

Laura Scartazzini

**ELABORAÇÃO DE COBERTURA COMESTÍVEL A PARTIR DE
RESÍDUO À BASE DE GELATINA E AVALIAÇÃO DA SUA
APLICAÇÃO EM *PHYSALIS* (*Physalis peruviana* L.)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dra. Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz

Coorientador: Prof.^o Dr. Marco Di Luccio

Florianópolis
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca
Universitária da UFSC.

Scartazzini, Laura
ELABORAÇÃO DE COBERTURA COMESTÍVEL A PARTIR DE RESÍDUO À
BASE DE GELATINA E AVALIAÇÃO DA SUA APLICAÇÃO EM PHYSALIS
(Physalis peruviana L.) / Laura Scartazzini ; orientadora,
Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz ; coorientador, Marco Di
Luccio. - Florianópolis, SC, 2014.
117 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Alimentos.

Inclui referências

1. Engenharia de Alimentos. 2. coberturas comestíveis.
3. resíduo de gelatina. 4. armazenamento. 5. Physalis. I.
Fritz, Alcilene Rodrigues Monteiro. II. Luccio, Marco Di.
III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. IV. Título.

Laura Scartazzini

**ELABORAÇÃO DE COBERTURA COMESTÍVEL A PARTIR DE
RESÍDUO À BASE DE GELATINA E AVALIAÇÃO DA SUA
APLICAÇÃO EM *PHYSALIS* (*Physalis peruviana* L.)**

AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar, pela fé, esperança e saúde. Por me fazer uma pessoa melhor todos os dias.

Aos meus amados pais Primo Ernesto e Nilse pelo exemplo de vida, pela compreensão e confiança, pelo amor e dedicação a toda família.

À meu querido irmão Cássio, por sua amizade, carinho e conselhos.

Ao meu namorado Felipe, por todo amor e dedicação, pela compreensão e apoio nos momentos de desânimo. Por mostrar-me o verdadeiro amor.

À minha querida prima Leticia e meus padrinhos Sérgio e Gênia, por todo o apoio e carinho desde a minha chegada em Florianópolis.

Às minhas amigas de infância Gabrielle, Jaqueline, Priscila, Camila, Ramaiana, Cinthia, Giovana e Josiane, por todas as palavras de apoio e amizade a qual a distância nunca irá separar.

Aos meus amigos que me conquistaram durante o período de graduação e que sempre vão estar em meu coração: Julianno, Paulinha, Bárbara, Maiara, Gustavo, Murilo, Flávio C., Flávio O., Fernando.

Às minhas amigas Jacqueline, Marla e Flávia, pela amizade e companheirismo desde a graduação. Pelo convívio, estudos e momentos de descontração durante o mestrado.

À todos os amigos do programa de pós-graduação: Helmut, Maria José, Denise, Ricardo, Douglas, Angelize, Isadora, Eliane, Manuela, Guilherme, Vanessa, Luís, Evertan, Luciana. A união sempre faz a diferença, meu muito obrigado.

Aos professores Dr^a. Alcilene R. M. Fritz e Dr. Marco Di Luccio, agradeço pela orientação, dedicação, paciência e incentivo ao trabalho realizado.

Aos meus colegas e amigos do PROF1, especialmente ao Juliano Tosati pelas sugestões e colaboração. Pelos momentos divertidos que passamos juntos.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e contribuições para avaliação deste trabalho.

Às estagiárias Naruska, Marina e Bárbara pela contribuição nos experimentos e momentos de companhia.

Ao colega Giuseppe Zanella do Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas, pela enorme contribuição para a realização desta pesquisa.

À Universidade Federal de Santa Catarina, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos e todos os professores pela oportunidade, conhecimento e estímulo para a realização deste trabalho.

Ao REUNI e CAPES pelo apoio financeiro.

E a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

RESUMO

O desperdício de frutas e hortaliças para o consumo *in natura* durante o armazenamento e comercialização é uma preocupação constante no setor alimentício do país. Com isso, o interesse em prolongar a vida útil de frutos, reduzindo as perdas e danos pós-colheita, se torna atrativo para frutos do gênero *Physalis* por ser considerado exótico e de alto valor econômico no Brasil. O objetivo deste estudo foi a aplicação de cobertura comestível à base de gelatina em frutos do *Physalis* sem cálice para prolongar seu período de conservação. Foram avaliadas as propriedades mecânicas e de barreira dos filmes, e os frutos foram analisados quanto às características físico-químicas das *Physalis* sem e com coberturas armazenadas a 5 ° C e a 20 ° C e 54 %, 68 % e 80 % de umidade relativa (UR) do ar. Foram testados diferentes compostos e formulações para coberturas comestíveis, sendo a cobertura à base de gelatina a que apresentou melhor espalhamento e aderência sobre a superfície dos frutos. As formulações à base de gelatina foram utilizadas como revestimento contendo 0,5 % e 1 % de ácido oleico. Os resultados mostraram que a presença do ácido oleico melhorou as características hidrofóbicas das coberturas, entretanto não houve diferença significativa quanto à concentração de ácido oleico adicionado na formulação. Para as diferentes condições de armazenamento as amostras sem e com cobertura condicionadas a 5 ° C e 80 % de UR apresentaram os melhores resultados das características físico-químicas estudadas.

Palavras-chave: coberturas comestíveis, resíduo de gelatina, armazenamento, *Physalis*, pós-colheita.

ABSTRACT

The wastage during the storage process of fruits and vegetables for fresh consumption is ongoing concern in Brazilian food industry. Fruits from the genus *Physalis* are considered exotic and has a high economic value, thus, it is very important to prolong shelf life of fruits and to reduce postharvest mechanical damage and losses. The aim of this study was the application of edible gelatin based coating in *Physalis* fruits without the calyxes to prolong its shelf life. The mechanical and barrier properties of the films and physicochemical characteristics of the fruits were evaluated over different storage conditions, temperatures of 278 K and 293 K, air relative humidity of 54%, 68 % and 80 %. Several edible coatings were prepared using different compounds and formulations, the protein-based edible coating showed better spreading and adhesion on the fruit surface among all the edible coatings tested. The addition of oleic acid (0.5 and 1.0%) on the edible coating formulation was evaluated. The use of oleic acid improved the hydrophobic characteristics of the coating. Nonetheless, no significant difference on this property was noted when different amounts of oleic acid were added to the coating formulation. Results from the physicochemical analyses of *Physalis* fruits indicated that the best storage conditions were 278 K temperature and 80% relative humidity.

Keywords: edible coatings, gelatin residue, storage, *Physalis*, postharvest.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: <i>Physalis peruviana</i> L.....	19
Figura 2: Equilíbrio de forças de fases (sólido/líquido/vapor).....	38
Figura 3: Equipamento gerador de ozônio.....	44
Figura 4: Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) dos filmes à base de gelatina de formulação 1 e 2. Primeira varredura linha preta, segunda varredura linha cinza.....	61
Figura 5: Microscopia eletrônica de varredura dos filmes de gelatina formulação 1 (0,5 % ácido oleico) e formulação 2 (1 % ácido oleico): (a) superfície exposta ao ar; (b) superfície em contato com a placa; (c) seção transversal (fratura).	62
Figura 6: Molhabilidade das coberturas de formulação 1 e formulação 2 com os líquidos padrões: (a) água deionizada; (b) formamida e (c) diiodometano.	64
Figura 7: Perda de massa dos <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C e 68 % UR (condição 2).....	67
Figura 8: Perda de massa dos <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % de ácido oleico (CC1), armazenadas a 5 °C e 80 % UR (condição 1).	69
Figura 9: Perda de massa dos <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C e 54% UR (condição 2).....	71
Figura 10: Força de compressão dos <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5% (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C e 68 % UR (condição 2).....	75
Figura 11: Força de compressão dos <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5% (CC1) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C e 80 % UR (condição 1)..	77
Figura 12: Força de compressão dos <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5% (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C e 54 % UR (condição 2).....	78
Figura 13: Força de perfuração dos <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5% (CC1) e 1 %	

(CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C e 68 % UR (condição 2).....	79
Figura 14: Força de perfuração dos <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1), armazenadas a 5 °C e 80 % UR (condição 1).....	81
Figura 15: Força de perfuração dos <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C e 54 % UR (condição 2).	82
Figura 16: Teor de Frutose, Glicose e Sacarose em <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C – 68 % UR.	88
Figura 17: Teor de Frutose, Glicose e Sacarose em <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C – 80 % UR.	89
Figura 18: Teor de Frutose, Glicose e Sacarose em <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C – 54 % UR.	90
Figura 19: Cinética de respiração dos <i>Physalis</i> sem e com cobertura de gelatina contendo 0,5 % de ácido oleico a 5 °C....	92
Figura 20: Taxa de respiração dos <i>Physalis</i> sem cobertura (sem filme) e com cobertura de gelatina contendo 0,5 % de ácido oleico (com filme) a 5 °C.	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Níveis de nutrientes do <i>Physalis peruviana</i> L.....	21
Tabela 2: Composição química do resíduo à base de gelatina..	44
Tabela 3: Condições de armazenamento das <i>Physalis</i> sem e com coberturas comestíveis.	50
Tabela 4: Caracterização das coberturas: Espessura, Umidade, Transparência, PVA, PO ₂ , PCO ₂	57
Tabela 5: Propriedades mecânicas: Tensão de ruptura, Deformação, Módulo de Young.	60
Tabela 6: Ângulo de contato dos líquidos padrões nas coberturas comestíveis.....	64
Tabela 7: Energia livre superficial e suas componentes para as coberturas comestíveis à base de gelatina utilizando o modelo de Owens e Wendt.	65
Tabela 8: Parâmetros de cor dos <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5% (CC1) e 1% (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C.	73
Tabela 9: Parâmetros de cor dos <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5% (CC1) e 1% (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C.....	74
Tabela 10: pH e Sólidos Solúveis Totais dos <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C. ..	84
Tabela 11: pH e Sólidos Solúveis Totais do <i>Physalis</i> sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C.	86

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivo Geral	18
1.1.2 Objetivos Específicos	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 <i>PHYSALIS</i>	19
2.1.1 Características gerais sobre a cultura do <i>Physalis</i>	19
2.1.2 Características físico-químicas do <i>Physalis</i>	20
2.1.3 Qualidade pós-colheita do produto	22
2.2 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE PÓS-COLHEITA	22
2.2.1 Respiração	22
2.2.2 Fatores químicos	25
2.2.3 Fatores Físicos	27
2.3 MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO DE FRUTAS E HORTALIÇAS.....	29
2.3.1 Refrigeração	29
2.3.2 Cobertura comestível	31
2.3.3 Caracterização das Coberturas Comestíveis	33
3 MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1 MATÉRIA-PRIMA.....	43
3.2 METODOLOGIA.....	43
3.2.1 Sanitização dos <i>Physalis</i>	43
3.2.2 Formulações das coberturas comestíveis	44
3.2.3 Avaliação das soluções filmogênicas.....	45
3.2.4 Caracterização das coberturas comestíveis	45
3.2.5 Aplicação das coberturas e armazenamento dos frutos.	49

