

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

LISKELLY DE FREITAS PEREIRA

APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL EM
ABACAXI MINIMAMENTE PROCESSADO

PATOS DE MINAS
2017

LISKELLY DE FREITAS PEREIRA

APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL EM
ABACAXI MINIMAMENTE PROCESSADO

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Patos de Minas como requisito de avaliação da disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso I.

Orientadora: Prof^ª.Dr^ª.Vivian Consuelo Reolon Schmidt

PATOS DE MINAS
2017

LISKELLY DE FREITAS PEREIRA

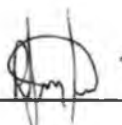
APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL EM ABACAXI MINIMAMENTE
PROCESSADO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
Química da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel no curso
de Graduação em Engenharia de
Alimentos – *Campus* Patos de Minas.

Patos de Minas, 06 de dezembro de 2017.



Prof.^a Dr.^a Vivian Consuelo Reolon Schmidt – UFU
Orientadora



Prof. Dr Rodrigo Aparecido Moraes de Souza – UFU
Membro



Prof. Dr.^a Michelle Andriati Sentanin – UFU
Membro

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda proteção e força concedidas a mim durante a minha caminhada, por nunca ter me deixado desistir e por sempre iluminar o meu caminho.

Aos meus pais Wilson Roberto e Clara e ao meu irmão Victor, por serem meu porto seguro, pelo apoio incondicional, por nunca medirem esforços, por acreditarem em mim, e principalmente, por me tornarem a pessoa que sou hoje.

A todos os meus familiares e amigos que sempre estiveram ao meu lado torcendo por mim e me ajudando de alguma forma. E, de modo especial e com todo meu amor, agradeço aos meus avós por todo o cuidado, zelo, preocupação e carinho.

Ao meu parceiro, amigo e namorado Eduardo agradeço por toda força, confiança e compreensão durante todos esses anos em que convivemos com a distância.

À professora Dr^a. Vivian Schmidt, pela orientação, pela oportunidade e por todo conhecimento transmitido durante toda a execução deste trabalho, sempre disposta a ensinar-me e esclarecer as dúvidas.

Ao professor Rodrigo Aparecido Moraes de Souza e à professora Michelle Andriati Sentanin, pela disposição e diligência.

A toda a equipe do Laboratório de Química de Alimentos, pelo auxílio no laboratório durante a realização dos experimentos.

A todos os professores do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, pelos ensinamentos, oportunidades, amizade e palavras de incentivo, em especial àqueles que de alguma forma tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Aos amigos e colegas de faculdade por dividirem comigo toda essa experiência, em especial ao Igor e a Fer, por me ajudarem sempre que precisei e por me mostrarem que sem vocês não teria a mesma graça.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que esse momento fosse possível.

Meu muito obrigada!

“Alguns homens veem as coisas como são e perguntam: “Por quê?”. Eu sonho com as coisas que nunca existiram e pergunto: Porque não?”

George Bernard Shaw

RESUMO

Como o tempo de preparo de alimentos é limitado nos dias atuais, novos hábitos têm sido criados, levando a um aumento no consumo de alimentos prontos para comer como alimentos que sejam frescos e nutritivos, que apresentem uma maior durabilidade e praticidade. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a vida útil de abacaxi minimamente processado com cobertura comestível à base de amido. Foram realizadas análises preliminares para determinar a metodologia que melhor se adequaria ao estudo. Foram estabelecidos o binômio tempo e temperatura de secagem, a aplicação de um tratamento térmico, a impregnação do filme na fruta por banho ultrassônico e o tipo de embalagem para armazenamento do produto. Os frutos foram previamente higienizados e picados em tamanhos iguais. Posteriormente branqueados com solução de ácido cítrico a 1% e secos em estufa a 50°C por 2 horas. Em seguida, foi preparada uma solução de 3% de amido, a qual foi aquecida em banho termostaticado sob agitação mecânica. Na suspensão, ainda quente, os abacaxis foram imersos por 1 minuto, retirados e colocados em um suporte metálico, o qual foram secos em estufa a 50°C por 3 horas para a película aderir a superfície dos pedaços da fruta. Por fim, os mesmos foram embalados a vácuo e armazenados em geladeira a temperatura aproximada de 7°C. Avaliou-se a vida útil com as análises de cor, textura, pH, acidez titulável, atividade de água e sólidos solúveis (°Brix). Pelas análises realizadas os abacaxis apresentaram vida de prateleira de 10 dias. O pH não demonstrou alterações significativas no decorrer dos dias de armazenamento. No entanto, os valores de sólidos solúveis e atividade de água apresentaram aumento significativo ao final do período de armazenamento. Os valores para textura e as concentrações de ácido cítrico diminuíram significativamente a partir do 3º dia de armazenamento, sendo a textura o parâmetro que mais se diferenciou quando comparado com o abacaxi *in natura*. Todos os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* , C^* , h e ΔE) apresentaram diferença significativa, porém, os abacaxis se mantiveram em uma faixa de tonalidade mais clara, entre amarelos e amarelo-esverdeados, a mesma apresentada pelo abacaxi *in natura*. Assim, conclui-se que a tecnologia de processamento mínimo com recobrimento com filmes biodegradáveis melhora a qualidade do fruto, facilita o seu consumo, contribuindo para a redução de perdas durante seu processo produtivo.

Palavras-chave: Filmes biodegradáveis; amido; processamento mínimo; vida de prateleira; abacaxi.

ABSTRACT

Nowadays, as food preparation time is limited, new habits have been created leading to an increase in the consumption of ready-to-eat foods as foods that are fresh and nutritious, that present a greater durability and practicality. Thus, the objective of the present work was to evaluate the shelf life of minimally processed pineapple with edible cover based on starch. Preliminary analyzes were performed to determine the methodology that best fit the study. The drying binomial time and temperature, the application of a thermal treatment (bleaching), the ultra-sonic bath and the type of packaging for storing the product were established. The fruits were previously sanitized and cut in equal sizes. Subsequently bleached with 1% citric acid solution and oven dried at 50°C for 2 hours. Thereafter, a solution of 3% starch was prepared which was warmed in a thermostated bath under mechanical shaken. In the still hot suspension, the pineapples were immersed for 1 minute, removed and placed in a metal holder, which were oven dried at 50°C for 3 hours, for to adhere a film to the surface of the fruit pieces. Finally, they were vacuum packed and stored in a refrigerator at temperature of approximately 7°C. Shelf life was analyzed according to color, texture, pH, titratable acidity, water activity and soluble solids (°Brix) analyzes. Based on the analyzes, the pineapples showed shelf life of 10 days. The pH did not show significant changes over the days of storage. However, the values of soluble solids and water activity showed a significant increase at the end of storage days. The texture and concentrations of citric acid decreased significantly from day 3 of storage, being the texture the parameter that most differed from the characteristics presented for pineapple *in natura*. All the color parameters (L *, a *, b *, C *, h and ΔE) presented a significant difference, however, the pineapples remained in a lighter color range, between yellow and green-yellow, the same as pineapple *in natura*. So, the minimum processing technology with biodegradable films covering improves the quality of the fruit, facilitates its consumption, contributing to the reduction of losses during its productive process.

Keywords: Biodegradable films; starch; minimum processing; shelf life; pineapple.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Abacaxis secos a 50 °C.	33
Figura 2 – Abacaxis secos a 50 °C durante 2h, 3h e 4h.	34
Figura 3 – Amostras com aplicação do filme: a) com o banho Ultra Sônico e b) sem o banho Ultra Sônico.	35
Figura 4 – Abacaxis no 10º dia de armazenamento com branqueamento.	36
Figura 5 - Abacaxis no 10º dia de armazenamento.	36
Figura 6 – Abacaxis no 12º dia de prateleira.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização do abacaxi <i>in natura</i>	38
Tabela 2 – Valores médios de pH para 3 diferentes amostras de abacaxi em diferentes dias de análises.	39
Tabela 3 – Médias dos teores de sólidos solúveis (°Brix) para 3 diferentes amostras de abacaxi em diferentes dias de análises.	40
Tabela 4 – Valores médios de atividade de água para 3 diferentes amostras de abacaxi em diferentes dias de análises.	41
Tabela 5 – Médias para força máxima de perfuração (dureza) para 3 diferentes amostras de abacaxi em diferentes dias de análises.	42
Tabela 6 - Médias dos atributos de cor (L*, a*, b*, C*, h e ΔE) para 3 diferentes amostras de abacaxi em diferentes dias de análises.	43
Tabela 7 - Médias dos valores de acidez total titulável (% ácido cítrico), para 3 diferentes amostras de abacaxi em diferentes dias de análises.	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Frutas no Brasil	12
2.1.1 <i>Desperdício de Frutas</i>	13
2.2 Formas de Aumento de Vida Útil	15
2.2.1 <i>Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças</i>	15
2.2.2 <i>Atmosfera Modificada</i>	16
2.2.3 <i>Filmes e Coberturas comestíveis</i>	19
2.3 Coberturas Biodegradáveis	20
2.3.1 <i>Amido</i>	20
2.3.2 <i>Quitosana</i>	22
2.3.3 <i>Acetato de Celulose</i>	23
2.3.4 <i>Agentes Antimicrobianos em Coberturas Biodegradáveis</i>	24
2.4 Abacaxi	26
3 METODOLOGIA	29
3.1 Análises Preliminares	29
3.2 Preparo do Recobrimento de Amido	30
3.3 Análises físico-químicas durante a Estocagem	30
3.3.1 <i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	30
3.3.2 <i>Sólidos Solúveis Totais (° Brix)</i>	31
3.3.3 <i>Atividade de Água (a_w)</i>	31
3.3.4 <i>Textura</i>	31
3.4 Análises Estatísticas	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Análises Preliminares	33
4.2 Análises físico-químicas durante a Estocagem	37
5 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

Os alimentos, de modo geral, e principalmente as frutas e hortaliças *in natura*, são altamente perecíveis e vários são os problemas relacionados à sua conservação. Algumas técnicas são utilizadas visando aumentar a vida de prateleira das frutas e hortaliças, entre elas pode-se citar o aumento da umidade relativa do ar, diminuição da temperatura e o uso de embalagens (VICENTINI, 2003).

Nesse caso, a embalagem deve proteger o produto contra a perda excessiva de massa por meio da transpiração, assim como reduzir as trocas gasosas com o meio, diminuindo o seu metabolismo e aumentando a vida pós-colheita. Além disso, as mesmas devem evitar danos físicos e mecânicos durante a movimentação, transporte e distribuição e facilitar o consumo. Entre os principais tipos de embalagens para frutas e hortaliças estão os filmes comestíveis que apresentam excelentes propriedades mecânicas e de barreira a gases e vapor de água, além de manter a aparência fresca, a firmeza e o brilho do alimento (VICENTINI, 2003).

Os filmes comestíveis (películas) são embalagens de fina espessura, preparados a partir de moléculas biodegradáveis, que são utilizados para envolver produtos, protegendo-os e aumentando sua vida útil (UGALDE, 2014). Para a elaboração dos filmes são utilizados polissacarídeos, proteínas, lipídios ou uma combinação destes compostos, permitindo a exploração das características funcionais de cada classe. Para melhorar a flexibilidade, força e resistência dos filmes faz-se o uso de plastificantes, como o glicerol e o sorbitol. Filmes obtidos a partir das matérias-primas citadas são econômicos, biodegradáveis e podem ser consumidos em conjunto com o produto (VICENTINI, 2003).

Potencialmente, diversas são as aplicações e formulações de filmes e coberturas comestíveis em alimentos. Oliveira (1996) usou películas de fécula de mandioca nas concentrações de 1 e 2% em frutos de goiaba, armazenados à temperatura ambiente e diferentes umidades relativas (19,5-27,0°C e 59-76%), e comparou com goiabas sem tratamento. Os frutos recobertos com películas apresentaram menor perda de massa e menor taxa respiratória em relação aos frutos sem tratamento. Revestimentos de amido de mandioca aplicados como emulsão em morangos frescos contribuíram para a diminuição da perda de peso, retenção de cor e aumento de vida útil dos frutos comparados com o controle (DEBEAUFORT; QUEZADA-GALLO; VOILLEY, 1998). Estudos feitos por Wong *et al.* (1994), com revestimentos compostos à base de diferentes polissacarídeos, como: pectina, celulose microcristalina, carragena e alginato, usados em maçãs cortadas em cubos, mostraram

que todos os revestimentos testados reduzem substancialmente a taxa de produção de CO₂ e etileno no produto.

O objetivo geral do presente estudo é avaliar a vida útil de pedaços de abacaxi com cobertura comestível à base de amido. Este objetivo pode ser descrito por 3 objetivos específicos, como apresentado a seguir.

Definir o miniprocessamento do fruto:

- Identificar a melhor porcentagem de amido na suspensão filmogênica;
- Avaliar a necessidade de branqueamento antes da aplicação do filme.

Definir a melhor forma de aplicar os filmes na fruta em pedaços:

- Avaliar a necessidade de secagem dos pedaços antes da aplicação do filme;
- Determinar tempo e temperatura de secagem.

Estimar a vida de prateleira do fruto:

- Avaliar a embalagem de acondicionamento;
- Avaliar da aplicação de vácuo na embalagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Frutas no Brasil

O Brasil é reconhecido pela grande variedade de frutas produzidas em todas as regiões do país, tanto advindas de lavouras permanentes, como de temporárias, o que potencializa ainda mais as oportunidades para os pequenos negócios. As principais frutas comercializadas no Brasil são: laranja, banana, mamão, uva e coco-da-baía, provenientes de lavouras permanentes e abacaxi, melancia e melão provenientes de lavouras temporárias (SEBRAE, 2017).

