyanate or deodorized oriental mustard extract.** *International Journal of Food Microbiology*, 187, 77–82, 2014.

OLIVAS, G.I., BARBOSA-CANOVAS, G. **Edible films and coatings for fruits and vegetables.** In: Embuscado, M.E., Huber, K.C. (Eds.), *Edible Films and Coatings for Food Application*. Springer, NY, pp. 211–244, 2009.

OSAILI, T. M.; ALABOUDI, A. R.; NESIAR, E. A. **Prevalence of listeria, spp. And antibiotic susceptibility of listeria monocytogenes, isolated from raw chicken and ready-to-eat chicken products in Jordan.** Food Control, 22, 586–590, 2011.

PATARO, G.; SINIK, M.; CAPITOLI, M.M.; DONSI, G.; FERRARI, G. **The influence of post-harvest UV-C and pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of tomato fruits during storage.** Innovative Food Science & Emerging Technologies, v. 30, p. 103-111, 2015.

PATIL, V.; CHAUHAN, A.K. & SINGH, R.P. **Optimization of the spray-drying process for developing guava powder using response surface methodology.** Powder Technology, vol. 253, p. 230-236 2014.

PAUL, V.; PANDEY, R. **Role of internal atmosphere on fruit ripening and storability - a review.** Journal Food Science and Technology. v. 51, p. 1223–1250, 2014.

PAWAR, S. N.; EDGAR, K. J. **Alginate derivatization: A review of chemistry, properties and applications.** Biomaterials, 33, 3279–3305, 2010.

PINTO, E.; VALESILVA, L.; CAVALEIRO, C.; SALGUEIRO, L. **Antifungal activity of the clove essential oil from syzygium aromaticum on candida, aspergillus and dermatophyte species.** Journal of Medical Microbiology, 58, 1454–1462, 2009.

PORAT, R.; WEISS, B.; ZIPORI, I.; DAG, A. **Postharvest longevity and responsiveness of guava varieties with distinctive climacteric behaviors to 1-methylcyclopropene.** Horticulturae Technology, v.19, n. 3, p. 580-585, 2009.

RAI, M., YADAV, A., GADE, A. **Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials.** Biotechnol. Adv. 27, 76–83, 2009.

RANA, S.; SIDDIQUI, S. & GOYAL, A. **Extension of the shelf life of guava by individual packaging with cling and shrink films.** Journal of Food Science and Technology, vol. 52, n. 12, p. 8148–8155, 2015.

RANI, B.; KACHHAWA, G. R.; YADAN, R. K.; CHAUHAN, V.; MAHESHWARI, R. **Phytochemical effectiveness of clove oil: A review.** International Journal of Research in Pharmacology & Pharmacotherapeutics, 1, 230–233, 2012.

REDDY N, HAN S, ZHAO Y, YANG Y: **Antimicrobial activity of cotton fabrics treated with curcumin.** J Appl Polym Sci, 127:2698- 2702, 2013.

RESTUCCIA D, SPIZZIRRI UG, PARISI OI, CIRILLO G, CURCIO M, IEMMA F, PUOCI F, VINCI G, PICCI N: **New regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications.** Food Control, 21:1425-1435,2010.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; OLSEN, C.; FRIEDMAN, M.; HENIKA, P. R.; MARTÍN-BELLOSO, O. **Effects of plant essential oils and oilcompounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate–apple puree edible films.** Journal of Food Engineering, 81(3), 634–641, 2007.

SALGADO P. R, ORTIZ C. M, MUSSO Y.S, DI GIORGIO L, MAURI A.N; **Edible films and coatings containing bioactives.** Food Science, 5:86–92, 2015.

SANCHES-SILVA A, COSTA D, ALBUQUERQUE TG, BUONOCORE G, RAMOS F, CASTILHO MC, MACHADO AV, COSTA HS: **Trends in the use of natural antioxidants in active food packaging: a review.** Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expos Risk Assess, 31:374-395, 2014.

SANTANA, D.B. **Respiração mitocondrial e mudanças físicas e químicas na pós-colheita de goiabas ‘Paluma’ e ‘Cortibel’.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 99 p, 2015.

SAVAS, L. A.; HANCER, M. **Montmorillonite reinforced polymer nanocomposite antibacterial film.** Appl Clay Sci; 108:40e4, 2015.

SEMO, E., KESSELMAN, E., DANINO, D., LIVNEY, Y.D. **Casein micelle as a natural nano capsular vehicle for nutraceuticals.** Food Hydrocolloids 21 (5), 936–942, 2007.

SERPA, M. F. P.; CASTRICINI, A.; MITSUBUZI, G. P.; MARTINS, R. N.; BATISTA, M. F.; ALMEIDA, T. H. de. **Conservação de manga com uso de fécula de mandioca preparada com extrato de cravo e canela.** Revista Cerres, v. 61, n.6, p. 975-982, 2014.

SILVA, R. T.; PASBAKSH, P.; LEE, S. M.; KIT, A. Y. **ZnO deposited/ encapsulated halloysiteepoly (lactic acid) (PLA) nanocomposites for high performance packaging films with improved mechanical and antimicrobial properties.** Appl Clay Sci 111:10e20, 2015.

SIQUEIRA, A.P.O. **Uso de coberturas comestíveis na conservação pós-colheita de goiaba e maracujá-azedo.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.91 p, 2012.

SCOTT, N., CHEN, H. **Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems.** Ind. Biotechnol. 9 (1), 17–18, 2013.