3.2.6 Caracterização dos <i>Physalis</i> com cobertura comestível..	50
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1 AVALIAÇÃO DAS SOLUÇÕES FILMOGÊNICAS.....	55
4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS COBERTURAS COMESTÍVEIS.....	57
4.3 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS <i>PHYSALIS</i>	66
4.3.1 Perda de massa.....	66
4.3.2 Cor	71
4.3.3 Firmeza	75
4.3.4 pH e Sólidos Solúveis Totais (SST)	82
4.3.5 Açúcares	86
4.3.6 Cinética de respiração do <i>Physalis</i> sem e com cobertura	91
4.3.7 Taxa de respiração.....	92
5 CONCLUSÕES	95
REFERÊNCIAS	97

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Physalis* (*Physalis peruviana* L.) pertencente à família Solanaceae e conta com mais de oitenta espécies (CADEÑO; MONTENEGRO, 2004). Nativa da região dos Andes, sendo a Colômbia o principal e maior produtor (BRITO, 2002). O cultivo do *Physalis* no Brasil é recente, mas está sendo ampliado no sul do país, nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Em todo o país, esse fruto é consumido como produto fino, de alto valor agregado e está sendo incorporada nos cultivos de pequenas frutas (LIMA et al., 2009a).

O desperdício de frutas e hortaliças para o consumo *in natura* pós-colheita é preocupante na cadeia produtiva do país. Com isso, o interesse em prolongar a vida útil do *Physalis*, reduzindo as perdas e danos mecânicos pós-colheita, se torna ainda mais atrativo devido ao fato de o fruto ser considerado exótico com alto valor agregado no Brasil (LIMA et al., 2009a). Dessa forma, faz-se necessária a utilização de técnicas que possam prolongar seu período de vida útil e conseqüentemente o período de oferta do produto no mercado, como o uso de coberturas comestíveis.

O uso de coberturas comestíveis tem sido considerado uma alternativa para aumentar a vida útil de frutas e hortaliças frescas, devido à diminuição da perda de umidade, redução das taxas de respiração, além de conferir aparência brilhante e atraente (DIAB et al., 2001). Os biofilmes são produzidos a partir de polímeros naturais, tais como, polissacarídeos e proteínas (DAVANÇO; TANADA-PALMU; GROSSO, 2007) ou de materiais lipídicos (GALLO et al., 2000). Filmes elaborados a partir de polissacarídeos e proteínas possuem boas propriedades mecânicas e de barreira aos gases. No entanto, esses filmes são sensíveis à umidade e não possuem alta barreira à água. Já os filmes produzidos a partir de lipídeos, por serem hidrofóbicos, apresentam baixa permeabilidade ao vapor de água, são opacos, pouco flexíveis e quebradiços (BATISTA et al., 2005; BERTAN et al., 2005).

As diversas vantagens dos biofilmes como as propriedades mecânicas, barreira à perda de umidade, aderência, transporte

de gases, suporte de aditivos somados às questões ambientais de reutilização de resíduos e redução de embalagens, tornam-se fatores motivadores para a realização do presente estudo. Este trabalho teve por objetivo a elaboração de cobertura comestível utilizando resíduo à base de gelatina para prolongar o período de armazenamento do *Physalis*.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de cobertura comestível utilizando resíduo à base de gelatina para prolongar o período de armazenamento do *Physalis* (*Physalis peruviana* L.), diminuindo as alterações de suas características físico-químicas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a aplicação de diferentes formulações à base de gelatina para produção de coberturas comestíveis e aplicação em *Physalis*;
- Determinar propriedades mecânicas, de barreira, térmicas e estruturais do filme;
- Avaliar o comportamento da interação fruto-cobertura quanto à adesão, perda de água e permeabilidade aos gases nas diferentes condições de armazenamento;
- Avaliar a influência da cobertura nos parâmetros físicos e químicos das *Physalis* na melhor condição de armazenamento;
- Determinar as taxas de respiração do *Physalis* com e sem cobertura a partir das concentrações de O₂ e CO₂.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *PHYSALIS*

2.1.1 Características gerais sobre a cultura do *Physalis*

O gênero *Physalis* possui aproximadamente mais de oitenta espécies, a mais conhecida é denominada *Physalis peruviana* L. O gênero pertence à família das Solanaceae, sendo algumas tóxicas. As plantas são arbustivas, anuais e perenes, podem atingir até dois metros de altura e produzem aproximadamente 2 kg de frutos por safra (ESPINOSA, et al., 2004; ANDRADE, 2008).

Os frutos do *Physalis peruviana* L. são arredondados, medindo de 1,2 a 2,5 cm o diâmetro, carnosos, compostos de 150 a 300 sementes, quando maduros possuem coloração amarelo-laranja. São envoltos por um cálice (Figura 1) o qual age como barreira contra insetos, pássaros e condições climáticas desfavoráveis (ÁVILA et al., 2006; CHAVES, 2006).

Figura 1: *Physalis peruviana* L.



Fonte: LICODIEDOFF (2012).

O *Physalis* é nativa da região dos Andes, mas é na América do Sul que está presente o principal e maior produtor, a Colômbia, seguido da África do Sul (PUENTE et al., 2011). Outros países que comercializam o fruto são Nova Zelândia, Estados Unidos, Havaí, Índia, Equador (NOVOA et al., 2006). No

Brasil o cultivo do *Physalis* ainda é baixo se comparado com os de outros países, mas vem sendo ampliado principalmente nas regiões dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (LIMA et al., 2009a).

De acordo com Velásquez et al. (2007) o *Physalis* é uma espécie de alto valor nutricional, considerada uma excelente alternativa para o mercado nacional e de pequenos produtores familiares. Consumida no Brasil *in natura* ou como produto fino, de alto valor agregado (produção de saladas, doces, iogurtes e geleias finos) ela se enquadra nas chamadas pequenas frutas, (CHAVES, 2006; ANDRADE, 2008). Na medicina popular o *Physalis* é utilizado para o tratamento de doenças como malária, asma, hepatite, reumatismo e dermatite (FRANCO et al., 2007). Alguns autores relatam que os benefícios associados ao fruto referem-se à sua composição nutricional, por conter componentes biologicamente ativos que proporcionam benefícios para a saúde, contribuindo com a redução de riscos de algumas doenças (PUENTE et al 2011).

O *Physalis* se desenvolve em condições agroecológicas diversas e esta classificado como uma espécie muito tolerante devido a sua fácil adaptação a climas do mediterrâneo e a diversos tipos de solo (FISCHER; FLOREZ; SORA, 2000). É considerada uma frutífera de cultivo bastante simples, sendo que a maior parte do manejo (adubação, irrigação, herbicidas) é semelhante a cultura do tomateiro (LIMA et al., 2009a).

2.1.2 Características físico-químicas do *Physalis*

A composição química do *Physalis* se caracteriza pelos altos e significativos valores de vitaminas A, C e algumas do complexo B, além de conter micronutrientes como Fe e Zn, macrominerais, como P e pequenas quantidades de Ca (PUENTE et al., 2011; RAMADAN, 2011). O fruto apresenta baixa acidez, valores de sólidos solúveis totais variam de 11 °Brix a 15 °Brix (maioria açúcares) e a atividade de água em torno de 0,80 a 0,99 (SHAROBA; RAMADAN, 2011; LICODIEDOFF, 2012).

Os *Physalis* apresentaram 31,8 % de aminoácidos essenciais, sendo os principais a leucina, lisina e isoleucina, em estudos realizados com o suco do *Physalis* por El Sheikha et al.

(2010). Mas os estudos na área de nutrição quanto aos benefícios que os frutos do *Physalis* proporcionam ainda são recentes, não sendo possível estabelecer uma quantidade diária saudável para o consumo do fruto (RODRÍGUEZ et al., 2007).

De acordo com Ramadan (2011) o suco do *Physalis peruviana* L. colombiana contém 0,2% de óleo, do qual os principais foram o linoleico, oleico e palmítico. Em outro estudo realizado por Ramadan e Morsel (2003), os frutos inteiros do *Physalis peruviana* L. colombiana continham 2 % de óleo, em que 1,8 % eram das sementes e 0,2 % do restante do fruto (polpa e casca).

Os frutos do *Physalis* também apresentam teores significativos de compostos fenólicos e carotenoides (SEVERO et al., 2010). Os níveis de fósforo são elevados para um fruto e seu alto valor de fibras é importante, porque age como um regulador intestinal (RAMADAN, 2011).

Na Tabela 1 estão representados os valores dos níveis de nutrientes do *Physalis peruviana* L. citados por diferentes autores da literatura (CARRASCO; ZELADA, 2008; PUENTE et al., 2011; RAMADAN 2011).

Tabela 1: Níveis de nutrientes do *Physalis peruviana* L.

Níveis de Nutrientes	Fonte	
	Carrasco e Zelada (2008)	Ramadan (2011)
Umidade (g/100 g)	79,8	78,9
Proteínas (g/100 g)	1,9	0,05-0,3
Lipídeos (g/100 g)*	-	0,15-0,2
Carboidratos (g/100 g)	17,3	19,6
Fibra (g/100 g)	3,6	4,9
Cálcio (mg/100 g)	10,55	8
Fósforo (mg/100 g)	37,9	55,3
Ferro (mg/100 g)	1,24	1,2
Caroteno (mg/100 g)	2,64	1,6
Tiamina (mg/100 g)	-	0,1
Riboflavina (mg/100 g)	-	0,03
Niacina (mg/100 g)	-	1,7
Ác. Ascórbico (mg/100g)	43,3	43

* Valores referentes ao suco da fruta sem semente.

2.1.3 Qualidade pós-colheita do produto

A qualidade do fruto pode ser definida, segundo Santos e Martins (2007), como o conjunto de propriedades relacionadas ao potencial genético da espécie que confere atratividade, durabilidade à fruta e segurança alimentar. Um fator de suma importância no sistema de produção é a obtenção de frutas com qualidade adequadas às exigências de mercado e ela só é obtida mediante técnicas apropriadas para sua produção e conservação (CANTILLANO, 2006).