A fruticultura é um dos setores de maior destaque do agronegócio brasileiro. Graças a uma grande variedade de culturas, produzidas em todo o país e em diversos climas, este setor conquista resultados expressivos e gera oportunidades para os pequenos negócios brasileiros. O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas no mundo, ficando atrás apenas de China e Índia, o que mostra a relevância do setor para a economia brasileira. O segmento gera, aproximadamente, 5,6 milhões de empregos, em plantações que cobrem mais de 2 milhões de hectares distribuídos por vários polos de produção no país. O desenvolvimento da fruticultura tem impulsionado também o desenvolvimento da agroindústria, para o processamento das frutas (SEBRAE, 2017).

A grande extensão territorial do Brasil, com as mais diferentes condições climáticas, permite que o país produza uma grande variedade de frutas ao longo do ano. Cada região brasileira acaba se destacando na produção de determinadas frutas pelas condições favoráveis que apresentam para a produção de tipos específicos de frutas. No Sul há o predomínio da produção sazonal de frutas típicas de clima temperado, como maçã, uva, pêssego, e morango. Além dessas frutas, outras culturas, também de clima temperado, estão sendo introduzidas na região como a amora preta e o mirtilo, conhecido por “blueberry”, muito apreciado por seu sabor exótico, valores econômicos e medicinais (CARVALHO; MIRANDA, 2008).

O Sudeste permite a coexistência de muitas frutas sobressaindo-se as laranjas para a industrialização. Esta região se destaca como a maior produtora de frutas, graças à grande produção de laranja no Estado de São Paulo. O investimento em sistemas de irrigação trouxe o aumento da produção de frutas no Nordeste, em regiões do semiárido, tornando possível a produção diversas frutas durante o ano todo. A região produz frutas tropicais, subtropicais e mesmo frutas temperadas, onde se substitui a dormência pelo frio pela dormência pela seca (CARVALHO; MIRANDA, 2008).

No Centro-Oeste, os produtores vêm investindo na fruticultura com a produção de abacaxi e maracujá. Os frutos das espécies nativas do cerrado oferecem um elevado valor nutricional, além de atrativos sensoriais como: cor, sabor e aroma peculiares e intensos, ainda pouco explorados comercialmente. No Norte o clima tropical úmido permite o desenvolvimento de uma fruticultura exótica e peculiar, sendo que muitas ainda são pouco conhecidas e consumidas, tendo destaque o açaí nesta região (CARVALHO; MIRANDA, 2008).

O país tem suprido o mercado interno com eficiência, importando apenas uma pequena quantidade de outros países, principalmente de frutas de clima temperado. No entanto, está em 15º no ranking das exportações mundiais de frutas. O Brasil tem um apelo no mercado internacional de frutas, que caracteriza o selo “Brazilian Fruit”, que vem sendo cada vez mais utilizado em campanhas nos mercados internacionais, contudo ainda há muito a crescer em termo de exportações (BRAZILIAN FRUIT, 2017).

2.1.1 Desperdício de Frutas

Perdas de alimentos significam a sua redução não intencional, tornando-os indisponíveis para o consumo humano, resultante de ineficiências em toda a cadeia produtiva. As perdas de alimentos no Brasil representam de 10 a 60% do total produzido no país, acarretando grandes prejuízos financeiros para todos os representantes de sua cadeia produtiva e elevando o custo final do produto ao consumidor. No Brasil ocorre o desperdício de 26 milhões de toneladas de alimentos por ano (PORTAL EDUCAÇÃO, 2017).

As causas de perdas e desperdícios de hortifruti são várias:

- Colheita realizada sem devidos cuidados;
- Embalagem inadequada;
- Armazenamento inadequado;
- Tempo de intervalo entre compra e venda;
- Má-qualidade do produto;
- Transporte precário;
- Grande dimensão territorial;
- Excesso de oferta do alimento;
- Manuseio inadequado do produto na cadeia de produção;
- Manuseio inadequado do produto pelo consumidor (PORTAL EDUCAÇÃO, 2017).

Ao todo, daria para encher 625 mil caminhões com as frutas que o Brasil desperdiça em um ano. Isso representa 30% da produção nacional (G1, 2017). Verifica-se que apesar de consideráveis, essas perdas muitas vezes não são contabilizadas, o que torna um fator complicador para obtenção de resultados científicos mais exatos por região ou país, ao se considerar toda a cadeia produtiva (EMBRAPA, 2017).

As perdas podem ser classificadas em bióticas (doenças), abióticas (desordens ou distúrbios fisiológicos ou doenças não patogênicas) e físicas (injúrias mecânicas são as principais), sendo geralmente maiores em países menos desenvolvidos, e grandemente influenciados pelas técnicas inadequadas de colheita, armazenamento, transporte, bem como pela fisiologia do produto (EMBRAPA, 2017).

A *National Academy Science* (1978) publicou importante trabalho nesta área, mostrando estimativas de perdas por culturas e agrupadas por região e país, entendendo-se as nutricionais, qualitativas e quantitativas. Com relação às perdas nutricionais, ressalta-se principalmente as perdas de vitaminas, pigmentos e açúcares.

As perdas qualitativas são aquelas baseadas em julgamentos subjetivos, os quais são descritos frequentemente por meio de comparações com padrões de qualidade aceitos por diferentes localidades. São mais difíceis de serem identificadas, pois incluem perda de sabor e aroma e deteriorações na aparência devido a reações do metabolismo endógeno. As perdas quantitativas incluem, entre outras, as injúrias mecânicas, que ocorrem nas operações de pré-colheita, colheita e de manuseio, tais como classificação, embalagem e transporte, ocasionando invasões e crescimento de patógenos, perda de peso, sabor, firmeza e mudança de cor. As injúrias mecânicas (batidas, cortes, esmagamentos, abrasões e rachaduras), têm sido identificadas como as principais perdas na qualidade pós-colheita. Como resultado de impactos há o estímulo ao aumento da taxa de respiração e a produção de etileno, reduzindo a vida útil do produto (EMBRAPA, 2017).

As perdas fisiológicas ocorrem por fatores pré e pós-colheita, e são devidas, principalmente, ao estado de maturidade do produto. Mesmo apresentando muitas vezes sintomas semelhantes, as causas das perdas fisiológicas podem ser distintas, sendo que a magnitude de tais perdas varia entre os produtos e são influenciadas principalmente pelo ambiente de armazenamento. Perdas de 3 a 6% de umidade geralmente causam declínio na qualidade, embora certos produtos sejam comercializáveis a 10% de perda de umidade. Temperatura elevada no armazenamento é a principal causa dessa perda (EMBRAPA, 2017).

Muitos sintomas são observados como causas dessas perdas, destacando-se principalmente o colapso interno da polpa, o amaciamento, a presença de tecido esponjoso, descolorações etc. Temperaturas muito baixas podem provocar manchas superficiais, descolorações internas, colapso do tecido, aumentando a suscetibilidade a degradação de certos produtos, sendo acompanhadas por alterações bioquímicas indesejáveis. Outras desordens, tais como *bitter pit*, coração aquoso, escaldadura são grandemente influenciadas por fatores de pré-colheita (EMBRAPA, 2017).

Nos dias atuais, como o tempo de preparo de alimentos é limitado, novos hábitos alimentares têm sido criados, levando a um aumento no consumo de alimentos prontos. Ao mesmo tempo, a crescente demanda decorrente do consumo de alimentos que sejam frescos, saudáveis, nutritivos e que apresentem uma maior durabilidade, tem incentivado o mercado a desenvolver diferentes formas de manter essas características nos alimentos. Uma das alternativas para atender essas necessidades da atualidade é o processamento mínimo, que além de tornar prático o consumo dos alimentos, evita desperdícios. Outra maneira é o uso de atmosfera modificada e aplicação de filmes biodegradáveis comestíveis.

2.2 Formas de Aumento de Vida Útil

2.2.1 Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças

O início do processamento mínimo de frutas e hortaliças se deu por volta dos anos 70, na França, onde este tipo de produto é atualmente bem estabelecido. No Brasil, iniciou-se a comercialização de produtos minimamente processados na década de 90 e, nos últimos anos, esse segmento do agronegócio tem apresentado grande desenvolvimento, obtendo crescente participação no mercado de frutas e hortaliças frescas, tendo destaque nos grandes centros como São Paulo e Rio de Janeiro (UOV, 2010).

Por definição, o produto minimamente processado (PMP) é “qualquer hortaliça, ou combinação delas, que tenha sido fisicamente alterada, mas permanece no seu estado *in natura*”. Este processamento envolve as atividades de seleção e classificação da matéria prima, pré-lavagem, corte, fatiamento, sanitização, enxágue, centrifugação, embalagem e armazenamento refrigerado, visando obter um produto fresco e saudável e que, na maioria das vezes, não necessita de preparo para ser consumido (DURIGAN, 2004).

O processamento mínimo é um empreendimento que proporciona agregação de valor e melhoria na competitividade do setor de horticultura, ou seja, melhora o preço para a comercialização do produto e proporciona novos canais de comercialização e escoamento da produção. O mesmo gera impacto econômico e social pela redução das perdas, geração de renda ao empresário e, principalmente, geração de empregos, tanto diretos como indiretos. Suas principais metas são adaptar-se à tendência de alimentação saudável atual e satisfazer o maior consumo de frutas e hortaliças, em nível doméstico e institucional (UOV, 2010).

Os produtos minimamente processados sofrem rápida deterioração como resultado das mudanças bioquímicas e fisiológicas, dentre as quais se destacam a perda de água, escurecimento dos tecidos, proliferação microbiana e aumento da atividade respiratória (WANG, 2006). Assim, aliada aos procedimentos para processamento, deve haver implantação de Boas Práticas de Fabricação para o sucesso na comercialização de frutos e hortaliças minimamente processados, sendo necessário para prevenir e controlar os riscos da contaminação e ainda manter a qualidade do produto. (CHITARRA, 2000).

A viabilidade técnica e comercial das frutas e vegetais minimamente processados depende da eficiência da embalagem, que também funciona como uma importante ferramenta de marketing nos pontos de venda (VERMEIREN *et al.*, 1999).

As embalagens ativas são desenvolvidas para interagir de forma desejável com o produto, mudando as condições de acondicionamento para aumentar a vida de prateleira e melhorar a sua segurança ou as suas propriedades sensoriais. Os filmes que recebem aditivos e estão em contato com a superfície do produto liberam, de forma controlada, o composto para a superfície do alimento, onde a maioria das reações químicas e microbiológicas ocorre. Assim, o consumidor estará ingerindo menos aditivos ao longo do armazenamento. Existem diversos tipos de embalagens ativas, como os absorvedores de oxigênio, de etileno, de umidade, liberados de antioxidantes, liberadores e/ou absorvedores de aromas, imobilização de enzimas e embalagens antimicrobianas (VERMEIREN *et al.*, 1999).

2.2.2 Atmosfera Modificada

A embalagem em atmosfera modificada (EAM) é um método que implica a eliminação do ar no interior da embalagem e sua substituição por um gás, ou mistura de gases, dependendo do tipo de produto. A atmosfera gasosa se altera continuamente durante todo o período de armazenamento graças à influência de diversos fatores, como a respiração do

produto envasado, mudanças bioquímicas e a lenta difusão dos gases através do alimento (PARRY, 1993).

Os objetivos da EAM são estender a vida de prateleira de produtos alimentícios e prevenir (ou pelo menos retardar) qualquer alteração indesejável nas características sensoriais, nutritivas e microbiológicas nos alimentos. Tais objetivos são baseados em três princípios: redução de alterações fisiológicas, químicas/bioquímicas e físicas indesejáveis nos alimentos, controle do crescimento microbiano e prevenção da contaminação do produto (FLOROS; MATSOS, 2005).

O embalagem a vácuo é definido como o acondicionamento do produto em embalagens com barreira aos gases, nas quais o ar é removido para prevenir o crescimento de organismos deteriorantes, oxidação e descoloração do produto. De acordo com pesquisadores, esse tipo de embalagem é considerado uma forma de EAM, visto que, ao remover o ar, a atmosfera no interior da embalagem é modificada. Sob estas condições, o O_2 residual é utilizado pela microbiota aeróbica residente, produzindo CO_2 (10-20%) e fazendo com que o potencial redox tenda a ficar negativo. Estas mudanças no potencial redox e na composição da atmosfera suprimem o crescimento de bactérias aeróbias deteriorantes que produzem a viscosidade, rancificação e descoloração indesejáveis no produto (HINTLIAN; HOTCHKISS, 1986).

A atmosfera modificada é uma tecnologia bastante versátil e aplicável a vários tipos de frutas e hortaliças, sendo relativamente simples e de baixo custo e pode ser estabelecida de duas formas, ativa e passiva (FONTENELE *et al.*, 2010).

Na atmosfera modificada passiva, o produto é acondicionado em embalagem, e a atmosfera é modificada pela própria respiração do produto, em função da permeabilidade da embalagem e da temperatura. O uso deste processo tem como princípio básico a redução da concentração de O_2 e aumento da concentração de CO_2 , buscando-se a extensão da vida útil pós-colheita de frutos (SANTOS *et al.*, 2005).

Na atmosfera modifica ativa, injeta-se inicialmente, no espaço livre da embalagem, uma mistura gasosa conhecida, sendo a atmosfera de equilíbrio determinada também pela interação entre o produto, embalagem e ambiente (CIPRIANO, 2010). Utiliza-se este processo quando é necessário que se estabeleça rapidamente a atmosfera desejada.