SHAHIDI F, ZHONG Y: **Novel antioxidants in food quality preservation and health promotion.** Eur J Lipid Sci Technol, 112:930-940, 2010.

SHANKAR S, TENG X, LI G, RHIM JW. **Preparation, characterization, and antimicrobial activity of gelatin/ZnO nanocomposite films.** Food Hydrocoll 45:264e71, 2015.

SHENIR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) 2014, <http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/policy/index_en.htm>.

SHOJAEE-ALIABADI, S., HOSSEINI, H., MOHAMMADIFAR, M. A., MOHAMMADI, A.,GHASEMLOU, M., HOSSEINI, S. M. **Characterization ofkappa-carrageenan films incorporated plant essential oils with improvedantimicrobial activity.** Carbohydrate Polymers, 101, 582–591, 2014.

SKURTYS, O., ACEVEDO, C., PEDRESCHI, F., ENRONOE, J., OSORIO, F., & AGUILER, J. M. **Food hydrocolloid edible films and coatings.** Nova Science Publishers, Inc. (US), 2010.

SONG, Y., LIU, L., SHEN, H., YOU, J., & LUO, Y. **Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*).** Food Control, 22(3–4), 608–615, 2011.

SOTHORNVIT R, KROCHTA JM: **Plasticizers in edible films and coatings.** Innovations in Food Packaging. Elsevier; 403- 433, 2005.

SREENIVAS, K.M.; CHAUDHARI, K.; LELE, S. S. **Ash gourd peel wax: extraction, characterization, and application as an edible coat for fruits.** Food Science Biotechnology. v.20, n.2, p. 383-387, 2011.

TAKALA, P. N., VU, K. D., SALMIERI, S., KHAN, R. A., LACROIX, M. **Antibacterial effect of biodegradable active packaging on the growth of *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes* in fresh broccoli stored at 4°C.** LWT – Food Science and Technology, 53(2), 499–506, 2013.

TOKER, R.D., KAYAMAN-APOHAN, N., KAHRAMAN, M.V. **UV curable nano-silver containing polyurethane based organic–inorganic hybrid coatings.** Prog. Org. Coat. 76, 1243–1250, 2013.

TRIGO, J. M. **Qualidade de mamão Formosa 1 minimamente processado utilizando revestimentos comestíveis.** 56f. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2010.

U.S. FDA. Environmental Decision Memo for Food Contact Notification No. 1569. Biologist, Regulatory Team 2, Division of Biotechnology and GRAS Notice Review (HFS-255); 2015.

VALENCIA-CHAMORRO, S.A., PALOU, L., DEL RÍO, M.A., PÉREZ-GAGO, M.B. **Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: a review.** J. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 51 (9), 872–900, 2011.

VARELA, P., FISZMAN, S. M. **Hydrocolloids in fried foods.** A review. Food Hydrocolloids, 25, 1801–1812, 2011.

VISHWASRAO, C., ANANTHANARAYAN, L. **Postharvest shel-life extension of pink guavas (*Psidium guajava* L.) using HPMC-based edible surfasse coating.** Journal of Food Science and Tecnology, p. 1-9, 2016.

VU, C. H. T., WON, K. **Novel water-resistant UV-activated oxygen indicatorfor intelligent food packaging.** Food Chemistry, 140(1–2), 52–56, 2013.

WANG, H.C.; HUANG, X.M.; HU, G.B.; YANG, Z.Y.; HUANG, H.B **A Comparative study of chlorophyll loss and its related mechanism during fruit maturation in the pericarp of fast- and slow-degreening litchi pericarp.** Scientia Horticulturae, 106: 247-257, 2005.

WU, H.; YIN, J. J.; WAMER, W. G.; ZENG, M.; LO, Y. M. **Reactive oxygen species-related activities of nano-iron metal and nano-iron oxides.** J Food Drug Anal, 22:86e94, 2014.

XIAO, Q.; LIM, L. T.; TONG, Q. **Properties of pullulan-based blend films asaffected by alginate content and relative humidity.** Carbohydrate Polymers, 87(1), 227–234, 2012.

XIAO, Q., GU, X., & TAN, S. **Drying process of sodium alginate films studied bytwo-dimensional correlation ATR-FTIR spectroscopy.** Food Chemistry, 164,179–184, 2014.

YANYUN Z. **Edible Coatings for Extending Shelf-Life of Fresh Produce During Postharvest Storage.** Universidade Estadual de Oregon, Corvallis, OR, Estados Unidos, 2018.

YOUSSEF, A. M., ABDEL-AZIZ, M. S. **Preparation of polystyrene nanocomposites based on silver nanoparticles using marine bacterium for packaging.** Polym. Plast. Technol. Eng. 52, 607–613, 2013.

ZACTITI, E. M., KIECKBUSCH, T. G. **Potassium sorbate permeability inbiodegradable alginate films: Effect of the antimicrobial agent concentrationand crosslinking degree.** Journal of Food Engineering, 77(3), 462–467, 2006.

ZHAO, Y. **Application of commercial coatings.** In: Baldwin, E., Hagenmaier, R., Bai, J. (Eds.), *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, second ed. CRC Press/Taylor & Francis, pp. 319–329, 2010.

ZHU, X.; WANG, Q.M.; CAO, J.K. & JIANG, W.B. **Effects of chitosan coating on postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L.cv. Tainong) fruits.** *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 32, n. 5, p. 770-784, 2008.

ANEXOS

ANEXO A: Primeira etapa do experimento, aplicação do DCCR, foto do 8º dia de armazenamento.



ANEXO B: Segunda etapa do experimento, experimento de vida de prateleira.