Os fatores que são determinantes e importantes para a qualidade dos *Physalis* são o período de colheita, aparência, coloração, sabor e textura (RODRIGUES et al., 2012). Ao se manter essas características é possível um melhor aproveitamento pós-colheita do produto, apresentando alta qualidade e mínimo de perdas.

Devido o *Physalis* ser um fruto climatérico (ALVARADO et al., 2004), isso dificulta seu manejo, interferindo no processo de armazenamento, transporte e vida útil pós-colheita.

Para retardar e garantir a qualidade pós-colheita do produto, principalmente quando se trata de um pequeno fruto com alto valor agregado e grande apelo funcional, são realizados estudos à aplicação de novas técnicas de conservação.

2.2 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE PÓS-COLHEITA

Após a colheita das frutas e hortaliças, há em geral perda de qualidade, principalmente devido os mecanismos fisiológicos, danos mecânicos, deteriorações microbianas e fatores biológicos, como doenças e pragas (TABIL; SOKHANSANJ, 2001). Segundo Aked (2002), as perdas de qualidade dos vegetais que acontece ao longo da cadeia, define a perecibilidade e dependem do sucesso de cada uma das tecnologias utilizadas.

2.2.1 Respiração

A respiração é um processo metabólico pelo qual os materiais orgânicos são degradados em compostos mais simples como água e dióxido de carbono com liberação de energia,

influenciando os processos bioquímicos das plantas mantendo seu funcionamento (FONSECA et al., 2002).

Os frutos podem ser divididos em climatéricos e não-climatéricos segundo as características de respiração. Os climatéricos amadurecem na presença de etileno, mesmo separados da planta e produzindo altas taxas desses fitocompostos. Nos frutos não-climatéricos, a diminuição graduada da respiração é verificada depois de colhido, amadurecendo na planta e não produzem etileno após a colheita. Em geral, os frutos apresentam um aumento na respiração que pode coincidir com as mudanças de sabor, cor, textura associados à maturação. Esse aumento da respiração pode ser marcado como a transição entre o desenvolvimento da fruta e a sua senescência (SANTOS; MARTINS, 2007; FURLONG, 2000).

Song e colaboradores (2002) explicam que os processos de respiração e de transpiração são muito importantes para os produtos hortícolas. A transpiração é o principal fator da perda de massa e de alterações da aparência desses produtos, como a firmeza. Essa perda de massa se caracteriza pela evaporação da água dos tecidos de frutas.

A respiração dos frutos pode ser utilizada como um indicador das taxas metabólicas dos vegetais e existem diversos fatores que podem afetar não só as taxas de respiração, mas também o quociente respiratório dos diversos produtos. Esse quociente respiratório é a razão entre a quantidade de dióxido de carbono produzido e a quantidade de oxigênio consumido (SANDHYA, 2010 e KADER, 1986). Dos fatores que podem afetar a taxa de respiração dos frutos, destacam-se a cultivar, a região de produção, os sistemas culturais, o estado de maturação e de colheita (PELAYO-ZALDÍVER; EBELER; KADER, 2005).

A possibilidade de aumentar consideravelmente a conservação de determinados frutos é colocando-os em ambientes que retardam a respiração, como em sistemas refrigerados, atmosfera modificada e também a técnica de coberturas comestíveis (SANDHYA, 2010). De acordo com Hernandez-Muñoz e colaboradores (2006), o uso de coberturas comestíveis à base de proteínas e polissacarídeos tem atraído bastante atenção para a aplicação em frutos e hortaliças com o objetivo de diminuir as taxas de respiração devido a seletividade aos gases que estas podem proporcionar.

As taxas de respiração dos *Physalis* sem cobertura e com cobertura foram determinadas a partir da concentração do O₂ e CO₂ em um sistema fechado, com circulação do ar no circuito, evitando a modificação da pressão e a alteração dos gases com o meio externo (BENÍTEZ et al., 2012).

Determinação da Taxa de Respiração

Para alimentos climatéricos a taxa de respiração pode ser definida pelo consumo de oxigênio e produção de gás carbônico no interior da câmara. A expressão é dada pela taxa de variação de concentração de gás, massa do produto e volume livre do recipiente, equações 2.1 e 2.2 (TORRIERI; CAVELLA; MASI, 2009):

$$(r_{O_2}) = - \frac{V_L}{100W} \frac{dO_2}{dt} \quad (2.1)$$

$$(r_{CO_2}) = \frac{V_L}{100W} \frac{dCO_2}{dt} \quad (2.2)$$

Sendo: r_{O_2} a taxa respiratória em função do consumo de O₂ (mL/kg.h), r_{CO_2} a taxa respiratória em função da produção de CO₂ (mL/kg.h), O₂ e CO₂, são as concentrações de O₂ e CO₂ (%), VL o volume livre (mL) e W a massa do fruto (kg).

A função regressão é usada para ajuste de dados de concentração de gás versus o tempo, e a taxa de respiração é determinada pela primeira derivada da função regressão (HAGGER; LEE; YAM, 1992; DASH; RAVINDRA; GOSWAMI, 2007). Essa função é de dois parâmetros não exponencial semelhante ao modelo Peleg para curvas de sorção de umidade (PELEG, 1988), que é usada para ajustar a concentração de gás, a qualquer temperatura, dependente do tempo de armazenamento decorrido. Um modelo similar foi aplicado para dados de respiração de banana conforme equações 2.3 e 2.4 (BHANDE, et al., 2008):

$$[O_2] = 0,21 - \frac{t}{(at + b)} \quad (2.3)$$

$$[\text{CO}_2] = \frac{t}{(at + b)} \quad (2.4)$$

A primeira derivada da função regressão, equação 2.3 e 2.4, são usadas para determinar a taxa de variação da concentração do gás, conforme equações 2.5 e 2.6 apresentadas:

$$\frac{d[\text{O}_2]}{dt} = - \frac{b}{(at + b)^2} \quad (2.5)$$

$$\frac{d[\text{CO}_2]}{dt} = \frac{b}{(at + b)^2} \quad (2.6)$$

Substituindo as equações 2.5 e 2.6 nas equações 2.1 e 2.2 obter-se-á a taxa de respiração da fruta em função do tempo.

2.2.2 Fatores químicos

Sólidos Solúveis Totais e Açúcares

Os sólidos solúveis totais são representados por compostos, como os açúcares, vitaminas, aminoácidos, ácidos e algumas pectinas, todos eles solubilizados em água. O composto solúvel de maior quantidade em frutas e hortaliças são os açúcares (sacarose, frutose e glucose). Os teores de sólidos solúveis totais variam conforme o estágio de maturação dos frutos, aumentando durante o tempo de armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Conforme os frutos vão perdendo massa há um favorecimento no teor de sólidos solúveis totais, concentrando assim os teores de açúcares no interior dos tecidos vegetais (KLUGE; MINAMI, 1997).

Lima et al. (2013) em estudos de pós-colheita do *Physalis angulata* L. constatou o valor de 14,0 °Brix para o valor de sólidos solúveis totais, Licodiedoff, Koslowski e Hibani (2013) os valores das amostras de sucos do *Physalis peruviana* L variaram de 13,2 a 14,1 °Brix. Em estudos realizados por Moraes (2013) a

partir do armazenamento de frutos do *Physalis peruviana* L. sob diferentes temperaturas e tratamento com cobertura comestível os valores de °Brix variaram com o tempo de armazenamento de 14,0 a 16,2.

Os açúcares são medidas indiretas nas análises de sólidos solúveis totais, uma vez que possuem outros compostos dissolvidos no suco da fruta. Mas podem representar muitas vezes de 85 % a 90 % dos valores de sólidos solúveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Valor médio de 6,45 % de açúcares totais e 4,12 % de açúcares redutores foram encontrados na caracterização do *Physalis angulata* L. em estudos por Oliveira e Nunes (2011). Patel et al. (2011) analisaram as características físico-químicas de frutos do gênero *Physalis* e encontram uma redução no teor de amido e um aumento no conteúdo de açúcares totais para a fruta ao longo do período de maturação. Já Moraes (2013) ao estudar o armazenamento do *Physalis* sob atmosfera modificada a 5°C por 30 dias, os valores para sacarose diminuíram e o conteúdo de glicose e frutose apresentou aumento aos 15 dias, apresentando pouca alteração após esse período de armazenamento. Patel et al. (2011) determinando as características físico-químicas de frutos do gênero *Physalis* obtiveram aumento no teor de açúcares totais para o fruto ao longo do período de maturação.

Ácidos Orgânicos e pH

Os ácidos orgânicos não voláteis, depois dos açúcares, constituem os componentes em maior conteúdo total dos sólidos solúveis. Eles possuem importância em nível de regulação do pH celular, influenciando a estabilidade das antocianinas, e possuem papel importante na cor dos frutos (KADER, 1991). Chitarra e Chitarra (2005) explicam que os ácidos orgânicos contribuem para a acidez, como também para o aroma característico, por apresentar alguns componentes voláteis. Eles tendem a diminuir devido à sua oxidação no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, ao processo respiratório ou pela sua conversão em açúcares, pois nessa fase existe uma maior demanda de energia com o aumento do metabolismo.

Os principais ácidos orgânicos dos *Physalis* são o ácido cítrico, oxálico e málico. Durante o período de maturação do fruto

eles tendem a diminuir devido à atividade das hidrogenases (CASTAÑEDA; PAREDES, 2003).

No trabalho apresentado por Moraes (2013) do *Physalis* armazenadas a 5 °C por 30 dias em atmosfera modificada o conteúdo de ácido málico e ácido ascórbico reduziram com o tempo, o conteúdo de ácido tartárico não sofreu alteração significativa entre as amostras controle e sob atmosfera modificada. O ácido cítrico ao final dos 30 dias apresentou um aumento significativo para ambos os tratamentos.

Variações de pH de 3,39 para 3,57 em *Physalis* fresca armazenadas a 4°C por 15 dias sob condições atmosféricas em embalagens plásticas de polietileno e poliamida foram obtidas por Arango et al. (2010). Valores de pH de 3,64 a 3,88 foram obtidos em trabalho de caracterização do *Physalis peruviana* L. realizado por Licodiedoff (2012) e comparados com os de Carrasco e Zelada (2008) que obtiveram valor de 3,43. Moraes (2013) relata valores de pH variando de 3,74 a 4,29 para *Physalis* com e sem cobertura armazenados em diferentes condições.

2.2.3 Fatores Físicos

Perda de massa

A principal causa de perdas de massa dos vegetais é causada pela transpiração, que podem originar alterações morfológicas afetando a cor e a textura (KALT; PRANGE; LIDSTER, 1993). A transpiração é o mecanismo pelo qual a água é perdida devido à diferença de pressão de vapor de água entre a atmosfera circundante e a superfície do fruto (BHOWMIK; PAN, 1992).