A modificação ativa envolve duas técnicas diferentes: gás *flushing* e vácuo compensado. As modificações passivas, no caso de frutas e vegetais, ocorrem como consequência da respiração ou do metabolismo de micro-organismos associados com o

alimento. A estrutura da embalagem normalmente é constituída por um filme polimérico e a permeabilidade dos gases através do filme também influencia a composição da atmosfera que se desenvolve (BLAKISTONE, 1999).

Na técnica do gás *flushing* ou de nivelamento do gás, o gás é introduzido continuamente na embalagem diluindo o ar presente, sendo, posteriormente a embalagem selada. Na técnica do vácuo compensado ocorre a passagem do produto por uma bandeja e remoção do ar. O vácuo é rompido pela mistura de gases apropriada e a embalagem é selada com calor. A vantagem deste último método é a maior eficiência na remoção do O₂ a níveis residuais menores que 1% (SMITH *et al.*, 1990).

Na técnica do gás *flushing* existe um limite de eficiência do sistema, pois a substituição do ar na embalagem é efetuada pela diluição. Na embalagem ficam 2-5% de O₂ residual, assim, essa técnica não é adequada para embalar alimentos muito sensíveis ao O₂. A maior vantagem do processo de gás *flushing* é a velocidade, visto que a operação é contínua. No caso do vácuo compensado, como são realizados dois processos a velocidade é um pouco mais lenta, entretanto, a eficiência com respeito ao O₂ residual é muito superior à técnica do gás *flushing* (BLAKISTONE, 1999).

De acordo com Church (1994), geralmente são utilizados três gases para alimentos: O₂, N₂ e CO₂, cada um possuindo uma função específica. A escolha da mistura de gases utilizada é influenciada pela microbiota capaz de crescer no produto, pela sensibilidade do produto ao O₂ e ao CO₂ e pela estabilidade da cor desejada (por exemplo: preservação da oximioglobina em carne fresca e nitrosomioglobina em produtos cárneos curados).

O princípio de conservação de vegetais por meio de EAM é diferente daqueles produtos que não respiram como: carne, massas e queijos, pois aqueles produtos continuam respirando após a colheita e durante a sua comercialização. Depois do processo de embalagem, as frutas e hortaliças consomem O₂ e produzem CO₂ e vapor d'água. Se houver um equilíbrio entre o O₂ e o CO₂ no interior da embalagem, pode-se criar, de forma passiva, uma atmosfera modificada favorável promovendo a redução da atividade respiratória dos frutos e, por consequência, da menor produção de etileno, que resulta em menor estresse por déficit hídrico, menor perda de água por transpiração, menor perda de turgidez, de peso fresco, de clorofila, de aroma e de valor nutritivo (CHITARRA; CHITARRA 1990).

2.2.3 Filmes e Coberturas comestíveis

Segundo Gontard (1991), a formação de filmes e coberturas comestíveis está baseada na dispersão ou solubilização dos biopolímeros (agentes formadores de filme), em um solvente (água, etanol ou ácidos orgânicos) e a adição de aditivos (plastificantes, agentes de ligação, etc.), obtendo-se uma solução ou dispersão filmogênica. Após o preparo, estas devem passar por uma operação de secagem para a formação dos filmes ou coberturas.

Algumas opções de materiais biodegradáveis utilizados na formação de filmes são os de origem biológica, como os polissacarídeos, lipídios e proteínas, ou suas combinações. Dentre estes, os polissacarídeos têm se mostrado mais eficientes, e o amido é um dos que mais explorado devido a suas excelentes vantagens de baixo custo, grande disponibilidade e produção a partir de fontes renováveis (PELLISSARI, 2009). Entretanto, outros polissacarídeos, como a quitosana e o acetato de celulose também são opções que podem ser utilizadas para a produção de filmes biodegradáveis, os quais têm sido considerados ótimos materiais para produção de revestimentos de alimentos (CANER, 2005; SILVEIRA, 2005) pelas excelentes propriedades de ação antimicrobiana e de rigidez, respectivamente.

O uso de filmes comestíveis em embalagens e como recobrimento para alimentos visa aumentar a vida pós-colheita e, vai depender de suas propriedades funcionais (barreira à umidade, gases e solubilidade em água ou lipídeo; propriedades óticas; propriedades mecânicas, reológicas e térmicas). Estas características dependem do polímero, do processo de obtenção e modo de aplicação, do condicionamento e da espessura do filme (MAHMOUD; SAVELLO, 1992; PARK *et al.*, 1993).

É desejável que filmes e recobrimentos comestíveis apresentem propriedades organolépticas neutras (transparente, inodoro, insípido) de modo a não alterar as características sensoriais dos alimentos, uma vez que estão em contato direto com o alimento (GONTARD, 1991).

Os filmes e coberturas comestíveis apresentam vantagens na sua utilização e aplicação, que se devem ao fato dos filmes serem consumidos junto com o alimento, serem produzidos a partir de componentes biodegradáveis e renováveis, e também por atuarem como suporte de nutrientes e/ou aditivos que melhoram as características nutricionais e sensoriais do alimento. Mas a principal vantagem desses filmes em relação a filmes sintéticos é a sua característica biodegradável (KESTER; FENNEMA, 1986).

De modo geral, a indústria de alimentos tem se preocupado muito com questões de segurança alimentar, relacionadas com a conservação dos produtos além das características

sensoriais. Por outro lado, os consumidores têm buscado alimentos seguros, mas ao mesmo tempo com boas propriedades nutricionais. Dessa forma, os filmes biopoliméricos como revestimento ou embalagens são importantes para os alimentos, dando a eles uma proteção contra fatores internos e externos. Além disso, quando os filmes biopoliméricos são incorporados de aditivos naturais, como os óleos essenciais (OEs), podem contribuir no retardamento do crescimento de micro-organismos patogênicos e deteriorantes (OLIVEIRA, 2015).

A necessidade de prolongamento da durabilidade do produto e a permanência dos aspectos sensoriais e nutricionais têm feito o uso das coberturas biodegradáveis uma interessante alternativa. A utilização de tais coberturas preenche dois quesitos importantes, a redução da atividade microbiológica e o aumento de vida útil dos alimentos, além de facilitar o consumo.

2.3 Coberturas Biodegradáveis

2.3.1 Amido

Com grande utilidade na indústria de alimentos, o amido é responsável pelas principais propriedades tecnológicas em produtos processados, contribuindo para propriedades de textura em alimentos, uma vez que possui aplicações industriais como agente espessante, gelificante e de formação de volume, dentre outras (SINGH *et al.*, 2003; UGALDE, 2014). Sendo que suas características e aspectos nutricionais o destacam dos demais carboidratos.

Comercialmente, o amido é obtido a partir de sementes de cereais, principalmente de milho comum, trigo, arroz; tubérculos; e raízes, por exemplo, batata e mandioca. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (1978), amido é o produto amiláceo extraído das partes aéreas comestíveis dos vegetais (grãos), e a fécula é o produto amiláceo extraído das partes subterrâneas comestíveis dos vegetais (tubérculos, raízes). Portanto, os produtos são designados, por exemplo, "amido de milho", "fécula de batata".

O amido ocorre na natureza em partículas características denominadas grânulos, em que têm seu tamanho e forma característicos dependendo da fonte vegetal, permitindo, assim, serem identificados microscopicamente. Ele é 30% solúvel em água fria, devido aos enlaces das pontes de hidrogênio que existem entre a amilopectina e amilose. Geralmente, os grânulos são compostos de dois polímeros: um polissacarídeo de cadeia linear, amilose, formada por

unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -1,4; e um polissacarídeo de cadeia ramificada, amilopectina, formada por unidades de glicose unidas em α -1,4 e α -1,6. A estrutura é uma das particularidades do amido. Outra característica importante é a capacidade de aumento da viscosidade do amido, que pode ser obtida apenas com o aquecimento da suspensão na faixa entre 70°C, resultando em um processo conhecido como gelatinização (FENNEMA *et al.*, 2010; DENARDIN e SILVA, 2009; WEBER *et al.*, 2009; SCHMIDT, 2006).

Dependendo da fonte do amido o conteúdo de amilose varia entre 18 a 30% apresentando diferença nas propriedades dos filmes, sabendo que, quanto maior o teor de amilose melhor será o filme formado (LAWTON, 1996).

Há também um terceiro componente no amido, proposto por Denardin e Silva (2009), com propriedades diferentes da amilose e amilopectina. Este componente, chamado de material intermediário, pode apresentar um importante papel na determinação das propriedades funcionais do amido. Segundo Vandeputte *et al.* (2004), um grande número de cadeias ramificadas curtas nesse componente contribuiria para uma menor cristalinidade granular, mudança de entalpia, viscosidade, temperatura de gelatinização e o maior grau de digestibilidade pelas enzimas que promovem a hidrólise; ao contrário, moléculas ramificadas de longos comprimentos de cadeias e menores graus de ramificação contribuiriam para uma maior cristalinidade, viscosidade, temperatura de gelatinização e firmeza do gel. Porém, por dificuldades de isolamento e purificação, o conceito de material intermediário ainda é incerto e obscuro, sendo que o grau de ramificação e o peso molecular ainda são os principais critérios de classificação (VANDEPUTTE *et al.*, 2004; DENARDIN e SILVA, 2009).

Gelatinização do grânulo e formação de pasta

A formação da pasta de amido é um fenômeno resultante do inchaço, lixiviação de compostos solúveis (principalmente amilose) e a ruptura total dos grânulos pelo seu aquecimento contínuo, em excesso de água, principalmente com a aplicação de forças de cisalhamento (LEMOES *et al.*, 2007; FENNEMA *et al.*, 2010; SINGH *et al.*, 2003).

A estrutura cristalina das moléculas de amido se rompe quando são aquecidas em excesso de água. Assim, as moléculas de água formam pontes de hidrogênio com as moléculas que se romperam, amilose e amilopectina, causando o inchamento e solubilidade do grânulo pela exposição de seus grupos hidroxil (SINGH *et al.*, 2003). No entanto, segundo Lemos *et al.* (2007), a capacidade de inchamento e solubilidade é dependente da fonte de

amido, sendo que esse fenômeno é influenciado pela proporção de amilose e amilopectina e também por outras características dessas moléculas, como peso molecular, grau e comprimento de ramificações e conformação.

A temperatura de gelatinização pode variar em uma ampla faixa, dependendo da fonte de amido, além de ser afetada por diversos fatores, sendo o principal deles a presença de água (ELIASSON, 1996; SINGH *et al.*, 2003). Assim que a temperatura é reduzida à temperatura ambiente, ocorre o fenômeno denominado retrogradação, havendo liberação de moléculas de água pelo rearranjo das moléculas que foram anteriormente ligadas por ligações de hidrogênio (ELIASSON, 1996; FENNEMA *et al.*, 2010).

2.3.2 Quitosana

A quitosana pode ser encontrada naturalmente na parede celular de fungos da espécie *Zygomycotina*, assim como em um grande número de organismos vivos como artrópodes e insetos (exoesqueleto), moluscos (cutícula) e crustáceos (concha) (KURITA, 2006; STAMFORD *et al.*, 2007). É um polissacarídeo composto por unidades obtidas pela desacetilação parcial da quitina. Quando o grau de acetilação da quitina é menor que 50%, esta passa a ser chamada então de quitosana, tornando-se solúvel em alguns ácidos diluídos (ácido acético, maleico e láctico) (FAI *et al.*, 2008; DUTTA *et al.*, 2011).

A quitosana vem sendo amplamente estudada devido à sua grande aplicabilidade em diversas áreas, principalmente como agente antimicrobiano e formação de biofilmes, pela excelente propriedade de formação de gel (FAI *et al.*, 2008). Segundo Fai *et al.* (2008) a quitosana tem propriedades que lhe confere ainda aplicabilidade em fármacos de liberação controlada (carreador), tecidos epiteliais (regeneração), absorção de gordura e tratamento de efluentes (agente floculante).

A quitosana, dentre todos os materiais disponíveis para a formação de filmes biopoliméricos, tem recebido atenção especial devido às suas excelentes propriedades como: emulsificante, conservante, estabilizante, dentre outras propriedades (PELISSARI, 2009). A formação de gel, capacidade filmogênica e boa barreira ao oxigênio e dióxido de carbono, são propriedades observadas por Pelissari (2009) em seu estudo sobre a produção e caracterização de filmes à base de quitosana e por Fai *et al.* (2008) em seu trabalho sobre o potencial biotecnológico da quitosana, ressaltando ainda suas propriedades de biodegradabilidade, biocompatibilidade e não toxicidade.

As propriedades antimicrobianas da quitosana têm sido estudadas e avaliadas por diversos pesquisadores (Fai *et al.*, 2008; Pelissari, 2009; Dutta *et al.* 2011). Entretanto, o mecanismo de ação da quitosana sobre os micro-organismos ainda não está completamente elucidado, e por isso muitas teorias tem sido propostas. Yadav e Bhise (2004) explicam a inibição microbiana pela formação de complexos polieletrólíticos. Segundo esses autores, os grupos amínicos protonados da quitosana se ligam à superfície carregada negativamente dos micro-organismos, o que altera a atividade celular e permeabilidade da membrana. O resultado é a perda de alguns componentes intracelulares e, conseqüentemente, inibição microbiana.

Outros estudos relatam que a capacidade antimicrobiana, assim como as propriedades físicas dos filmes obtidos, é determinada pelo grau de desacetilação e pelo peso molecular da quitosana (AVADI *et al* 2004; CHI *et al.*, 2006). Os filmes obtidos a partir de quitosanas com alto peso molecular e baixo grau de desacetilação apresentam fracas propriedades biocidas e melhor resistência à umidade (FERNANDEZ-SAIZ *et al.*, 2008).

2.3.3 Acetato de Celulose

A celulose é um homopolímero linear, insolúvel e de alta massa molecular. É constituído de repetidas unidades de β -D-glicopiranosil, as quais são unidas por ligações glicosídicas β -1,4. As moléculas de celulose associam-se umas às outras por pontes de hidrogênio em função de sua natureza plana e linear, formando maços fibrosos e policristalinos (FENNEMA *et al.*, 2010).

O acetato de celulose é formado a partir da reação de acetilação da celulose, em que o grau de substituição pode variar de 0 a 3 dependendo de sua estrutura e também das condições reacionais. Algumas características como a solubilidade e a biodegradabilidade do composto são afetadas por estes diferentes graus de acetilação (MELO, 2010). O acetato de celulose é um éster formado pela reação da celulose com anidrido acético e ácido acético catalisada por ácido sulfúrico. Ele destaca-se entre os demais derivados da celulose por suas diversas aplicabilidades, como em filmes, membranas e filtros de diferentes tipos (MORGADO *et al.*, 2009).

O acetato de celulose é um polímero amorfo, não tóxico, inodoro, permeável ao vapor d'água e solúvel em acetona dependendo do grau de substituição. Os filmes a partir deste apresentam características de transparência e rigidez, suportando alta tensão a temperatura ambiente, porém com certa flexibilidade (OLIVEIRA, 2002). As propriedades mecânicas,

estabilidade química, características de permeação e compatibilidade biológica, são requisitos muito importantes para a indústria de alimentos e que são apresentadas pela celulose (MORGADO *et al.*, 2009).

2.3.4 Agentes Antimicrobianos em Coberturas Biodegradáveis

Sabe-se que uma das principais funções das embalagens é criar condições que minimizem alterações químicas, bioquímicas e microbiológicas, preservando ao máximo a qualidade do produto. No entanto, esse conceito tradicional está superado frente às tecnologias desenvolvidas nas últimas décadas, tendo como princípio a interação embalagem/produto, mantendo o princípio de preservar a qualidade, porém acrescido de princípios de segurança do alimento, como os controladores de umidade e absorvedores de etileno ou oxigênio. Desta forma estas são conhecidas como embalagens ativas (OLIVEIRA, 2015). De acordo com Cutter (2006), os agentes antimicrobianos nas embalagens têm se destacado nos estudos sobre o desenvolvimento de embalagens ativas.

A eficácia da embalagem com atividade antimicrobiana pode ser afetada por fatores do antimicrobiano como características de solubilidade e tamanho da molécula e também do alimento, condições de tempo e temperatura na estocagem e distribuição, método de preparo do filme e interação entre polímero e agente antimicrobiano (SOARES *et al.*, 2009).

De acordo com Han (2002), para a seleção do agente antimicrobiano deve-se considerar o seu mecanismo de inibição e natureza química; características físico-químicas do alimento: pH, umidade e composição; o processo de fabricação da embalagem; e também aspectos relacionados à legislação. Um dos agentes antimicrobianos mais estudados na indústria de alimentos são os óleos essenciais pela eficiência e efeito não tóxico.

Muitas plantas são produtoras de óleos essenciais com propriedades antimicrobianas. As plantas produzem grande variedade de compostos com atividade antimicrobiana, dificultando a identificação dos mais ativos, podendo chegar a mais de quarenta componentes. Estes ainda podem sofrer mutações dependendo da época de colheita, método de extração, dentre outros fatores (ESPINA *et al.*, 2011).

O mecanismo de ação antimicrobiana dos óleos essenciais (OEs) ainda não é totalmente conhecido. Uma hipótese, de acordo com Cox *et al.*, (2000) e Burt, (2004), é a modificação da permeabilidade dos OEs quando ligados aos lipídeos devido ao seu caráter hidrofóbico, ocorrendo a passagem de íons e outros constituintes e, conseqüentemente, a morte da célula. Muitos estudos recentes publicaram sobre a atividade antimicrobiana de OEs

e a efetividade de sua incorporação em filmes biopoliméricos comestíveis, aumentando a segurança alimentar e vida de prateleira dos produtos devido ao controle da presença de micro-organismos patogênicos e deteriorantes nos alimentos. Os principais óleos essenciais incorporados aos filmes são os óleos essenciais de alecrim, cravo-da-índia, orégano e sálvia.

Melo (2010) em seu estudo sobre o efeito de filme à base de acetato de celulose incorporado com OE de alecrim na conservação de carne de frango resfriada, observou resultados muito satisfatórios na redução na contagem de micro-organismos. Relatou também que a resistência e elongação dos filmes não foram afetados pela adição do agente antimicrobiano.

2.3.5 Métodos de Produção de Coberturas Biodegradáveis

Os filmes biopoliméricos podem ser produzidos pelos processos denominados *casting*, *tape-casting* e extrusão, dependendo dos objetivos e também dos recursos tecnológicos disponíveis.

O método de *casting* consiste em preparar uma solução coloidal da macromolécula (solução filmogênica) adicionada ou não de aditivos, e então sua deposição em um suporte adequado para secagem do solvente. Em caso de recobrimentos comestíveis a deposição é feita por imersão ou *spray* no próprio alimento para a posterior secagem (MORAES *et al.*, 2013). O método *casting* tem sido intensivamente estudado em pesquisas sobre biofilmes. No entanto, segundo Mali *et al.* (2010), o uso deste método apresenta algumas desvantagens, como problemas em retirar o filme do suporte usado e dificuldade de aumento de escala. Em alternativa para elaboração em grande escala de filmes por *casting*, como uma escala industrial, têm-se a técnica denominada *tape-casting*, a qual vem sendo estudada e melhorada desde a década de 70.

Na técnica *tape-casting*, uma suspensão filmogênica bem dispersa é colocada em um reservatório acoplada a uma lâmina niveladora com parafusos micrômetros, permitindo ajuste na altura. Pelo movimento da lâmina a solução filmogênica é espalhada formando uma fina camada sobre o suporte, onde é seca por condução e convecção de calor (circulação de ar quente), formando o filme (MORAES *et al.*, 2013).

O método de extrusão consiste em introduzir o biopolímero em um cilindro aquecido, e então o material (biopolímero) é amolecido e sua entrada através de uma abertura em uma matriz é forçada por um parafuso rotativo, para a obtenção de formas contínuas. Saindo dos moldes, as peças extrusadas devem ser resfriadas, geralmente com jato de ar ou água, abaixo

da temperatura de transição vítrea do material, de modo que sua estabilidade requerida seja assegurada (SMITH, 1998).

A configuração geométrica do biopolímero é definida pela matriz da extrusora, isto é, uma matriz plana produzirá um extrusado em forma de folha e uma matriz cilíndrica produzirá um extrusado de forma tubular. Usando o método de extrusão para filmes à base de amido não é necessário a pré-gelatinização, pois com o aquecimento da máquina serão gelificados, resultando em biofilmes com características de boa resistência, rigidez e permeabilidade de água (FISHIMAN *et al.*, 2000).

Segundo Kester e Fennema (1986), a formação de biofilmes baseia-se na obtenção do gel, a qual envolve ligações inter e intramoleculares entre as cadeias de polímeros, formando uma matriz semirrígida que envolve e imobiliza o solvente utilizado, sendo que o grau de coesão depende de fatores como a estrutura dos polímeros utilizados e também da presença de outras moléculas como os plastificantes.

O abacaxi é uma fruta bastante consumida, tanto *in natura* como industrializada, pois apresenta ótima qualidade organoléptica, é uma boa fonte de vitaminas, açúcares e fibras alimentares, além de auxiliar no processo digestivo (GONÇALVES; CARVALHO, 2000). No entanto, um dos fatores que tem impedido o aumento no consumo desta fruta é a sua falta de praticidade, uma vez que, para seu consumo, exige o descasque trabalhoso e necessita de equipamento adequado, dado o escorrimento de líquidos e a dificuldade para redução dos pedaços. Por esse motivo, o abacaxi é uma das frutas ideais para se aplicar novas tecnologias, como o processamento mínimo e o recobrimento com filmes biodegradáveis, que melhorem a qualidade do fruto e facilitem o seu consumo, e ainda, contribuam para a redução de perdas durante seu processo produtivo.

2.4 Abacaxi

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. Merrill) é uma planta de clima tropical, monocotiledônea, herbácea e perene da família Bromeliácea, que contempla aproximadamente 46 gêneros e 1.700 espécies. Originária do Brasil, a fruta se apresenta com caule (talo) curto e grosso, ao redor do qual crescem folhas estreitas, compridas e resistentes, quase sempre margeadas por espinhos e dispostas em rosetas. No caule insere-se o pedúnculo que sustenta a inflorescência e depois o fruto. Nas variedades comerciais, a planta adulta tem de 1,0 a 1,2 m de altura e 1 a 1,5 m de diâmetro (NASCENTE *et al.*, 2005).

As cultivares ‘Pérola’ e a ‘Smooth Cayenne’ são as mais plantadas no Brasil, sendo a ‘Pérola’ a preferida para o consumo *in natura*, devido a sua polpa suculenta e saborosa (GONÇALVES *et al.*, 2000). A cultivar mais plantada no mundo é a *Smooth Cayenne*, correspondendo a 70% da produção mundial, conhecida também por abacaxi havaiano. É uma planta robusta, de porte semirreto e folhas praticamente sem espinhos. O fruto tem formato cilíndrico, com peso entre 1,5 e 2,0 quilos, apresenta coroa relativamente pequena (NASCENTE *et al.*, 2005).

Relacionando-se ao valor nutritivo, o abacaxi é rico em vitamina C, quantidades consideráveis de minerais como cálcio, ferro, fósforo e vitaminas (VIEITES, 2007). De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011) a composição média do abacaxi Pérola por 100g da parte comestível, constitui-se de 86,3% de umidade, 0,9g de proteínas, 0,1g de lipídeos, 12,3g de carboidratos, 0,4g de cinzas, 1g de fibra alimentar, 22mg de cálcio, 18mg de magnésio, 13mg de fósforo, 34,6mg de vitamina C e 48kcal de energia.

O abacaxi apresenta polpa de cor amarela ou laranja-avermelhada, seu formato é normalmente cilíndrico ou ligeiramente cônico. O mesmo é constituído por 100 a 200 pequenas bagas fundidas entre si sobre o eixo central ou coração, formado por várias flores que iniciam seu desenvolvimento na base do fruto e progride em espiral até o ápice (THÉ, 2001).

A grande aceitação da fruta se deve ao seu aroma e sabor, que derivam de diversos constituintes químicos, ressaltando entre eles os açúcares e os ácidos, responsáveis pelo sabor e compostos voláteis associados ao aroma. Os responsáveis pela coloração da polpa são os carotenoides. Vitaminas e minerais estão relacionados com o valor nutritivo, destacando-se o ácido ascórbico (vitamina C) e o potássio. Os principais ácidos são o cítrico e o málico, os quais contribuem com 80% e 20% da acidez total. O pH da polpa apresenta faixa de 3,7 a 3,9 (GONÇALVES *et al.*, 2000).

A qualidade final do fruto é influenciada por práticas na colheita e na pós-colheita, dependendo do estágio de maturação, o qual influencia na vida útil pós-colheita. Considerado um fruto não climatérico, após a colheita o abacaxi não melhora suas qualidades nutricionais e sensoriais, pois as mesmas só é obtido quando reúne suas características adequadas ao consumo, contudo pode ocorrer pequena mudança na textura e perdas na coloração verde. Colheitas realizadas antes que os frutos atinjam a completa maturação fisiológica prejudicam o seu processo de amadurecimento, e conseqüentemente afeta sua qualidade. Por essa razão, o

abacaxi deve ser colhido no seu completo desenvolvimento fisiológico. Por outro lado, a colheita de frutos totalmente maduros reduz sua vida útil, dificultando o seu manuseio e transporte, devido à baixa resistência física, o que ocasiona perdas quantitativas e qualitativas. As características físicas externas mais utilizadas para determinar a qualidade dos frutos são a massa, o comprimento, o diâmetro e as características internas, como pH e sólidos solúveis totais. A coloração e os formatos do fruto e da coroa são fatores responsáveis pela aceitação do consumidor (CHITARRA; CHITARRA 1990; CARVALHO; BOTREL 1996).

O consumo do abacaxi pode ser *in natura*, como cortado em fatias (rodela) ou em cubos; na forma de sucos caseiros e minimamente processado. Assim como, pode ser consumido de forma industrializada, como polpa, xarope, geléia, doce sem calda, suco enlatados, etc. (FIGUEIRÊDO.; QUEIROZ; NORONHA, 2003). Como subproduto desse processo industrial pode-se obter ainda: álcool, ácido cítrico, málico e ascórbico, rações para animais e a bromelina. A bromelina é uma substância de alto valor medicinal, trata-se de uma enzima muito utilizada como digestivo e anti-inflamatório. Na culinária, o suco de abacaxi é utilizado para o amaciamento de carnes (NASCENTE *et al.*, 2005).

De acordo com Cunha *et al.* (1994), o fruto apresenta extrema importância econômica para o país, não só pelas suas qualidades nutricionais e organolépticas, mas também por sua rentabilidade e importância social, devido seu cultivo exigir intensiva mão de obra. Destaca-se por seu amplo número de produção tanto nacionalmente quanto no internacionalmente. No contexto agrícola mundial de frutas, a cultura do abacaxi tem elevada rentabilidade e demanda, sendo o segundo cultivo tropical de importância mundial, ficando atrás da banana. Setenta por cento do abacaxi produzido no mundo é consumido na forma *in natura*. No Brasil, este consumo é de 90%, com perdas em torno de 10-15% do produto colhido (AGRIANUAL, 2001).