A perda de massa pode ser diminuída, reduzindo-se a taxa de transpiração, melhorando-a com o aumento da umidade relativa do ar, diminuição da temperatura, redução do movimento do ar e uso de embalagens protetoras, como por exemplo, o uso de coberturas comestíveis (BARROS; GOES; MINAMI, 1994; VICENTINI et al., 1999).

Quando a perda de massa é excessiva pode resultar em perdas na qualidade do produto fazendo com que ocorra rejeição

pelo consumidor, por isso ela é um parâmetro muito importante a ser avaliado (BARBOSA, 2007).

Textura

A textura é um atributo importante de qualidade de produtos vegetais exercendo influência nos hábitos alimentares e na preferência dos consumidores (MORI, 1989). Ela pode ser percebida através do tato e esta relacionada com a deformação, desintegração e fluxo dos alimentos submetidos a uma determinada força.

A perda da firmeza é uma característica que tem grande importância comercial e que determina a qualidade de frutos e sua vida pós-colheita. A textura é conferida em função das substâncias pécticas presentes nos tecidos vegetais como ácidos pécticos, pectina e protopectinas. No processo de perda de textura ocorrem diversas alterações da parede celular, com o aumento da ação de enzimas como a celulase, a xilosidase, galactosidase e outras (AZEVEDO, 2007).

A aplicação de coberturas comestíveis como método de conservação de frutos, pode auxiliar na manutenção da textura durante o seu armazenamento. Ali et al. (2010) verificou manutenção da textura de tomates recobertos com cobertura à base de polissacarídeo durante 20 dias a temperatura de 20°C. Moraes (2013) relata em estudo que a força de perfuração das frutas do *Physalis* com cobertura apresentou pouca alteração com o tempo de armazenamento e as amostras controle apresentaram maior redução da força de perfuração após os 15 dias a 5°C e 20 dias a 5°C, diferindo significativamente ($p \leq 0,05$) da amostra com cobertura para o mesmo período. Arango et al. (2010) explica que a diminuição da força de perfuração em frutos do *Physalis* está associada à perda da firmeza das estruturas celulares causadas pelas atividades de enzimas pectinases.

Cor

Características físicas e químicas dos frutos são de grande importância para a sua comercialização e manuseio. A aparência externa dos frutos, tais como tamanho, consistência, espessura, forma e coloração da casca são fatores importantes para a aceitabilidade pelos consumidores (COSTA; LUZ;

BRUNO, 2004). A cor é um dos principais critérios avaliados pelos consumidores e sua mudança ocorre de acordo com a maturação dos frutos, sendo a mudança mais comum o desaparecimento da cor verde para cores variando do amarelo ao vermelho (AWAD, 1993).

Alterações na cor da epiderme dos frutos e do cálice estão envolvidas com a degradação da clorofila e com a síntese de outros pigmentos, como os carotenoides. A determinação da cor de frutos pode ser realizada utilizando-se um colorímetro (Hunterlab, Miniscan EZ, USA) operando no sistema CIELab (L^* , a^* , b^*) (LIMA et al, 2009b; LIMA et al., 2013). O sistema CIELab, a coordenada " L^* " expressa o grau de luminosidade, da cor medida ($L^* = 0$ (preto) a 100 (branco)); os valores de " a^* " expressam o grau de variação entre o vermelho e o verde (a^* positivo = vermelho, a^* negativo = verde); e a coordenada " b^* " o grau de variação entre a cor azul e o amarelo (b^* positivo = amarelo, b^* negativo = azul) (KONICA MINOLTA, 1998).

Segundo as Normas Técnicas Colombianas (ICONTEC, 1999), as *Physalis* podem ser caracterizadas quanto ao grau de maturação de acordo com a coloração externa da epiderme da fruta através de medida visual. Coloração 0 - fruto fisiologicamente desenvolvido de cor verde escuro; cor 1 - fruto verde um pouco mais claro; cor 2 - a cor verde se mantém envolta do cálice e no centro do fruto aparecem tonalidades alaranjadas; cor 3 - fruto de cor alaranjada claro com regiões verdes na zona do cálice; cor 4 - fruto de cor alaranjada clara; cor 5 - fruto de cor alaranjada; cor 6 - fruto de cor alaranjada intensa. Licodiedoff, Koslowski e Hibani (2013) estudaram flavonoides e atividade antioxidante do *Physalis peruviana L.* em dois estádios de maturação e estabelece duas colorações para o fruto: verde-amarelo (início da maturação) e laranja (final da maturação).

2.3 MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO DE FRUTAS E HORTALIÇAS

2.3.1 Refrigeração

Antes de ser realizado o armazenamento de frutos é ideal que estes passem pelo processo de pré-resfriamento, que

consiste em uma rápida eliminação do calor do fruto após a etapa de colheita. Esse processo objetiva a redução da taxa de respiração e transpiração do fruto e deve ser realizada num tempo mínimo de 4 horas após a colheita (COUTINHO; CANTILLANO, 2004). Russo (2012) explica que o frio é utilizado para desacelerar as reações químicas e enzimáticas, além de retardar, ou até mesmo inibir, o crescimento microbiano. Sendo assim, preferencialmente deve-se submeter os frutos ao frio logo após a colheita, favorecendo o aumento da sua vida de prateleira.

A temperatura é o fator mais importante para a conservação de frutos e hortaliças, pois mantém seus metabolismos em níveis baixos, reduz a perda de água e retarda suas senescências e amadurecimentos. Para cada aumento de 10 °C na temperatura, a velocidade das reações biológicas e químicas em geral podem duplicar ou até triplicar (KADER, 2002; CARNELOSSI et al., 2005; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em se tratando de um fruto com grande apelo nutracêutico e de alto valor agregado como é o caso do *Physalis* é de grande relevância a busca em prolongar a sua conservação pós-colheita com o mínimo de alterações, em relação ao seu valor nutritivo, sabor e aspectos gerais (LIMA et al., 2009b).

Lima et al. (2009b) avaliaram o armazenamento do *Physalis* sob temperaturas ambiente e refrigerada (20 °C e 4 °C) e concluíram que as modificações que ocorrem em parâmetros considerados importantes para a qualidade do *Physalis*, como pH, AT, SS/AT, firmeza e cor, durante o período de armazenamento de frutos, podem ser minimizados com o uso da refrigeração (4 °C).

Alvarado et al. (2004) avaliaram a qualidade do *Physalis peruviana* L. com e sem cálice após o transporte e após o armazenamento a 1,5 °C em diferentes umidades relativas (68 % e 88 %) e verificaram que os frutos do *Physalis* apresentaram comportamento climatérico com relação ao seu padrão respiratório, sendo o pico mais rápido para os frutos sem cálice e em maior tempo para os frutos com cálice.

Velásquez et al. (2007) estudaram a resistência mecânica de frutos do *Physalis* em três graus de maturação (verde, médio e maduro) armazenadas a 21 °C e na umidade relativa de 65 %. Os resultados mostraram que a firmeza e a resistência mecânica dos frutos diminuíram com o passar do tempo de

armazenamento, sendo que os frutos maduros foram mais suscetíveis que os frutos verdes.

2.3.2 Cobertura comestível

A exigência dos consumidores por produtos com qualidade e vida útil prolongada cresce cada vez mais no setor alimentício e, com isso, cresce também a preocupação com o meio ambiente. Tais demandas têm provocado maior interesse em filmes e materiais comestíveis e biodegradáveis, que potencialmente são utilizados para prolongar a vida útil de produtos e reduzir resíduos de embalagens não biodegradáveis (AKHTAR et al., 2012; AL-HASSAN; NORZIAH, 2012).

As películas comestíveis possuem duas classificações, os filmes que são pré-formados separadamente do produto e as coberturas comestíveis que são formadas sobre a superfície do alimento, podendo ser efetuada por imersão ou aspersão. As vantagens de se produzir essas películas são as várias fontes de materiais biológicos, como as proteínas, os polissacarídeos e lipídeos (VALENCIA-CHAMORRO et al., 2010), sendo estes de baixo custo de aquisição e produção (LEMONS, 2006), como também proporcionar uma melhor aparência de produtos e prolongar o tempo de prateleira (OLIVEIRA; NUNES, 2011).

Para uma boa aplicação do revestimento comestível e para assegurar a estabilidade, qualidade nutricional e sensorial de frutos e vegetais é importante o conhecimento do material biológico utilizado, bem como as características fisiológicas e de metabolismo do vegetal (CHITARRA; CHITARRA, 2005; ROJAS-GRAÜ, 2006). As coberturas comestíveis possuem papel importante como, por exemplo, controlar a respiração dos vegetais, reduzindo os níveis de oxigênio e aumentando os de gás carbônico, atuar como barreira à perda de água, prevenir contaminações químicas e microbiológicas, possibilitar uma maior retenção de aroma, ácidos, açúcares, textura e cor, aumentar a estabilidade durante o transporte e armazenamento (HOJO et al., 2011; JIANG; LI, 2001).

Proteínas

A proteína de origem animal é obtida da hidrólise parcial ácida ou básica do colágeno presente em peles, ossos, tendões e tecidos conectivos. Apresenta boas propriedades de formação de géis termo-reversíveis após ser aquecida, solubilizada e resfriada. O mecanismo de formação de géis envolve ligações iônicas entre grupos amino e carboxila dos aminoácidos, com pontes de hidrogênio (BELITZ; GROSCH; SCHIEBERLE, 2009; CARVALHO, 1997). A gelatina apresenta, também, características boas para a formação de filmes flexíveis, por ser um hidrocoloide extremamente versátil, livre de odor e sabor (FERREIRA, 2012).

As coberturas à base de gelatina são de fácil manuseio, totalmente digeríveis, visualmente transparentes e quando comparadas aos polissacarídeos, elas são superiores em relação às propriedades mecânicas e de barreira aos gases (GUERRERO et al., 2011; FAKHOURI, 2009). Mas, possui um fator limitante que é sua baixa barreira à permeabilidade ao vapor de água, por causa de suas propriedades hidrofílicas, minimizado pela adição de lipídeos e, com isso, aumentando a barreira à umidade (ANDREUCETTI et al., 2011).

D'Avila (2010) aplicou recobrimento em mirtilo à base de gelatina, com adição de ácidos graxos e surfactantes. Os resultados mostraram que os frutos apresentavam condições de consumo *in natura* até 15 dias em armazenamento, nas condições experimentais estudadas. Quanto à diminuição da hidrofobicidade dos mesmos, foi observado que a incorporação de ácido esteárico apresentou um coeficiente de permeabilidade ao vapor de água menor do que filmes com gelatina e surfactantes.