Em seguida será apresentada a metodologia usada neste trabalho para o recobrimento de abacaxi minimamente processado, visando alcançar as vantagens de tal aplicação.

3 METODOLOGIA

Os abacaxis (*Ananas comosus* L. Merrill) utilizados neste trabalho foram do cultivar *Pérola*, adquiridos em três diferentes comércios na cidade de Patos de Minas – MG. A seleção das frutas foi realizada pelo grau de maturação e conservação, através de análise visual.

O preparo da matéria-prima foi realizado a partir da lavagem dos frutos abundantemente com água corrente, sendo secos à temperatura ambiente. Posteriormente foram descascados e picados manualmente, mantendo aproximadamente o mesmo tamanho e forma. Em seguida, realizou-se a secagem inicial da fruta conforme os estudos preliminares. Após estes estudos, foram determinados os procedimentos de recobrimento utilizados ao longo deste trabalho.

3.1 Análises Preliminares

Nas análises preliminares estudou-se o binômio tempo e temperatura de secagem dos pedaços de abacaxi anterior e posteriormente à aplicação do filme. As secagens dos pedaços da fruta foram feitas em estufa com circulação de ar (Quimis Convectiva). A secagem tem a função de reduzir o excesso de água contido na fruta antes da aplicação da suspensão de amido e também secar o filme após sua aplicação na amostra, evitando assim a baixa aderência do filme aos pedaços. Testou-se também o emprego do banho ultrassônico (Ultra Cleaner 1400, Unique) no momento da aplicação da suspensão no abacaxi, para maior impregnação do filme na fruta.

Os testes de temperatura foram realizados a 35°C, 40°C e 50°C e os testes dos tempos de secagem foram de 2, 3 e 4 horas, tanto para secagem da fruta antes do recobrimento quanto para a secagem do filme na fruta após a sua aplicação.

Foram ainda avaliados o emprego do branqueamento nos frutos, para minimizar o escurecimento nos abacaxis no decorrer do armazenamento e dois tipos de embalagens, para determinar qual seria mais adequado durante o armazenamento. As embalagens testadas foram potes plásticos de 250 mL e sacos plásticos.

Após os testes preliminares, ficou estabelecida a temperatura de 50°C para a secagem dos pedaços de abacaxi antes depois da aplicação do filme, nos tempos de 2 e 3 horas, respectivamente. O branqueamento foi feito com uma solução de ácido cítrico a 1% e o produto foi armazenado em embalagens plásticas a vácuo.

3.2 Preparo do Recobrimento de Amido

Preparou-se uma solução de 3% de amido, para tal foram pesados 17 g de amido/g de solução e 5,1 g de glicerol/g de amido em um béquer com 477,9 g de água, utilizando uma balança semianalítica. Posteriormente, a suspensão foi aquecida em banho ultra termostatizado, sob agitação mecânica. Quando a solução atingiu 75°C, a mesma foi mantida por 5 minutos, para garantir gelatinização do amido e após este tempo foi resfriada à temperatura ambiente.

Com a suspensão em temperatura ambiente, os pedaços de abacaxi foram imersos na solução filmogênica, onde permaneceram por 1 minuto sob agitação dentro de um béquer imerso em água a 60°C dentro de um banho ultrassônico e depois foram retirados e colocados em um suporte metálico. Em seguida, o suporte foi transferido para uma estufa com circulação de ar a 50°C, por 3 horas, para promover a secagem da película na superfície dos pedaços da fruta. Por fim, os pedaços de abacaxi foram acondicionados à vácuo em embalagens plásticas e então transferidos para a geladeira com temperatura variando em torno de 7°C.

3.3 Análises físico-químicas durante a Estocagem

As análises foram realizadas em três abacaxis adquiridos em três diferentes estabelecimentos. Após aplicação dos filmes nas superfícies dos pedaços de abacaxi foram feitas análises físico-químicas para acompanhamento do processo de deterioração e comportamento do fruto ao longo dos dias de estocagem. Sendo assim, as análises foram realizadas imediatamente após o recobrimento e no 3º, 7º e 10º dia, sendo determinados pH, cor, atividade de água, sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável e textura. As análises descritas a seguir foram realizadas em triplicata.

3.3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH foi avaliado no suco extraído da homogeneização dos frutos. A metodologia utilizada foi a descrita pela AOAC (2000). A leitura foi realizada em pHmetro digital (Marconi).

3.3.2 Sólidos Solúveis Totais ($^{\circ}\text{Brix}$)

O teor de sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$), foi determinado utilizando-se um refratômetro óptico manual (EduTec, modelo EEQ9029), em que colocou-se uma pequena quantidade de parte líquida da amostra no equipamento e aguardou-se alguns minutos para que o líquido entrasse em equilíbrio térmico com o prisma. Procurou-se lentamente na ocular a linha de separação entre a região iluminada e a escura, usando para isto o botão de variação de ângulo. Com a linha de separação bem nítida procedeu à leitura do $^{\circ}\text{Brix}$.

3.3.3 Atividade de Água (a_w)

A atividade de água foi determinada utilizando-se o aparelho Aqualab Lite (Decagon Service). Os frutos foram colocados em potes plásticos específicos do equipamento e em seguida foram levados ao mesmo para realização das leituras. A leitura foi realizada em contato direto com a amostra.

3.3.4 Textura

A avaliação instrumental da textura foi realizada por meio de um texturômetro digital (Stable Micro System, modelo TAXT2i texture analyser), utilizando-se uma probe (sonda) de acrílico, velocidade de 5,0 mm/s e 60% de distância de compressão, respectivamente. Foram utilizados cinco pedaços de abacaxi por teste realizado.

3.3.5 Cor

A cor foi determinada usando-se um colorímetro (Minolta Company – CR400), operando no sistema CIE (L^* , a^* , b^* , C^* , h). Foram realizadas medições em triplicata em cada uma das três amostras. As coordenadas L^* , a^* , b^* , C^* e h foram obtidas pelo espectro de reflexão das amostras utilizando sistema de iluminação D65 e ângulo de observação de 10° . Neste sistema, o índice “ L^* ” mede a luminosidade, variando de 0 (para amostra perfeitamente escura) a 100 (para amostra perfeitamente clara); “ a^* ” mede da cor verde (valor negativo) à cor vermelha (valor positivo); e “ b^* ” mede da cor azul (sinal negativo) à cor amarela (sinal positivo). O “ C^* ” representa a cromaticidade e o “ h ” o ângulo *hue* ou a tonalidade da cor (MINOLTA, 1994). Calculou-se a diferença ou perda de cor ΔE_{uv} no espaço de cor L^* , a^* e b^* , a qual indica o grau de diferença, porém, não a direção. O cálculo foi realizado utilizando a Equação 1.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Onde: ΔL^* , Δa^* , Δb^* : diferenças nos valores de L^* , a^* e b^* entre a amostra e o padrão (abacaxi *in natura*), cujo $\Delta E = 0$.

3.3.6 Acidez Total Titulável

A acidez total titulável foi determinada segundo Carvalho *et al.* (1990). Para determinar a acidez total titulável foram pesados 5g da amostra macerada que em seguida foram dissolvidos em 100 mL de água destilada. A mistura foi agitada vigorosamente a fim de homogeneizar a amostra. Uma alíquota de 5mL da amostra foi transferida para um Erlenmeyer, diluída em 30 mL de água e acrescentada 3 gotas de fenolftaleína 0,1M. A titulação foi com solução de hidróxido de sódio 0,1N até que a primeira coloração rósea clara perdurasse por 30 segundos. A acidez foi calculada usando a Equação 2 e os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

$$\% \text{ de ácido cítrico} = \frac{V \cdot f \cdot N \cdot PE}{P} \quad (2)$$

Em que V é o volume de NaOH gasto na titulação em mL, f é o fator de correção, N é a normalidade do NaOH, P é a massa de amostra em g e PE o peso em equivalente grama do ácido cítrico.

3.4 Análises Estatísticas

Os resultados foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA), com auxílio do programa Statistica 6.0, sendo que os fatores que apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) foram submetidos ao teste de médias (Tukey). A influência do período de armazenamento foi avaliada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises Preliminares

As análises preliminares foram realizadas para determinar a metodologia que melhor se adequaria ao estudo. Foram estabelecidos o binômio tempo e temperatura de secagem, a aplicação de um tratamento térmico (branqueamento), de um banho ultrassônico e o tipo de embalagem para armazenamento do produto.

Dentre as temperaturas de 35°C, 40°C e 50°C, a de 50°C apresentou melhores resultados, tanto para secagem anterior à aplicação do filme quanto posterior à sua aplicação, não deixando a aparência do fruto com característica de cozido e apresentando maior remoção do excesso de água da fruta em um menor intervalo de tempo, conforme mostrado na Figura 1. Observou-se também que a secagem do filme na fruta se deu mais rapidamente nessa temperatura quando comparado às demais temperaturas testadas, necessitando assim de menos tempo em estufa e evitando que a fruta ficasse com aparência de cozida.

Figura 1 – Abacaxis secos a 50°C.



Fonte: a autora.

Entre os tempos de secagem de 2, 3 e 4 horas, observou-se que não houve diferença visual entre as amostras durante o período de armazenamento, conforme mostrado na Figura 2. Desta forma, optou-se pela secagem a 50°C por 2 horas antes da aplicação do filme, visando à economia de energia. Para a secagem do filme na fruta determinou-se a secagem a 50°C por 3 horas, pois neste período o filme estava completamente seco.

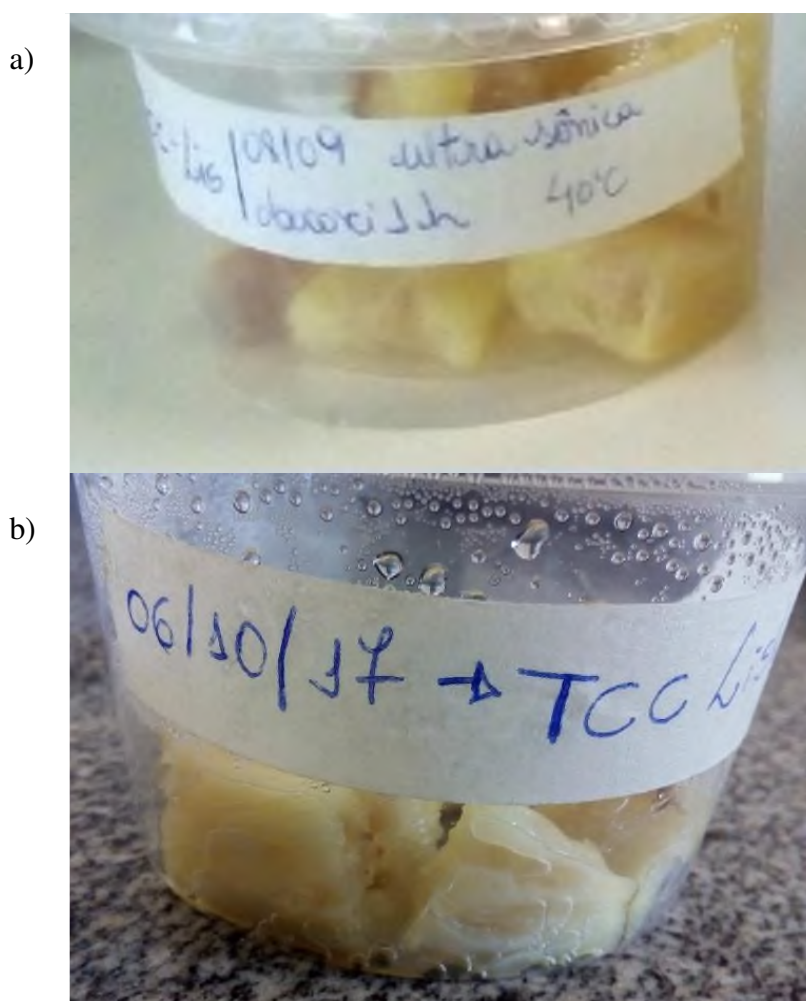
Figura 2 – Abacaxis secos a 50°C durante 2, 3 e 4 horas.



Fonte: a autora.

O emprego do banho ultrassônico no momento da aplicação da suspensão no abacaxi propiciou maior difusão do filme na estrutura da fruta, visto que as amostras evidenciaram menor exsudação durante o tempo de armazenamento, conforme demonstrado na Figura 3. Isto pode ser explicado pelo o filme de amido que é higroscópico e absorve a água presente no abacaxi, sendo assim, quanto maior a aderência do filme no interior da fruta maior a quantidade de água retida.

Figura 3—Amostras com aplicação do filme: a) como banho ultrassônico e b) sem o banho ultrassônico.



Fonte: a autora.

Durante o estudo de vida de prateleira dos abacaxis minimamente processados, verificou-se que no 10º dia as frutas apresentavam um escurecimento visual. Com isso, realizou-se um branqueamento antes da aplicação dos filmes com ácido cítrico a 1% por 15 minutos. Com o tratamento térmico o produto chegou ao 10º dia com características visuais semelhantes ao da fruta fresca, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4– Abacaxis no 10º dia de armazenamento com branqueamento.



Fonte: a autora.

Para a distribuição deste novo produto avaliou-se o emprego de potes plásticos e o embalamento a vácuo em sacos plásticos para seu armazenamento. Entre elas, a que foi melhor aceita foi a embalagem plástica a vácuo pois, os abacaxis apresentaram uma menor exsudação no decorrer do tempo de armazenamento e escurecimento do fruto mais demorado como representado na Figura 5.

Figura 5 – Abacaxis no 10º dia de armazenamento.



Fonte: a autora.

Através das análises, estabeleceu-se 10 dias como o tempo de prateleira do abacaxi minimamente processado recoberto com filme biodegradável de amido, armazenado sob

refrigeração. Após o 10º dia o produto começa a degradar e perder suas características sensoriais, ficando inadequado ao consumo, como ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Abacaxis no 12º dia de prateleira.



Fonte: a autora.

4.2 Análises físico-químicas durante a Estocagem

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos para a caracterização do abacaxi *in natura*. Os resultados correspondem a uma média de três determinações e seus respectivos desvios padrão, sendo o cultivar do tipo *Pérola*.

Tabela 1 – Caracterização do abacaxi *in natura*.

Caracterização	Média ± Desvio padrão
Atividade de água	0,995±0,007
pH	4,05±0,02
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	19±0,47
Acidez Titulável (% ácido cítrico)	2,42±0,21
Textura (Newton)	6,199±0,590
Luminosidade (L*)	37,41±0,39
Parâmetros de Hunter(a*)	-2,09±0,03
Parâmetros de Hunter(b*)	9,82±0,09
Cromaticidade (C*)	10,04±0,09
Ângulo hue (h)	102,01±0,10

O resultado obtido para atividade de água do abacaxi *in natura* foi de 0,995, sendo considerado um valor elevado. Resultado semelhante foi encontrado por Grizotto, Aguirré e Menezes (2005) em que a atividade de água encontrada para o mesmo fruto e variedade foi de 0,985.

De acordo com a Tabela 1, o valor do pH foi de 4,05, estando dentro da faixa de valores determinado por Spironello *et al.* (1997), de 3,4 a 4,2 para abacaxis recém colhidos.

O abacaxi *in natura* apresentou uma média bastante elevada de sólidos solúveis totais, igual a 19°Brix, o que indica que o fruto estava muito maduro no momento de sua caracterização uma vez que, de acordo com Thé (2001), esses frutos são considerados maduros quando apresentam valores de sólidos solúveis acima de 11°Brix e imaturos abaixo deste valor.

O valor de acidez do fruto *in natura* foi de 2,42% de ácido cítrico, estando acima do valor encontrado por Magalhães (2015), que foi de 1,21% de ácido cítrico Gonçalves *et al.* (2000) afirma que essa variação na acidez depende do cultivar e pode modificar mesmo em frutos de um mesmo cultivar. Esta variação pode ser devido a diversos fatores, como o grau de maturação, fatores climáticos e a nutrição mineral dos frutos.

Diversos fatores como: a entrada de solutos e o tempo e temperatura de processamento da amostra podem influenciar nos valores da textura final de frutas. Neste estudo o resultado obtido para a textura foi de 6,199 similar aos valores encontrados para o cultivar comercial *Pérola* estudados por Sarzi *et al.* (2002), que variaram de 5,26 a 7,93.

Outra análise que contribui para a caracterização do fruto *in natura* é a cor. A mudança de cor está relacionada com grau de maturação do fruto e compõe um dos critérios

mais importantes utilizado pelo consumidor para julgar sua maturidade. Os valores encontrados por Berilli *et al* (2014) para os parâmetros a^* , b^* e h para o abacaxi *Pérola* foram próximos aos encontrados neste trabalho, sendo eles -1,9, 11,9 e 99,3, respectivamente. Porém os valores encontrados neste estudo para luminosidade (L^*) e cromaticidade (C^*) foram maiores do que os encontrados por Borges *et al.* (2011) para a mesma cultivar, sendo de 25,78 e 1,29, respectivamente.

Os resultados das análises dos abacaxis minimamente processados recobertos com filme serão discutidos a seguir. As análises foram realizadas ao 0, 3°, 7° e 10° dia, em três abacaxis da mesma cultivar (*Pérola*), adquiridos em estabelecimentos comerciais diferentes. Todos os resultados correspondem a uma média de três determinações e seus respectivos desvios padrão.

Análises de acidez foram realizadas durante o estudo da vida útil do fruto. Os valores de pH das amostras estudadas neste trabalho estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2– Valores médios de pH para 3 diferentes amostras de abacaxi em diferentes dias de análises.

Amostras	Dias de Análise			
	0	3°	7°	10°
1	3,82 ^a ±0,07	3,84 ^a ±0,12	3,77 ^a ±0,07	3,71 ^a ±0,04
2	4,00 ^a ±0,11	3,88 ^a ±0,06	3,86 ^a ±0,02	4,02 ^a ±0,06
3	3,86 ^a ±0,05	3,83 ^a ±0,07	3,77 ^a ±0,02	3,83 ^a ±0,11

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

É sabido que o pH é uma das características internas mais utilizadas para determinar a qualidade dos frutos. De acordo com a Tabela 2 os resultados obtidos não apresentaram oscilações significativas ($p>0,05$) ao longo do período de armazenamento. Os valores de pH se encontraram numa faixa de 3,71 a 4,02, o que segundo Borges *et al* (2011), pode ser devido à refrigeração, que auxilia na manutenção dos valores de pH ao longo do armazenamento.

O pH, assim como a acidez, está associado com o processo de amadurecimento dos frutos e pode ser utilizado na determinação do ponto de colheita. Medina *et al.* (1987) e Brito *et al.* (2008) determinaram algumas propriedades físico-químicas de abacaxi *in natura* da variedade *Pérola* no dia da colheita e encontraram os respectivos valores de pH, 3,6 e 3,8.

Observa-se que a medida de pH obtida para o abacaxi *in natura* neste estudo, com valor igual a 4,05, foi próxima aos resultados apresentados para os abacaxis recobertos. Desta

forma, pode se considerar que a aplicação do filme de amido não alterou essa característica no fruto, haja vista que os resultados se mantiveram na faixa considerada normal de acordo com Py *et al.* (1984), que afirma que os valores de pH em abacaxis *in natura* oscilam de 3,0 a 4,5.

O teor de açúcar, expresso pela percentagem de sólidos solúveis totais ou °Brix é uma variável de grande importância na determinação da qualidade dos frutos, sendo utilizada para o monitoramento da garantia de sabor de frutas pós colheita (BENGOZI *et al.*, 2007). Os valores de sólidos solúveis totais estão representados na Tabela 3.

Tabela 3– Médias dos teores de sólidos solúveis (°Brix) para 3 diferentes amostras de abacaxi em diferentes dias de análises.

Amostras	Dias de análise			
	0	3°	7°	10°
1	18,33 ^a ±0,47	19,5 ^{ab} ±0,40	20 ^b ±0,0	20,33 ^b ±0,47
2	19,33 ^a ±0,47	19 ^a ±0,0	20,5 ^b ±0,40	21 ^b ±0,0
3	18,66 ^a ±0,23	19,66 ^{ab} ±0,47	19,5 ^{ab} ±0,40	20,25 ^b ±0,23

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observa-se que houve um aumento significativo ($p < 0,05$) no teor de sólidos solúveis ao final dos dias de armazenamento, o que pode ser explicado por Rocha *et al.* (2001), que afirma que o abacaxi apresenta uma perda no conteúdo de ácidos orgânicos no decorrer do período de maturação, diminuindo o sabor ácido e aumentando a concentração de açúcares. Ou seja, os ácidos vão sendo degradados formando açúcares, o que deixa com o gosto doce e apto para o consumo.

O teor de sólidos solúveis das amostras apresentou valores variando de 18,33°Brix a 21°Brix, enquanto Botrel (2011) e Bartolomé *et al.* (2015) encontraram valores muito inferiores, de 14,25°Brix e 12,48°Brix, respectivamente. Essa discrepância, de acordo com Prado *et al.* (2000), está relacionada a maior perda de massa dos frutos cortados em cubos, levando a um aumento no teor de sólidos.

Bengozi *et al.* (2007) não observaram grandes variações no teor de sólidos solúveis entre diferentes cultivares, mas sim, entre as épocas de avaliação e procedências. Estes autores também indicam uma influência direta do clima, do ponto de colheita e da variação no conteúdo de açúcares requeridos para reações de escurecimento, que ocorrem durante o armazenamento para cada fruto.

Outro fator que pode ter induzido na obtenção de teores tão elevados de sólidos solúveis é o fato de a leitura ter sido feita em um refratômetro manual, equipamento impreciso e que apresenta certa dificuldade na leitura.

A atividade de água dos pedaços também foi avaliada durante o tempo de vida de prateleira do abacaxi minimamente processado. De acordo com Fellows (2006), a disponibilidade de água em um alimento (água livre) para a atividade microbológica, enzimática ou química é o que determina a vida de prateleira de um alimento, sendo mensurada pela atividade de água. Na Tabela 4 estão representados os resultados obtidos para atividade de água dos pedaços de abacaxi.

Tabela 4– Valores médios de atividade de água para 3 diferentes amostras de abacaxi em diferentes dias de análises.

Amostras	Dias de análise			
	0	3°	7°	10°
1	0,952 ^a ±0,007	0,956 ^a ±0,018	0,973 ^a ±0,020	0,992 ^a ±0,019
2	0,959 ^a ±0,016	0,952 ^a ±0,006	1,019 ^b ±0,003	1,041 ^b ±0,009
3	0,950 ^a ±0,015	0,921 ^a ±0,023	1,029 ^b ±0,006	1,064 ^b ±0,002

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Neste estudo, as amostras apresentaram um aumento significativo ($p < 0,05$) no 7° e no 10° dia de armazenamento na atividade de água, variando de 0,921 a 1,064. Os resultados encontrados nas amostras recobertas com filme foram próximos ao valor encontrado por Nunes *et al.* (2017), de 0,980, ao estudar o abacaxi *in natura*.

Moraes *et al.* (2012), obtiveram uma atividade de água superior a 1,00 para abacaxi minimamente processado, assim como alguns valores encontrados nesse estudo. Os autores declaram que valores superiores a 1,00 para atividade de água podem ser explicados pela variação da composição da fruta e pela embalagem que foi empregada ao produto, visto que a embalagem a vácuo exerce uma pressão no fruto forçando a liberação de água. Os valores acima de 1,00 são justificados pela oscilação de temperatura no laboratório no momento das análises, sendo o ideal 25 °C.

O filme de amido aplicado aos abacaxis libera água com o passar do tempo, podendo também ter contribuído para os elevados valores de atividade de água encontrados no 7° e no 10° dia de análise. Segundo Sarzi *et al.* (2002), frutas minimamente processadas, devido às lesões sofridas durante o preparo, como descasque e cortes, sempre apresentam metabolismo

mais acelerado e maior relação superfície/volume do que quando inteiros, o que facilita a perda de água por seus tecidos.

A textura de uma fruta cortada é um dos fatores que podem mudar com o tempo de armazenagem. A conservação com coberturas comestíveis pode auxiliar na manutenção da firmeza de frutas durante o armazenamento. Essas características são importantíssimas na avaliação da qualidade de um produto, sendo determinante na aceitabilidade do consumidor, uma vez que estes associam esses atributos de textura ao frescor do vegetal *in natura* (NI; LIN; BARRETT, 2005). A firmeza dos pedaços de abacaxi estudados neste trabalho foi expressa pela força máxima de perfuração (em Newton) e os resultados estão representados na Tabela 5.

Tabela 5—Médias para força máxima de perfuração (dureza) para 3 diferentes amostras de abacaxi em diferentes dias de análises.

Amostras	Dias de análise			
	0	3°	7°	10°
1	9,074 ^a ±0,602	4,438 ^b ±0,423	3,649 ^b ±0,364	3,865 ^b ±0,282
2	8,707 ^a ±0,701	4,521 ^b ±0,802	3,467 ^b ±0,505	3,661 ^b ±0,294
3	7,707 ^a ±0,073	4,884 ^b ±0,392	4,049 ^b ±0,863	3,860 ^b ±0,457

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os valores para textura apresentaram um decréscimo significativo ($p < 0,05$) da força de perfuração do dia 0 para os demais dias (3°, 7° e 10°), com valores variando entre 9,074 e 3,661. De acordo com Fagundes (2009), essa tendência pode ser explicada pela perda de água, que é uma das causas de deterioração dos alimentos minimamente processados, já que resulta em perdas quantitativas, perdas na aparência (murchamento e enrugamento) e na textura (amolecimento).

Quintero (2007) encontrou o valor da textura para abacaxi *in natura* igual a 8,6. Comparando os resultados deste autor com os encontrados neste trabalho, nota-se que o abacaxi minimamente processado vai perdendo a sua dureza/firmeza com o passar dos dias de armazenamento, ou seja, vai amolecendo, mesmo com o recobrimento dos pedaços com filme de amido.

Segundo Gianonni (2000) produtos minimamente processados são mais suscetíveis a perda de massa fresca do que frutos *in natura*, devido à ausência da casca protetora, pois sem a mesma, os tecidos dos frutos ficam mais vulneráveis à contaminação e com metabolismo

acelerado, estas alterações causadas nos tecidos elevam a transpiração, provocando perdas na textura, na aparência, no frescor e na qualidade nutricional.

Além da textura, a cor é outro fator determinante na aceitação de um produto pelo consumidor. Sendo assim, a cor é um atributo de importância fundamental no julgamento da qualidade de um alimento, uma vez que a visão é o primeiro dos sentidos a ser usado, sendo, portanto, uma característica decisiva na escolha e aceitação do produto (LIMA *et al.*, 2007). As médias para as coordenadas L*, a*, b*, C*, h e ΔE estão dispostas na Tabela 6.