Nur Hanani e colaboradores (2012) investigaram propriedades de filmes de gelatina derivados de fontes bovinas, suínas e de peixe em diferentes concentrações. Na investigação, ficaram evidentes que os filmes com alta concentração de gelatina apresentaram boas propriedades mecânicas, de barreira ao oxigênio e ao óleo. Já os filmes derivados de gelatina de peixe apresentaram os menores valores para permeabilidade ao vapor de água.

Rivero, García e Pinotti (2010) desenvolveram filmes de gelatina utilizando glicerol como plastificante e avaliaram suas

propriedades mecânicas e de barreira. Os resultados obtidos por eles mostraram que foi possível estabelecer relações entre as propriedades físicas e o conteúdo de glicerol usado na formulação dos filmes, permitindo uma melhor gestão das formulações e seleção adequada da concentração de plastificante de acordo com necessidades específicas.

Fakhouri et al. (2007) avaliaram o desempenho de coberturas comestíveis à base de gelatina e amidos nativos na conservação e aceitação sensorial de uvas *Crimson* armazenadas por 22 dias. Os filmes de gelatina foram elaborados com adição de diferentes amidos nativos, separadamente, como de trigo, sorgo, batata e arroz. Os resultados mostraram que os filmes de gelatina adicionados de amido de sorgo e arroz foram os mais eficientes na extensão da vida útil das uvas (aumento de 10 dias). Em relação aos atributos sensoriais, as uvas cobertas obtiveram aceitação igual ou maior que o controle quanto à aparência global, brilho, cor e intenção de compra.

Cápsulas de gelatina

As cápsulas de gelatina são métodos de dosagens farmacêuticas que possibilitam a administração oral de substâncias medicinais. Estas substâncias são acondicionadas em invólucros a base de gelatina, com a finalidade de mascarar o odor e o sabor da fórmula farmacêutica e promover a liberação rápida de seu princípio ativo. As cápsulas de gelatina são, em geral, produzidas de duas formas: cápsulas duras e cápsulas moles. Esses invólucros são constituídos, principalmente, por gelatina e água, podendo conter outras substâncias como, por exemplo, glicerina, sorbitol, surfactantes, conservantes, edulcorantes, corantes autorizados e aromatizantes (COSTA et al., 2009).

2.3.3 Caracterização das Coberturas Comestíveis

Espessura

A espessura é um parâmetro importante a ser determinado, pois com ela é possível avaliar as propriedades

mecânicas e de barreira ao vapor de água e aos gases dos filmes. A espessura é definida pela distância perpendicular entre duas superfícies principais de um material, sendo muito utilizada e de grande importância na área de embalagens plásticas (SARANTÓPOULOS et al., 2002).

Transparência

A transparência é uma propriedade física importante para caracterização de películas de embalagens, principalmente se esse for utilizado para revestir um alimento ou para servir de embalagem (GONTARD; GUILBERT; CUQ, 1992; KANMANI; RHIM, 2014). A transparência está associada com a matéria-prima utilizada na formulação dos filmes e pode variar em função do teor de amilose dos amidos e da concentração de lipídeos (FAKHOURI et al., 2007).

De acordo com Villalobos et al. (2005), na dispersão, a fase não miscível promove opacidade por função dos índices de refração diferentes das fases, da concentração e tamanho de partícula da fase dispersa. Li et al. (2006) comenta que a transparência é um critério auxiliar para avaliar a miscibilidade de dois ou mais componentes que estão misturados na blenda polimérica.

Filmes de gelatina tendem a ser mais transparentes que os de amido. Em estudos realizados por Fakhouri et al. (2012), a adição de gelatina em maiores proporções ao amido nativo e ao amido modificado acetilado de mandioca aumentou a transparência dos filmes em mais de 50%. Os autores explicam que a estrutura química da gelatina não permite que ela se cristalize, o que permite uma maior passagem de luz.

Permeabilidade ao Vapor de Água

A permeabilidade é definida como uma propriedade do filme e do permeado (gás, vapor de água, óleo). É influenciada pela temperatura, espessura, umidade relativa e diferença de pressão parcial (D'AVIAL, 2010). Sendo a função principal de uma embalagem de alimentos evitar ou pelo menos diminuir a transferência de umidade entre o alimento e a atmosfera circundante, os valores de permeabilidade devem ser os mais baixos possíveis (HOSSEINI et al., 2013).

Quando a atividade de água do produto é mais elevada que a umidade relativa do ambiente em que se encontra, ocorre a migração de água do alimento para o ambiente, acontecendo mudanças das características sensoriais e físicas (aparência, textura). Caso essa migração seja contrária, troca de umidade do meio ambiente para o alimento, pode se criar condições favoráveis para o desenvolvimento de microrganismos e também alterações físicas (LABUZA, 1980).

Müller e colaboradores (2008) reportam que a permeabilidade ao vapor de água é influenciada muitas vezes pelas características intrínsecas do material polimérico, pelo teor do plastificante e pelas condições de temperatura e umidade relativa do ambiente ao qual o filme é exposto.

Permeabilidade ao O₂ e ao CO₂

A permeabilidade pode ser influenciada por fatores como a pressão, temperatura, massa molar, concentração, tamanho, natureza da molécula de permeação, grau de reticulação e cristalinidade do material (HABERT; BORGES; NOBREGA, 2006). Com valores obtidos de permeabilidade aos gases é possível entender o mecanismo de transferência de massa e a interação polimérica de filmes (BERTUZZI; ARMADA; GOTTIFREDI, 2007).

Da Silva (2009) explica que a permeação de gás em filmes é avaliada pelo transporte que ocorre com consequência do gradiente de potencial químico, pelo qual os componentes são transferidos em direção ao estado de baixo potencial.

A permeabilidade ao oxigênio e ao dióxido de carbono é importante para a respiração em tecidos vivos, como frutas e vegetais *in natura*. Com isso, as coberturas comestíveis com permeabilidade moderada a esses gases são mais apropriadas. Se uma cobertura comestível com a permeabilidade apropriada é escolhida, uma troca respiratória controlada pode ser estabelecida e a preservação de frutas e vegetais pode ser prolongada (AYRANCI; TUNC, 2003).

Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas dos filmes comestíveis dependem da natureza do material utilizado e sua estrutura de

coesão, a qual se relaciona com a aptidão do polímero em formar numerosas ou fortes ligações em nível molecular entre duas cadeias poliméricas dificultando, assim, sua separação quando submetida a forças mecânicas (GONTARD; GUILBERT; CUQ, 1992).

D'Avila (2010) comenta que as propriedades mecânicas de maior interesse em filmes são as relacionadas com a resistência à tração, ou seja, a força necessária para deformar ou estirar o filme e a deformação alcançada pelo mesmo até a ruptura. Estas propriedades dependem das condições ambientais, como temperatura e umidade relativa do ar. Mas também podem ser influenciadas pela temperatura de transição vítrea do polímero. Essas propriedades incluem a tensão máxima de ruptura, alongação máxima e o módulo de Young, o qual representa a constante de proporcionalidade entre a tensão e a deformação de um corpo (WOLF, 2007; VAN DE VELDE; KIEKENS, 2002).

Vanin et al. (2005) explicam que geralmente o aumento da concentração de plastificante resulta em filmes com menor resistência à tensão e maior alongação.

Calorimetria Exploratória Diferencial

A calorimetria exploratória diferencial (DSC) é uma técnica que mede temperatura e taxa de calor associados a transições em materiais como uma função do tempo e da temperatura em uma atmosfera controlada. As transições de primeira ordem apresentam variação de entalpia (endotérmica ou exotérmica) e dão origem à formação de picos. As transições de segunda ordem caracterizam-se pela variação de capacidade calorífica, porém sem variações de entalpia, apresentando um deslocamento na linha de base sem gerar picos. A técnica de DSC possibilita a medida de parâmetros como a temperatura de transição vítrea (mudança de linha base), calor específico (mudança de linha base), temperatura de fusão (endotérmico), temperatura de cristalização (exotérmico), oxidação (exotérmico), pureza (endotérmico), cinética de reação (endotérmico e exotérmico) e estabilidade térmica (endotérmico e exotérmico) (SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002).

A temperatura de transição vítrea (T_g) é o valor máximo da faixa de temperatura que permite que as cadeias da fase amorfa adquiram mobilidade, durante o aquecimento de um material

polimérico. Abaixo da temperatura de transição vítrea, o polímero não possui energia interna suficiente para permitir o deslocamento de uma cadeia em relação à outra por mudanças conformacionais, apresentando estado vítreo (duro, rígido e quebradiço) (SILVA, 2011). A temperatura de transição vítrea pode ser relacionada com as propriedades mecânica e de barreira dos filmes, devido a sua influência sobre a mobilidade das moléculas, sua determinação ajuda a escolher melhores condições de armazenamento. No estado vítreo, a passagem do material permeante é restrita por causa da rigidez do sistema e a menor distância efetiva entre as moléculas, já no estado de mobilidade, o aumento do volume livre e a maior mobilidade dos polímeros facilitam a passagem do material permeante (VICENTINI, 2003).

Microscopia Eletrônica de Varredura

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é uma ferramenta que permite a visualização da superfície e da seção transversal dos filmes, possibilitando a obtenção de possíveis imperfeições estruturais das amostras, como de homogeneidade, interação dos compostos nos filmes e/ou a presença de rupturas e falhas (D'AVIAL, 2010).

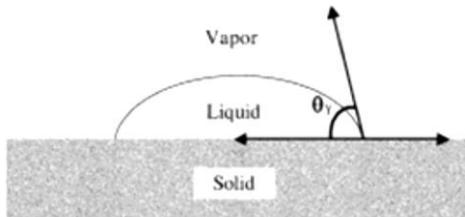
D'Avila (2010) avaliou micrografias de filmes à base de gelatina com diferentes concentrações de ácido esteárico. As micrografias apresentaram partículas lipídicas cristalizadas na superfície, sendo estas mais evidenciadas nos filmes com uma maior concentração deste ácido, como o filme GA8T20 (gelatina + glicerol + 8 % ácido esteárico + 1% Tween 20) e GA10T20 (gelatina + glicerol + 10 % ácido esteárico + 1% Tween 20). Estas estruturas, presentes em maior ou menor quantidade, se relacionam com os dados obtidos de menor coeficiente de permeabilidade ao vapor d'água e menor transparência dos filmes de emulsão de ácido esteárico em relação aqueles sem a presença do lipídio. Já a micrografia do filme GA6T20 (gelatina + glicerol + 6,6 % ácido esteárico + 1% Tween 20) apresentou - se lisa, homogênea sem a presença de cristais de ácido esteárico na superfície. Os filmes GBT80 (gelatina + glicerol + 1 % benzoato de sódio + 1% Tween 80) apresentaram uma matriz coesa, íntegra, com estrias na criofratura. Também os filmes GA3T20 (gelatina + glicerol + 3 % ácido esteárico + 1% Tween

20) e GA5T20 (gelatina + glicerol + 5 % ácido esteárico + 1% Tween 20) em suas micrografias apresentaram superfície lisa e fratura com presença de estrias.

Ângulo de Contato e Energia Livre Superficial

Estudos com energia livre superficial foram iniciados por Thomas Young, em 1805, que propôs o equilíbrio de forças entre três fases (sólido, líquido e vapor) exemplificadas por uma gota líquida sobre uma superfície sólida, em um ambiente de vapor (KWOK; NEUMANN, 1999). O ângulo é específico para cada sistema e depende das interações entre as três interfaces vapor-líquido, vapor-sólido, sólido-líquido. Esse conceito pode ser ilustrado por uma pequena gota de líquido repousado sobre uma superfície plana, de acordo com a Figura 3:

Figura 2: Equilíbrio de forças de fases (sólido/líquido/vapor).



Fonte: KWOK; NEUMANN (1999).

Com base em conceitos termodinâmicos e equilíbrio de forças que envolvem essas três fases, Young propôs uma equação (Equação 2.7) que prevê valores de energia livre superficial em função do ângulo de contato que o líquido faz sobre a superfície sólida (KWOK; NEUMANN, 1999).

$$\gamma_L \cos\theta = \gamma_S - \gamma_{SL} \quad (2.7)$$

Sendo: γ a energia livre superficial (L: líquido S: superfície), θ : ângulo de contato formado entre líquido e a superfície sólida.

Berthelot, em 1898 propôs que a energia interfacial entre duas superfícies é expressa em termos de média geométrica (Equação 2.8) (ROTTA, 2008).

$$\gamma_{ij} = \gamma_i + \gamma_j - 2\sqrt{\gamma_i \gamma_j} \quad (2.8)$$

Em 1962 segundo Fowkes os materiais possuem parcela de energia livre superficial oriunda de interações dispersivas (d) e uma outra parcela de interações não dispersivas (h). A componente dispersiva se refere a Forças de London e a não dispersiva, a Forças de Debye e Keesom. Definindo a energia livre superficial total (γ^T) sendo a soma dessas componentes (Equação 2.9). Fowkes também afirma que a interação entre dois materiais devia-se somente a forças dispersivas, sendo mensurada a partir da média geométrica (Equação 2.10). Este modelo só é válido para superfícies apolares, como, por exemplo, os hidrocarbonetos (SHARMA, 2001).

$$\gamma_i^T = \gamma_i^d + \gamma_i^h \quad (2.9)$$

$$\gamma_{ij} = \gamma_i + \gamma_j - 2\left(\sqrt{\gamma_i^d \gamma_j^d} + \sqrt{\gamma_i^p \gamma_j^p}\right) \quad (2.10)$$

Sendo: γ^T a energia livre superficial total; γ^d , a energia livre superficial dispersiva apolar; γ^h , a energia livre superficial não dispersiva polar.

Em 1969 a relação de Fowkes foi estendida por Owens e Wendt adicionando ligações de hidrogênio na componente não dispersiva, renomeando para componente polar (p) (Equação 2.11). Os autores Owens e Wendt assumiram que a interação entre dois materiais é função das componentes polares e somente por forças de mesma natureza. O modelo desses autores é considerado universal e está apresentado pela equação 2.12 (OWENS; WENDT, 1969; SHARMA, 2001).

$$\gamma_i^T = \gamma_i^d + \gamma_i^p \quad (2.11)$$

$$\gamma_{ij} = \gamma_i + \gamma_j - 2 \left(\sqrt{\gamma_i^d \gamma_j^d} + \sqrt{\gamma_i^p \gamma_j^p} \right) \quad (2.12)$$

Sendo: γ^p a energia livre superficial não dispersiva polar.

Trabalho de adesão

O trabalho de adesão pode ser definido como a atração de um material pelo outro (ROTTA, 2008). Isso significa que quanto maior o trabalho de adesão (W) mais estável será o sistema, ou seja, quanto maior o W , maior a dificuldade de “romper” a adesão entre as superfícies. Para o modelo de Owens e Wendt (1969) o trabalho de adesão (W) entre um líquido e um sólido pode ser descrito através da Equação 2.13

$$W_{SL} = 2 \left(\sqrt{\gamma_S^d \gamma_L^d} + \sqrt{\gamma_S^p \gamma_L^p} \right) \quad (2.13)$$

Molhabilidade

Molhabilidade é definida como a manifestação macroscópica da interação molecular entre sólidos e líquidos em contato direto na interface entre eles. Para entender melhor a molhabilidade é preciso o reconhecimento existente entre as forças coesivas do líquido e as forças adesivas entre o sólido e o líquido. As forças coesivas do líquido tendem a formar uma gota esférica, já as forças adesivas entre o sólido e o líquido tendem a espalhar o líquido sobre o sólido (BERG, 1993).

O espalhamento (S) é um parâmetro bastante utilizado na molhabilidade o qual mensura a diferença entre o trabalho de adesão entre o líquido e o sólido e a energia de coesão do líquido (Equação 2.14). Quando o espalhamento (S) for positivo, o trabalho de adesão supera o trabalho de coesão e o líquido se espalha completamente sobre o sólido, ou seja, um molhamento total. Quando o espalhamento (S) for negativo, a condição é de espalhamento parcial.

$$S = \gamma_{L/A} (\cos\theta - 1) \quad (2.14)$$

Uma forma de visualizar a molhabilidade está na interação da água com superfícies sólidas. Neste caso, tem-se o conceito de hidrofobicidade e hidrofiliabilidade. A água possui caráter polar, quando ela apresenta com outra superfície um ângulo de contato menor que 90° , esta superfície é considerada hidrofílica, ou seja, possui uma boa interação com a água. Mas se este ângulo de contato for maior que 90° , o material é considerado hidrofóbico, ou seja, tem baixa afinidade pela água (BERG, 1993).

Moraes (2013) avaliou a superfície do *Physalis* através do ângulo de contato com três líquidos padrões e os resultados apresentaram uma superfície do fruto hidrofóbica. No mesmo estudo o autor determinou o ângulo de contato, molhabilidade e adesão da cobertura comestível à base de HPMC/lipídeos aplicada ao fruto, a qual apresentou característica hidrofílica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATÉRIA-PRIMA

Os *Physalis* foram adquiridos na Fazenda Coxilha Rica, localizada no município de Lages, Santa Catarina. Após a colheita, os frutos foram acondicionados em ambiente refrigerado até o transporte para o laboratório. As amostras foram armazenadas a 7 °C, por 24 horas até a realização das análises.

O resíduo de gelatina utilizado para a preparação da solução filmogênica foi doado pelo Laboratório Químico Farmacêutico Tiaraju, localizado em Santo Ângelo, Rio Grande do Sul.

3.2 METODOLOGIA

Os cálices dos frutos foram removidos, os *Physalis* selecionados por grau de maturação amarelo-esverdeado (início da maturação) (LICODIEDOFF, KOSLOWSKI; HIBANI, 2013), tamanho e integridade física. Foram higienizadas e o excesso de água retirado por centrifugação manual.

3.2.1 Sanitização dos *Physalis*

Os frutos foram separados em dois lotes para lavagem em água destilada (controle) e sanitização em água ozonizada, separadamente.

Tratamento controle: 200 g de *Physalis* foram imersos em 400 mL de água destilada por 15 minutos.

Tratamento com ozônio: 200 g de *Physalis* foram imersos em 400 mL de água ozonizada (0,5 µg.mL⁻¹) (Ozone & Life, O&L 1.5M, Brasil) por 1 minuto, que foi o tempo de imersão necessário para inibição de crescimento microbiano em estudos realizados com a fruta (MORAES, 2013).

Figura 3: Equipamento gerador de ozônio.



Fonte: (<http://www.geradoresdeozonio.com.br/produtos.htm>).

Após a sanitização, as frutas dos diferentes tratamentos foram centrifugadas em centrífuga manual, durante 1 minuto para retirada do excesso de água. Os frutos foram acondicionados em embalagens rígidas e armazenados em diferentes condições, que serão descritas adiante.

3.2.2 Formulações das coberturas comestíveis

Foram preparados dois tipos de coberturas comestíveis pelo método de *casting* que consiste no preparo da solução coloidal, composta de água, resíduo de gelatina e aditivos, aplicação em um suporte, seguida de secagem. As formulações foram elaboradas a partir de resíduos de cápsulas à base de gelatina. Para o preparo das soluções buscou-se adaptar a metodologia adotada por Fakhouri et al. (2007).

Tabela 2: Composição química do resíduo à base de gelatina.

Resíduo (Base Úmida)	Conteúdo (%)
Proteína*	48
Umidade*	29,04
Glicerina*	21,8
Lipídios [#]	0,62

*Fonte: Laboratório Químico Farmacêutico Tiaraju.

[#]Fonte: AOAC, (2002).

Formulação 1: 20 g do resíduo (9,6 % gelatina, 4,36 % glicerina e 0,12 % de óleo de coco e cártamo) e 0,5 % de ácido oleico foram aquecidos em banho-maria a 75 °C e mantidos sob agitação constante de 200 rpm durante 10 minutos em agitador mecânico (IKA, RW 20 Digital, China).

Formulação 2: o preparo dessa solução filmogênica seguiu o mesmo método da formulação 1, porém o ácido oleico foi adicionado na proporção de 1%.

3.2.3 Avaliação das soluções filmogênicas

A viscosidade das soluções foi avaliada com viscosímetro (ViscoTester, Thermo Haake, EUA) utilizando-se *spindle* L1. A tensão superficial das soluções filmogênicas foi avaliada em tensiômetro (Sigma 700, KSV, Finlândia) utilizando anel de platina (método *Du Nouy*). As avaliações para os dois testes foram realizadas a 25 °C.

3.2.4 Caracterização das coberturas comestíveis

Os filmes foram formados de acordo com a metodologia descrita por Maniglia et al. (2014). As soluções filmogênicas foram vertidas em placas de vidro de 9,6 cm de diâmetro. A massa de 0,15 g/cm² de solução foi controlada em balança analítica (Shimadzu, AY 220, Brasil) e o filme foi seco por 24 h em câmara com temperatura controlada a 25 °C (DIST, Brasil).