Tabela 6 - Médias dos atributos de cor (L*, a*, b*, C*, h e ΔE) para 3 diferentes amostras de abacaxi em diferentes dias de análises.

Amostras		Dias de análise			
		0	3°	7°	10°
1	L*	31,37 ^{ab} ±0,24	31,12 ^a ±0,40	32,10 ^b ±0,15	47,88 ^c ±0,29
	a*	-2,63 ^a ±0,06	-1,75 ^b ±0,06	-1,44 ^c ±0,07	-2,11 ^d ±0,11
	b*	13,69 ^a ±0,07	12,86 ^b ±0,14	8,96 ^c ±0,01	12,61 ^b ±0,05
	C*	13,95 ^a ±0,06	13,04 ^b ±0,04	9,06 ^c ±0,02	12,61 ^d ±0,05
	h	100,91 ^a ±0,29	97,58 ^b ±0,30	99,17 ^c ±0,48	90,51 ^d ±0,51
	ΔE	7,19 ^a ±0,24	6,99 ^a ±0,42	5,40 ^b ±0,15	10,84 ^d ±0,30
2	L*	27,29 ^a ±0,15	30,91 ^b ±0,06	31,23 ^b ±0,08	48,37 ^c ±0,18
	a*	-2,42 ^a ±0,06	-2,33 ^a ±0,06	-1,62 ^b ±0,09	-1,99 ^c ±0,06
	b*	16,44 ^a ±0,02	12,48 ^b ±0,09	10,54 ^c ±0,03	13,91 ^d ±0,05
	C*	16,62 ^a ±0,01	12,57 ^b ±0,08	10,66 ^c ±0,03	14,02 ^d ±0,04
	h	98,4 ^a ±0,23	100,59 ^b ±0,26	95,76 ^c ±0,49	98,17 ^a ±0,23
	ΔE	12,10 ^a ±0,14	7,02 ^b ±0,02	6,23 ^c ±0,09	11,70 ^d ±0,16
3	L*	32,16 ^a ±0,38	28,55 ^b ±0,02	30,79 ^c ±0,22	45,56 ^d ±0,07
	a*	-2,14 ^a ±0,22	-2,26 ^a ±0,01	-1,98 ^b ±0,14	-2,30 ^a ±0,05
	b*	14,45 ^a ±0,08	11,80 ^b ±0,04	10,62 ^c ±0,07	9,86 ^d ±0,06
	C*	14,59 ^a ±0,07	11,99 ^b ±0,03	10,80 ^c ±0,09	10,13 ^d ±0,06
	h	98,43 ^a ±0,87	100,89 ^b ±0,07	100,54 ^b ±0,72	103,36 ^c ±0,36
	ΔE	7,00 ^a ±0,25	9,07 ^b ±0,03	6,67 ^a ±0,23	8,14 ^c ±0,07

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observando a Tabela 6, verifica-se que todos os parâmetros (L^* , a^* , b^* , cromaticidade (C^*) e ângulo hue (h) e diferença de cor (ΔE)) analisados apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) no decorrer dos dias de armazenamento. Segundo Fellows (2006), a deterioração da cor em frutas pode ser causada por vários fatores como: reações de escurecimento enzimático e não enzimático, condensação de hexoses e componentes aminos, perda da clorofila e síntese de carotenoides.

Verificou-se pouca variação nos valores de L^* no 0, 3º e 7º dia de armazenamento, porém, no 10º dia observou-se um aumento deste parâmetro em comparação com os dias anteriores. O aumento nos valores de L^* significa que não houve escurecimento dos tecidos, de acordo com Varela, Salvador e Fiszman (2007). Isso pode ser explicado por Watada *et al.* (1999), que afirmam que produtos minimamente processados são vulneráveis à descoloração em função da danificação das células e tecidos e também pela remoção da casca protetora. Esses tecidos expostos são potencialmente susceptíveis à desidratação e/ou descoloração.

Os valores de a^* apresentaram pequena variação de -2,63 a -2,14 no dia 0, de -1,75 a -2,26 no 3º dia e de -1,44 a -1,98 e -2,11 a -2,30, no 7º e no 10º dia, respectivamente. As amostras não apresentaram tendência em direção à cor vermelha, o que pode ser justificado pela baixa interação de grupos de pigmentos durante o armazenamento, segundo Watada *et al.* (1999). Quintero (2007) apresentou resultado inferior aos deste trabalho, igual a -1,5 para o parâmetro a^* em abacaxi *in natura*.

Os valores dispostos na Tabela 6 para o parâmetro b^* apresentaram um aumento quando comparados com o resultado obtido para o abacaxi *in natura* de 9,82, analisado neste estudo. O que significa que o abacaxi revestido com filme de amido apresentou tons mais amarelados. Esses tons amarelados provavelmente foram causados por reações de escurecimento normais da própria matéria-prima.

A cromaticidade (C^*) indica a pureza da cor, sendo que quanto maior seu valor, maior será a intensidade ou saturação da cor (SANTOS, 2011). Observa-se que com o passar dos dias de armazenamento houve uma diminuição na saturação do fruto. Isso se deve à susceptibilidade à desidratação e/ou descoloração dos frutos minimamente processados (WATADA *et al.*, 1999).

Os valores para a tonalidade do abacaxi (h) apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) durante os dias de armazenamento, porém, se mantiveram em uma mesma faixa de

tonalidade, entre amarelos e amarelo-esverdeados. Os valores encontrados nesse estudo são superiores aos encontrados por Santos (2011), para abacaxi desidratado.

Os valores para a perda de cor (ΔE) apresentaram variações significativas ($p < 0,05$) com o tempo de armazenamento. No entanto, o grau de diferença de cor entre as amostras é baixo, o que significa que os pigmentos naturais do abacaxi apresentam boa estabilidade, de acordo com Santos (2011), que apresentou valores de ΔE maiores do que os encontrados neste trabalho.

O abacaxi possui acidez muito variável, dependendo de diversos fatores como variedade, estágio de maturação, adubação, clima, região do fruto (topo, meio, base), etc., sendo esta uma das principais características responsáveis pelo sabor do fruto. (CHITARRA; CHITARRA, 1990). Verifica-se na Tabela 7 os valores de acidez total titulável (% ácido cítrico) para os pedaços de abacaxi.

Tabela 7 - Médias dos valores de acidez total titulável (% ácido cítrico), para 3 diferentes amostras de abacaxi em diferentes dias de análises.

Amostras	Dias de análise			
	0	3°	7°	10°
1	1,68 ^a ±0,10	1,31 ^{ab} ±0,09	1,14 ^b ±0,25	1,07 ^b ±0,06
2	1,50 ^a ±0,17	1,12 ^{ab} ±0,03	0,97 ^b ±0,14	0,93 ^b ±0,08
3	1,72 ^a ±0,08	1,21 ^b ±0,11	1,23 ^b ±0,07	0,94 ^c ±0,05

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De acordo com a Tabela 7, ocorreu uma redução significativa ($p < 0,05$) da concentração de ácido cítrico ao longo dos dias de armazenamento, com valores variando de 1,72 a 0,93 % de ácido cítrico do 0 ao 10° dia. Chitarra e Chitarra (2005), explicam que a acidez de um fruto é dada pelos ácidos orgânicos que estão dissolvidos nos vacúolos das células, de forma livre ou combinada com sais, ésteres ou glicosídeos. O teor desses compostos tende a diminuir durante o processo de maturação, devido à oxidação dos mesmos no ciclo dos ácidos tricarboxílicos, em decorrência da respiração e/ou devido a sua transformação em açúcares.

Valores de acidez titulável menores que 1% como os encontrados neste trabalho no 7° e no 10° dia são relativamente baixos e de acordo com Sideris e Krauss, (1933) são considerados características que elevam o nível da qualidade dos frutos.

Giacomelli (1982) encontrou valores iguais a 0,65 a 0,95% de ácido cítrico, sendo estes inferiores a alguns resultados apresentados neste trabalho. Alguns fatores podem explicar essa diferença nos resultados como a diferença de concentração de ácidos em diferentes partes do fruto e a metodologia adotada nas análises.

5 CONCLUSÃO

Nas análises físico-químicas, o pH não demonstrou alterações significativas no decorrer dos dias de armazenamento para os pedaços recobertos. No entanto, os valores de sólidos solúveis e atividade de água apresentaram aumento significativo ao final dos dias de armazenamento. A textura e as concentrações de ácido cítrico diminuíram significativamente a partir do 3º dia de armazenamento, sendo a textura o parâmetro que mais se diferenciou quando comparado às características do abacaxi *in natura*. Todos os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* , C^* , h e ΔE) apresentaram diferença significativa com o passar dos dias, porém, os abacaxis se mantiveram em uma faixa de tonalidade mais clara, entre amarelos e amarelo-esverdeados, a mesma apresentada pelo abacaxi *in natura*.

Conclui-se que a metodologia estabelecida conferiu aos abacaxis minimamente processados recobertos com filme a base de amido características físico-químicas sensoriais semelhantes ao do abacaxi *in natura*, durante um período de 10 dias de vida de prateleira. Atendendo assim, à necessidade de prolongamento da durabilidade do produto, facilitando seu consumo e mantendo suas características similares às do fruto fresco.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. 2001. NASCENTE, A. S. *et al.* **Cultivo do Abacaxi em Rondônia**, EMBRAPA Rondônia - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - Cultivo do Abacaxi, 2005.
- AOAC – Official **Methods of Analysis of AOAC International**. 16 th ed., Gaithersburg, 1999.
- AVADI, M.R. *et al.* Diethylmethyl chitosan as an antimicrobial agent: synthesis, characterization and antibacterial effects. **European Polymer Journal**, vol. 40, p. 1355-1361, 2004.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - CNNPA nº 12, de 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_amidos.htm> Acesso em: 15/08/ 2017.
- BARTOLOMÉ, A.P. *et al.* Pineapple Fruit: morphological characteristics, chemical composition and sensory analysis of Red Spanish and Smooth Cayenne cultivars. **Food Chemistry**, v. 53, n.1, p. 75-79 2015.
- BENGOZI, F. J. *et al.* Qualidades físicas e químicas do abacaxi comercializado na CEAGESP São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 540-545, 2007.
- BERILLI, S. *et al.* Avaliação da qualidade de frutos de quatro genótipos de abacaxi para consumo *in natura*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v.36, n. 2, p. 503-508, 2014.
- BLAKISTONE, B. A. **Principles and applications of modified atmosphere packaging of Foods**. New York: Chapman & Hall, 1999.
- BORGES, P. *et al.* **Estudo da estabilidade físico-química de suco de abacaxi ‘pérola’**. Universidade Federal de Lavras/UFLA – Lavras, MG, v. 35, n. 4, p. 742-750, 2011.
- BOTREL, N. **Efeito do peso do fruto no escurecimento interno e qualidade do abacaxi Smooth Cayenne**. Lavras. 81p. Tese (Mestre em Fitotecnia) Escola Superior de Agricultura de Lavras, 2011.
- BRAZILIAN FRUIT. Disponível em:< <http://www.brazilianfruit.org>>. Acesso em: 19/08/2017.
- BRITO, C. A. K. *et al.* **Caracterização físico-química, enzimática e aceitação sensorial de três cultivares de abacaxi**. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP Campinas – SP, 2008.
- BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. **International Journal of Food Microbiology**, vol.94, p. 223–253, 2004.

CANER, C. The effect of edible eggshell coatings on egg quality and consumer perception. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, vol. 85, p. 1897–1902, 2005.

CARVALHO, C. R. L. *et al.* **Análises Químicas de Alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121p.

CARVALHO, J. M.; MIRANDA, D. L. **As Exportações Brasileiras de Frutas: Um Panorama Atual**. Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2009.

CARVALHO, V. D. de; BOTREL, N. Características da fruta de exportação. In: GORGATTI NETTO, A. *et al.* (Ed.). **Abacaxi para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa/SPI, 1996.

CIPRIANO, A.; SILVA, G.; MACHADO, A.; ARAUJO, F. **Utilização de Atmosfera Modificada Passiva e Ativa na Conservação Pós-colheita do Caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Anais da 62ª Reunião Anual da SBPC, Natal, RN. UFRN, 2010.

CHI, S.; ZIVANOVIC, S.; PENFIELD, M.P. Application of chitosan films enriched with oregano essential oil on bologna- active compounds and sensory attributes. **Food Science and Technology International**, vol. 12, n. 2, p. 111-117, 2006.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA A. D. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/ FAEPE, 1990.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, p. 786, 2005.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Lavras:UFLA/FAEPE, 2000. 113 p. (Apostila).

CHURCH, N. Developments in modified-atmosphere packaging and related technologies. **Trends in Food Science e Technology**, v. 5, p. 345-352, 1994.

COX, S.D. *et al.* The Mode of antimicrobial action of essential oil of *Melaleuca alternifolia* tea tree oil. **Journal of Applied Microbiology**, vol. 88, n. 1, p. 170–175, 2000.

CUNHA, G. A. P. da. *et al.* Ministério da Agricultura, do abastecimento e da reforma Agrária, Secretaria do Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio a Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. **Abacaxi para exportação: aspectos técnicos da produção** – Brasília: Embrapa – SPI. Série Publicações Técnicas, 1994.

CUTTER, C.N. Opportunities for bio-based packaging technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods. **Meat Science**, vol. 74, p. 131–142, 2006.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J. A.; VOILLEY, A. Edible Films and Coatings; Tomorrow Packaging: A Review. **Critical Reviews in Food Science**, 1998.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. **Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas**. Ciência Rural, vol.39, n. 3, p. 945-954, 2009.