Antes da caracterização, os filmes de gelatina foram pré-condicionados por aproximadamente 48 h em dessecadores contendo solução saturada de NaBr a 25 °C. Nestas condições a atmosfera do dessecador apresentava 58 % de umidade relativa (CAO; YANG; FU, 2009).

Espessura

A espessura dos filmes foi determinada utilizando-se micrômetro digital (Mitutoyo, MDC-25P, Japão) com precisão de 0,001 mm, tomando-se a média aritmética de 8 medidas aleatórias da superfície de cada corpo de prova.

Umidade

Os teores de umidade dos filmes foram determinados de acordo com o método gravimétrico da AOAC (2002) pesando-se 5 gramas da amostra em cadinhos de porcelana, que foram colocados em estufa com circulação de ar (TECNAL, TE-394/2, Brasil) na temperatura de 105 °C até massa constante.

Transparência

Para a determinação da transparência dos filmes foi utilizado um espectrofotômetro (BEL, SP-1105, Brasil). Os filmes foram cortados em retângulos de 4 cm x 1,5 cm e introduzidos em uma cubeta de quartzo. Uma cubeta vazia foi utilizada como controle. A transparência foi medida pela transmitância (%) a 500 nm (TANG et al., 2005).

Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade dos filmes foi determinada a 25 °C de acordo com método ASTM E 96/E 96 M-5 descrito por Fadini et al. (2013) utilizando a Equação 3.1. As cápsulas de difusão foram preenchidas com cloreto de cálcio anidro, cobertas com o filme, seladas e colocadas em câmara a 75 % de umidade relativa. Foi determinado o ganho de massa em cada célula de difusão por pesagens sucessivas em balança analítica (Shimadzu, AY 220, Brasil) com intervalos de 1 h em 1 h até 12 h e após 24 h.

$$K^w = \frac{W \times L}{A \times p_s (a_{w1} - a_{w2})} \quad (3.1)$$

Sendo: W a taxa de ganho de massa (água) pela célula de difusão (g/s), L a espessura (m), A a área (m²), p_s a pressão de saturação do vapor de água (Pa) e a_{w1}, a_{w2}, são as atividades de água nas condições externa e interna da célula, respectivamente.

Permeabilidade ao O₂ e ao CO₂

A permeabilidade ao O₂ e ao CO₂ dos filmes foi determinada a 23 °C em um equipamento montado no

Laboratório de Propriedades Físicas em um estudo realizado por Tosati (2013). A permeabilidade aos gases é controlada por termopares tipo “J” e 0 % de umidade relativa seguindo a norma ASTM D1434. O filme foi selado entre duas câmaras com diferentes pressões. Em um dos compartimentos foi retirado o gás por uma bomba de vácuo (TECNAL, TE-058, Brasil) e no outro compartimento mantinha-se um fluxo de gás de permeação a uma pressão constante acima de 1 bar, para evitar a entrada do gás atmosférico. A permeação do gás no lado de baixa pressão era indicada com o aumento da pressão, a qual foi determinada através de um transdutor de pressão digital (Velki), com precisão de 0,01% e faixa de medida de 0 a 6 bar. Com os dados obtidos da variação da pressão com o tempo, foi calculada a permeabilidade dos filmes por um programa de ajuste desenvolvido em Matlab (R2012a). Cada análise teve duração de 72 h (TOSATI, 2013).

Propriedades mecânicas

Os parâmetros tensão de ruptura (MPa) e deformação (%) dos filmes foram determinadas utilizando texturômetro TA.HDplus (Texture Analyser, Stable Micro Systems, Reino Unido) de acordo com método ASTM D882-95a. Foram realizadas 8 repetições de cada amostra de filme, com dimensões de 9 cm de comprimento e 2,5 cm de largura. As espessuras dos filmes foram medidas antes de cada análise e tomadas em quatro pontos aleatórios com auxílio de um micrômetro digital (Mitutoyo, MDC-25P, Japão). As determinações foram realizadas na temperatura de 25 °C e no tempo de 3 minutos para que as condições da sala não interferissem nos resultados.

Calorimetria Exploratória Diferencial

Os termogramas dos filmes de gelatina foram realizados em um DSC (Differential Scanning Calorimetry) (PerkinElmer, Jade DSC, USA) previamente calibrado. As amostras foram colocadas em cadinhos de alumínio cerca de 6 mg de amostra, sob atmosfera de nitrogênio a uma vazão de 50 mL/min, com uma velocidade de aquecimento de 10 °C/min, no intervalo de temperatura de 0 °C a 180 °C. As mesmas amostras foram

analisadas em uma segunda varredura de 0 °C a 200 °C (10 °C/min) para fins de eliminação do histórico térmico das amostras. Foram obtidos os valores do calor de fusão e as temperaturas de fusão (MA et al., 2012).

Microscopia Eletrônica de Varredura

Para a análise foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura (JEOL, JSM-6390LV, Japão) com sensor de elétrons secundários retroespalhados. As micrografias foram realizadas avaliando as superfícies e a seção transversal das amostras dos filmes previamente fraturados por imersão em nitrogênio líquido, a fim de evitar distorção das estruturas da superfície da fratura. Pequenas amostras de filmes foram fixadas em um suporte cilíndrico metálico e recobertas por uma fina camada de ouro, utilizando equipamento metalizador (Baltec, SCD 0005, Japão) e um feixe de elétrons de 15 kV. As micrografias foram realizadas no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da UFSC.

Ângulo de Contato, Energia Livre Superficial e Molhabilidade

Os ângulos de contato foram obtidos em goniômetro (Dataphysics, OCA-20, Alemanha) no Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas do departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. Amostras de 1 cm x 2,5 cm dos filmes foram sobrepostas em uma superfície plana. Uma gota de 1 µL dos líquidos padrões (água deionizada, diiodometano, formamida) foi aplicada separadamente sobre a superfície dos filmes a serem caracterizados utilizando-se uma microseringa com graduação automática. O ângulo de contato foi medido a partir de imagem digitalizada da gota, pela média dos valores do ângulo esquerdo e direito, 30 segundos após a deposição da gota sobre o filme. A temperatura da sala de teste era de 23 °C (ROTTA, 2008).

A energia livre na superfície da *Physalis* foi determinada utilizando o mesmo método descrito para os filmes. Uma gota do líquido padrão foi aplicada sobre a superfície do fruto e o ângulo de contato entre a superfície e o líquido foi medido.

De acordo com o modelo de Owens e Wendt (1969) os componentes da energia livre superficial em relação ao ângulo de contato seguem a equação 3.2:

$$\gamma_L(1+\cos\theta) = 2(\sqrt{\gamma_S^d \gamma_L^d} + \sqrt{\gamma_S^p \gamma_L^p}) \quad (3.2)$$

Para o mesmo modelo de Owens e Wendt (1969), estão apresentados nas equações 3.3 e 3.4 os sistemas matemáticos empregados nos cálculos das componentes da energia livre superficial, utilizando os líquidos padrões A = água e D = diiodometano.

$$\gamma_A(1+\cos\theta) = 2(\sqrt{\gamma_S^d \gamma_A^d} + \sqrt{\gamma_S^p \gamma_A^p}) \quad (3.3)$$

$$\gamma_D(1+\cos\theta) = 2(\sqrt{\gamma_S^d \gamma_D^d} + \sqrt{\gamma_S^p \gamma_D^p}) \quad (3.4)$$

3.2.5 Aplicação das coberturas e armazenamento dos frutos

A cobertura foi aplicada por imersão dos *Physalis* na solução filmogênica por 4 segundos e em seguida foram mantidos em temperatura de 5°C para secagem rápida da película formada sobre a superfície dos frutos. Os frutos do tratamento controle foram imersos em água destilada e secos a temperatura ambiente até posterior armazenamento. Cada embalagem continha 15 frutos de *Physalis*.

Em estudos preliminares foram realizados testes de armazenamento dos *Physalis* em diferentes condições, e a partir desses as seguintes condições foram propostas:

Condição 1: amostras imersas em solução preparada à base de gelatina adicionada de ácido oleico na concentração de 0,5 % e amostras sem cobertura foram armazenadas em câmaras refrigeradas (DIST, Brasil) durante 25 dias a 5 °C e a 20 °C mantendo nos dois casos umidade relativa constante de 80±2 % monitorada por equipamento medidor de umidade (testo, 610, Alemanha).

Condição 2: amostras imersas em soluções preparadas à base de gelatina adicionada de ácido oleico nas concentrações de 0,5 % e 1% e amostras sem cobertura foram armazenadas em estufas refrigeradas (DIST, Brasil) durante 25 dias a 5 °C e 54±3 % de umidade relativa e 20 °C e 68±3 % de umidade relativa monitorada por um higrômetro (testo, 610, Alemanha).

Tabela 3: Condições de armazenamento das *Physalis* sem e com coberturas comestíveis.

Condições de armazenamento	Formulação Filmogênica (% ác. oleico)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
Condição 1	0,5	5	80
	0,5	20	80
Condição 2	0,5	5	54
	1		
	0,5	20	68
	1		

3.2.6 Caracterização dos *Physalis* com cobertura comestível

A caracterização dos *Physalis* sem e com cobertura foi realizada a cada cinco dias durante o período de armazenamento de 25 dias. As análises realizadas foram: perda de massa, cor, textura, pH, sólidos solúveis totais e açúcares. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Perda de massa

A perda de massa dos frutos foi determinada em balança analítica com precisão de 0,0001 g (Shimadzu, AY 220, Brasil). Lotes de 15 frutos por tratamento foram pesados do dia inicial ao longo de 25 dias de armazenamento, sendo pesados os mesmos lotes, devidamente identificados, ao final de cada período de estocagem (dia inicial, 5, 10, 15, 20, 25.). A perda de massa foi então calculada de acordo com a equação 3.7.

$$PM(\%) = \left(1 - \frac{M_n}{M_o} \right) \times 100 \quad (3.7)$$

Sendo: PM a perda de massa fresca (%), M_o a massa no tempo inicial do armazenamento; M_n a massa para os dias posteriores de análise (PEREIRA et al., 2005).

Cor

A determinação da cor dos frutos foi realizada utilizando-se um colorímetro (Hunterlab, Miniscan EZ, USA) operando no sistema CIELab (L^* , a^* , b^*), utilizando ângulo de observação de 10° e sistema de iluminação D65. A medida foi realizada na região lateral de seis frutos, buscando padronizar as amostras (LIMA et al, 2009b). O sistema CIELab, a coordenada " L^* " expressa o grau de luminosidade, da cor medida ($L^* = 0$ (preto) a 100 (branco)); os valores de " a^* " expressam o grau de variação entre o vermelho e o verde (a^* positivo = vermelho, a^* negativo = verde); e a coordenada " b^* " o grau de variação entre a cor azul e o amarelo (b^* positivo = amarelo, b^* negativo = azul) (KONICA MINOLTA, 1998).