DURIGAN, J. F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças. Frutas – Processamento Mínimo.** Fortaleza: Instituto Frutal, p 69, Fortaleza, 2004.

DUTTA, J.; TRIPATHI, S.; DUTTA, P.K. Progress in antimicrobial activities of chitin, chitosan and its oligosaccharides: a systematic study needs for food applications. **Food Science and Technology International**, vol. 18, n. 1, p. 3–34, 2011.

ELIASSON, A.C. **Carbohydrates in food.** New York: Marcel Dekker, 1996. 561p.

EMBRAPA. Manual de Perdas Pós-colheita em Frutos e Hortaliças. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/doc271997_000gc3pcc1502wx5ok01dx9lctn8qj7l.pdf>. Acesso em: 18/08/2017.

ESPINA, L. *et al.* Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes. **Food Control**. vol. 22, p. 896–902, 2011.

FAGUNDES, C. **Estudo cinético do processamento mínimo de Maçã (*malus domestica b.*) Var. Gala: influência da Temperatura na taxa respiratória e nos Parâmetros físico-químicos e sensoriais.** (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, 2009.

FAI, A.E.C.; STAMFORD, T.C.M.; STAMFORD, T.L.M. Potencial biotecnológico de quitosana em sistemas de conservação de alimentos. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, vol.9, n. 5, p. 435-451, 2008.

FELLOWS P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e prática.** Tradução: Florencia Cladera Oliveira *et al* – 2º edição – Porto Alegre: Artmed, 2006.

FENNEMA, O.R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L. **Química de alimentos de Fennema.** 4ª. ed., Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

FERNANDEZ-SAIZ, P. *et al.* Characterization of antimicrobial properties on the growth of *S. aureus* of novel renewable blends of gliadins and chitosan of interest in food packaging and coating applications. **International Journal of Food Microbiology**, vol. 124, p. 13–20, 2008.

FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; NORONHA, M. A. S. **Armazenamento de Abacaxi Minimamente Processado.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial, 2003.

FISHIMAN, M.L. *et al.* Extrusion of pectin/starch blends plasticized with glycerol. **Carbohydrate Polymers**, vol.41, p. 317-325, 2000.

FLOROS, J. D.; MATSOS, K. I. Introduction on modified atmosphere packaging. In: HAN, J. H. **Innovations in food packaging.** 2005.

FONTENELE, M.A. *et al.* **Conservação pós-colheita de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) sob refrigeração e embalado em PVC.** Revista Ceres, 57:292-296, 2010.

GIACOMELLI, Eloys J. **Expansão da abacaxicultura no Brasil.** Campinas: Fundação Cargill, 1982. 79p.

GIANONNI, J.A. **Efeito da radiação gama e o cálcio na conservação pós-colheita da goiaba branca armazenada sob refrigeração.** (Dissertação de Mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2000.

GONÇALVES, N. B. *et al.* **Abacaxi, pós-colheita;** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p.13 – 17, 2000.

GONTARD, N. **Films etenrobages comestibles: étude et amélioration des propriétés filmogènes du gluten.** 1991. 174p. Tese (Doctorat Biochimie, Biologie Cellulaire et 190 Moléculaire/Sciences des Aliments), Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 1991.

GRIZOTTO, R. K.; AGUIRRE, J. M.; MENEZES, H. C. 2. Frutas estruturadas de umidade intermediária obtidas de polpas concentradas de abacaxi, manga e mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. v. 24, n. 4. p. 691-697, 2005.

G1. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/06/brasil-desperdica-30-da-producao-nacional-de-frutas-por-ano.html>>. Acesso: 19/08/2017.

HAN, J.H. Antimicrobials and package system design. Session 24, Packaging tackles food safety: A look at antimicrobials. **In: 2002 Annual Meeting and Food Expo.** Anaheim – CA. Disponível em : < http://ift.ccnfex.com/ift/2002/techprogram/paper_9793.htm>. Acesso em: 16/08/2017.

HINTLIAN, C. B.; HOTCHKISS, J. H. The safety of modified atmosphere packaging: a review. **Food Technology**, v. 40, p. 70-76, 1986.

KESTER, J. J.; FENNEMA, O. R.. Edible films and coating: a review. **Food Technology**. v. 40, n. 12. PP. 47-59, 1986.

KURITA, K. Chitin and chitosan: functional biopolymers of marine crustaceans. **Marine Biotechnology**, vol. 8, p. 203-226, 2006.

LAWTON, J. W. Effect of starch type on the properties of starch containing films. **Carbohydrate Polymers**, vol. 29, p. 203-208, 1996.

LEMOS, O.L. *et al.* Use of edible biofilm in the conservation of sweet pepper 'Magali R' under two conditions of storage. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p. 693-699, 2007.

LIMA, V. L. A. G. *et al.* Correlação entre o teor de antocianinas e caracterização cromática de polpas de diferentes genótipos de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 10, n. 1, p. 51-55, 2007.

MAGALHÃES, F. S. **Secagem e caracterização de suco de abacaxi em pó (*Ananas comosus* L.) obtido por spray-drying.** (Trabalho de conclusão de Curso) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2015.

MAHMOUD, R.; SVELLO, P.A. **Mechanical properties of and water vapor transferability through whey protein films.** J. Dairy Sci., v.75, n.4, p.942-946, 1992.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, jan./mar. 2010.

MEDINA, J.C. *et al.* **Abacaxi: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2 ed. rev. ampl. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1987.

MELO, A. A. M. **Efeito de filme ativo incorporado com óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) na conservação de carne de frango resfriada**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2010. 68 p.

MINOLTA. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Brasil: MINOLTA Co. Ltda., 1994. 49p.

MORAES, J.O. **Produção e caracterização de filmes de amido-glicerol-fibras de celulose elaborados por tape-casting**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2013.

MORAES, L. R. V. *et al.* Estudo comparativo da desidratação de frutas para fins de infusão, por método tradicional e liofilização. **Revista Semiárido De Visu**, v. 2, n. 2, p. 254-264, 2012.

MORGADO, D.L.; SATO, B.; EL SEOUD, O.A.; FROLLINI, E. **Biofilmes a partir de acetatos de celulose reforçados com celulose de linter de algodão**. Anais, 10º Congresso Brasileiro de Polímeros, Foz do Iguaçu, PR – Outubro/2009.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Postharvest food losses in developing countries**. Washington, DC, 1978.

NI, L.; LIN, D.; BARRETT, D.M. Pectin methylesterase catalyzed firming effects on low temperature blanched vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 70, p. 546-556, 2005.

NUNES, J. S. *et al.* Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos abacaxi. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia - PB, v. 1, n. 1, p. 41-46, 2017.

OLIVEIRA, L. M. Filmes plásticos incorporados de agentes antimicrobianos. **Informativo CETEA: Boletim de Tecnologia e desenvolvimento de Embalagens**, vol. 14, n. 2, p. 1-4, 2002.

OLIVEIRA, M.A. **Utilização de película de fécula de mandioca como alternativa à cera comercial na conservação pós-colheita de frutos de goiaba (*Psidium guajava*)**. 1996. 73p.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

OLIVEIRA, S. C. M. **Revisão: Produção de Filmes Biodegradáveis com Incorporação de Agentes Antimicrobianos**. 2015. 53 f.(Trabalho de Conclusão de Curso) -Engenharia de alimentos - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2015.

PARK, H. J. *et al.* Permeability and mechanical properties of cellulose-based edible films. **J. FoodSci.**, v.58, n.6, p.1361-1364, 1993.

PARRY, R. T. Introdução. In: PARRY, R. T. **Envasado de los alimentos em atmosfera modifi cada**. Madrid: A. Madrid Vicente, 1993. p. 13-31.

PELISSARI, F. M. **Produção e caracterização de filmes de amido de mandioca, quitosana e glicerol com incorporação de óleo essencial de orégano**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009. 124 p.

PORTAL EDUCAÇÃO. Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/nutricao/perdas-e-desperdicios-de-frutas-e-hortalicas-na-pos-colheita/26784>>. Acesso: 19/08/2017.

PRADO, M. E. T. *et al.* **Influência do hipoclorito de sódio sobre a qualidade de abacaxis minimamente processados**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2000.

PY, C. *et al.* **L'ananas: la culture ses produits**. Paris: G. P. Maisonneuve et Larose, 1984. 562p.

QUINTERO, A. C. F. **Desidratação de abacaxi: modelos de secagem, avaliação de qualidade e efeito de embalagem**. 2007. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2007.

ROCHA, R. H. C. *et al.* Uso do índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga ‘tommy atkins’. **Revista Brasileira Fruticultura (RBF)**, Jaboticabal - Sp, v. 23, n. 2, p.302-305, ago. 2001.

SÁNCHEZ, A.A. *et al.* Antimicrobial and antioxidant activities of Mexican oregano essential oils (*Lippia graveolens* H. B. K.) with different composition when microencapsulated in βcyclodextrin. **Letters in Applied Microbiology**, vol. 50, p. 585-590, 2010.

SANTOS, I. P. **Parâmetros de qualidade na produção de abacaxi desidratado**. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2011.151 p.

SANTOS, J. C. B. *et al.* **Avaliação da qualidade do abacaxi “Pérola” minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada**. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 29, n. 2, p. 353-361, 2005.

SARZI, B. *et al.* Temperatura e tipo de preparo na conservação de produto minimamente processado de abacaxi *Pérola*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 24, n. 2, p. 376-380, 2002.

SCHMIDT, V.C.R. **Desenvolvimento de bandejas biodegradáveis a partir da fécula de mandioca, calcário e fibra de celulose**. (Dissertação de Mestrado)- Engenharia de Alimentos)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. 76 p.

SEBRAE. **Boletim de Inteligência. Agronegócio: Fruticultura**. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/\\$File/5791.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/$File/5791.pdf)>. Acesso em: 19/08/2017.

SIDERIS, C. P.; KRAUSS, B. H. **Physiological studies on the factors influencing quality of pineapple fruits. I. Physico-chemical variations in the tissue of ripe pineapple fruits.** *Pineapple Quarterly*, v. 3, p. 82-98, 1933.

SILVEIRA, M.F.A. **Filme antimicrobiano incorporado com ácido sórbico na conservação de massa de pastel.** Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2005.

SINGH, N. *et al.* Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources – A review. **Food Chemistry**, vol. 81, p. 219-231, 2003.

SMITH, J. P. *et al.* Developments in food packaging technology. Part II: storage aspects. **Trends in Food Science e Technology**, v. 1, p. 111-118, 1990.

SMITH, W.F. **Princípios de ciência e engenharia dos materiais.** 3a ed. Portugal: McGrall-Hill, 1998.

SOARES, N. F. F. *et al.* Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos. **Revista Ceres**, vol.56, n. 4, p. 370-378, 2009.

SPIRONELLO, A. *et al.* **Avaliação agrotecnológica de variedades de abacaxizeiro, conforme os tipos de muda, em Cordeirópolis (SP).** *Bragantia*, Campinas, v.56, n.2, p.333-342, 1997.

STAMFORD, T.C.M.; STAMFORD, T.L.M.; STAMFORD, N.P.; NETO, B.B.; CAMPOSTAKAKI, G.M. **Electronic Journal of Biotechnology**, 2007.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. NEPA-UNICAMP – Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. 4 ed. 161 p., 2011.

THÉ, P. M. P. **Efeitos da associação de tratamento hidrotérmico, cloreto de cálcio e atmosfera modificada sobre o escurecimento interno e qualidade do abacaxi cv. Smoothcayenne.** Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

UGALDE, M. L. **Biofilmes ativos com incorporação de óleos essenciais.** 2014. 168 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2014.

UNIVERSIDADE ON-LINE DE VIÇOSA – UOV. **Processamento Mínimo de Frutas e Hortalças.** Viçosa, 2010. (Apostila).

VANDEPUTTE, G.E.; DELCOUR, J.A. From sucrose to starch granule to starch physical behavior: a focus on rice starch. **Carbohydrate Polymers**, vol. 58, p. 245-266, 2004.

VARELA, P; SALVADOR,A; FISZMAN, S.M. The use of calcium chloride in minimally processed apples: A sensory approach. **Eur Food Res Technol** v.224: 461–46p. 2007.

VERMEIREN, L. *et al.* **Development inthe active packaging of foods.** *Trends in Food Science and Technology* 10: 77-86, 1999.

VIEITES, R. L. Abacaxi Minimamente Processado. **Revista Frutas e Derivados**, n.05, p.41-43, 2007.

VICENTINI, N. M. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita**. Tese (Doutorado em Agronomia).Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2003.

WANG, C.Y. **Chilling injury and browning of fresh-cut fruits and vegetables**.In: Encontro Nacional Sobre processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 4, 2006. São Pedro. Palestras, Resumos, Fluxogramas e Oficinas. Piracicaba: USP/ESALQ, 2006.

WATADA, A. E. *et al.* Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biol. Tec.**, v. 15, n. 3, p. 201-205, 1999.

WEBER, F.H.; COLLARES-QUEIROZ, F.P.; CHANG, Y.K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol. 29, n. 4, p. 748-753, 2009.

WONG, D. W. S. *et al.* Gas exchange in cut apples with bilayer coatings. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 42, n. 10, p. 2278-2285, 1994.

YADAV, A.V.; BHISE, S.B. Chitosan: a potential biomaterial effective against typhoid. **Current Science**, vol. 87, n. 9, p.1176-1178, 2004.