Firmeza

A firmeza dos frutos do *Physalis* foi realizada seguindo método proposto por Sánchez-González et al. (2011), com algumas modificações, utilizando um texturômetro TA.HDplus (Texture Analyser, Stable Micro Systems, Reino Unido) com célula de carga de 50 kg. O teste de penetração foi realizado com um sonda de 2 mm de diâmetro, velocidade de teste de 3,3 mm/s, velocidade de pré-teste de 3 mm/s, velocidade de pós-teste de 5 mm/s e 5 mm de profundidade de penetração e tempo de 30 segundos de análise. No teste de compressão utilizou-se uma sonda cilíndrica em alumínio com 45 mm de diâmetro e velocidade do teste, pré-teste e pós-teste de 1 mm/s, 2 mm/s e 5 mm/s, respectivamente. A deformação do fruto nos testes foi de 24 %, sendo calculada a partir da equação 3.8.

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H_0} \times 100 \quad (3.8)$$

Sendo: ΔH a variação absoluta da dimensão do corpo devido à aplicação da força (mm); H_0 a dimensão inicial do corpo (mm).

pH

A determinação do pH foi realizada em pHmetro digital (testo, 205, Alemanha), conforme AOAC (2002) e os resultados obtidos da leitura direta do suco puro do *Physalis* em triplicata de análise para cada experimento.

Sólidos Solúveis Totais (SST)

Os sólidos solúveis totais foram determinados em refratômetro digital (ATAGO, PAL-BY/RI, Japão), capacidade de determinação de 0-93 % de °Brix, e foram utilizadas para a medida 3 gotas de suco puro do *Physalis*. Os resultados foram expressos em °Brix (AOAC 2002).

Açúcares

A determinação de açúcares dos frutos armazenados foi realizada por eletroforese capilar conforme Rizelio et al. (2012a). O sistema de eletroforese capilar (EC) utilizado foi o modelo 7100 (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA), equipado com detector de arranjo de diodos (DAD) e um dispositivo de controle de temperatura, a qual foi mantida a 25°C controlado por software de tratamento de dados (HP ChemStation®). O capilar foi condicionado por lavagem com 1 mol.L⁻¹ NaOH (10 min) seguido de lavagens de 10 minutos com água desionizada e solução eletrólito (15 min). Entre as corridas, o capilar foi recondicionado com a solução eletrólito (2 min). Posteriormente, o capilar foi lavado com NaOH a 1 mol.L⁻¹ (5 min) e água (10 min). As análises das soluções padrão e das amostras foram introduzidas na extremidade do capilar mais próximo ao detector e injetados hidrodinamicamente a 50 mbar durante 3 s (1 mbar = 100 Pa) com pressão negativa (RIZELIO et al., 2012a,b).

Anteriormente às análises, as amostras dos sucos puros dos frutos foram armazenadas em freezer a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Para cada condição experimental $2,5 \pm 0,001\text{g}$ de suco puro dos frutos do *Physalis* foram diluídos em balão volumétrico em 50 mL de água ultrapura (MilliQ Simplicity, Millipore). As soluções foram filtradas em filtros de membrana de $45\text{ }\mu\text{m}$ (Millipore, Bedford, USA) e dissolvidas na proporção de 1:10 (v/v) com água ultrapura e então dispostas para injeção diretamente no equipamento de eletroforese capilar sem nenhum outro tratamento. O eletrólito de corrida era composto de 20 mmol.L^{-1} de ácido sórbico, $0,2\text{ mmol.L}^{-1}$ de CTAB e 40 mmol.L^{-1} de NaOH, em pH 12,2. As alíquotas foram removidas com um capilar medindo 60 cm de comprimento total, 8,5 cm de comprimento efetivo e $50\text{ }\mu\text{m}$ de diâmetro interno. A injeção foi realizada pelo modo hidrodinâmico (-50 mbar , 3 s), e a voltagem aplicada foi de 25 kV. A temperatura foi mantida a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, e a detecção indireta foi realizada em 254 nm, usando como padrão o ácido sórbico. Os resultados foram expressos em % (m/m).

As análises foram realizadas no Laboratório de Química dos Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFSC.

Taxa de respiração

As taxas de respiração dos *Physalis* sem e com cobertura foram determinadas a partir da concentração do O_2 e CO_2 em um analisador de gás (PBI Dansensor, CheckMate II, Dinamarca) em sistema fechado, com circulação do ar no circuito, evitando a modificação da pressão e a alteração dos gases com o meio externo (BENÍTEZ et al., 2012). Amostras de $60\text{ g} \pm 1,5\text{ g}$ foram colocadas dentro de uma câmara acoplada ao sistema, contendo ar atmosférico. A temperatura da análise foi considerada a de melhor condição de armazenamento, a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, mantida por um banho termostático (TECNAL, TE-184, Brasil) e o tempo das análises foi o suficiente para se obter concentrações constantes dos gases dentro do sistema.

Os dados experimentais para a cinética de concentração dos gases foram ajustados ao modelo de Peleg (1988) (Equações 2.3 e 2.4) adaptado e pela primeira derivada foi determinada a taxa de respiração (TOSATI, 2013).

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O *software* Statistica 7.0 (Stafsoft Inc., EUA) foi utilizado para avaliar os resultados por meio de análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AVALIAÇÃO DAS SOLUÇÕES FILMOGÊNICAS

Foram testados diferentes materiais e formulações para coberturas comestíveis para o estudo com o fruto do *Physalis*. Devido ao fato de o fruto conter casca lisa e oleosa houve dificuldades em obter soluções filmogênicas que aderissem por completo na superfície do *Physalis*.

Os testes iniciais foram realizados com formulações à base de hidroxipropilmetil celulose (HPMC) seguindo metodologia de Fagundes et al. (2014), devido ao não espalhamento uniforme da cobertura na superfície do fruto, deixando pequenas aberturas, foram avaliadas coberturas de proteína isolada do soro do leite, coberturas de proteína de soja isolada conforme Kokoszka et al. (2010a,b). Entretanto, estes materiais também não apresentaram aderência e aparência que mantivessem as características próximas às naturais do fruto fresco.

Por fim, foi testada uma formulação de resíduo à base de proteína (gelatina), proveniente de um laboratório farmacêutico. A cobertura comestível à base de gelatina aderiu completamente ao fruto do *Physalis* apresentando aparência brilhosa e transparente. Porém a solução filmogênica gelatinizava imediatamente após a diminuição da temperatura, necessitando que o recobrimento dos frutos ocorresse em um curto período de tempo, imediatamente após o término da formulação.

Para avaliar a eficiência de uma cobertura quanto ao amadurecimento do *Physalis* o ideal é que a cobertura se adapte às características do fruto, tendo boas características de flexibilidade e viscosidade, evitando problemas durante aplicação (MORAES, 2013; D'AVILA, 2010). Para isso, foi avaliada a tensão superficial e a viscosidade das soluções filmogênicas à base de gelatina com diferentes concentrações de ácido oleico. A adição de diferentes concentrações de ácido oleico foi realizada com o intuito de melhorar suas propriedades mecânicas, de barreira e reológicas.

A solução filmogênica 1 (0,5 % ácido oleico) apresentou valor de tensão superficial de $31,01 \pm 0,52 \text{ mN.m}^{-1}$ e a formulação 2 (1 % ácido oleico) valor de $31,29 \pm 0,36 \text{ mN.m}^{-1}$. Sendo assim, a adição de ácido oleico em uma maior concentração não

apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre as duas formulações. Para que ocorra interação entre a cobertura comestível e a superfície do fruto as tensões superficiais das soluções filmogênicas devem ser menores que a energia livre superficial dos frutos (Wustneck; Kragel, 1998). A energia livre superficial das *Physalis* foi de $36,97 \pm 0,41 \text{ mN.m}^{-1}$. Desta forma, as soluções filmogênicas apresentaram valores baixos de tensão superficial, o que explica a boa adesão dessas coberturas nos frutos.

Nos estudos de Moraes (2013), usando HPMC como base para cobertura do *Physalis*, os autores obtiveram valor de tensão superficial de $31,99 \text{ mN.m}^{-1}$. Para coberturas à base de amido, carragena e quitosana, Ribeiro et al. (2007) obtiveram valores de tensão superficial de $50,71 \text{ mN.m}^{-1}$, $48,62 \text{ mN.m}^{-1}$ e $46,98 \text{ mN.m}^{-1}$, respectivamente. Altos valores de tensão, como os obtidos por Ribeiro e colaboradores podem explicar a não aderência das matrizes testadas no presente trabalho com *Physalis*.

Quanto à viscosidade, as soluções não apresentaram diferença significativa ($p \geq 0,05$) em relação à concentração de ácido oleico utilizado nas formulações. A formulação 1 apresentou valor de viscosidade de $24,6 \text{ mPa.s}$ e a formulação 2 apresentou valor de 24 mPa.s . As duas formulações apresentaram boa capacidade de recobrimento nos frutos, cobertura lisa, fina e transparente, com capacidade de agir como barreira física entre a *Physalis* e o meio externo. A temperatura utilizada para o preparo das soluções não modificou visualmente a aderência das coberturas ao fruto.

Carvalho e Grosso (2006) avaliaram o desempenho do tratamento térmico e enzimático nas propriedades de filmes de gelatina. Foram desenvolvidos filmes denominados nativos, modificados enzimaticamente e termicamente tratados. Com os resultados obtidos foi possível constatar que o efeito da temperatura de preparo não afetou as propriedades mecânicas e a solubilidade dos filmes. As viscosidades dos filmes tratados a $75 \text{ }^\circ\text{C}$ apresentaram valores médios de 19 cP ($1 \text{ cP} = 1 \text{ mPa.s}$) e na temperatura de $85 \text{ }^\circ\text{C}$ foram observados que os valores da viscosidade diminuiram.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS COBERTURAS COMESTÍVEIS

A Tabela 3 apresenta os valores da caracterização das coberturas comestíveis aplicadas nos frutos do *Physalis*. Para obter espessuras semelhantes entre as duas coberturas comestíveis, o método de formulação dos filmes seguiu padrões de controle de massa de 0,15 g/cm². Filmes com espessuras mais finas não desprendiam das placas e rasgavam.

Antes da caracterização, os filmes de gelatina foram pré-condicionados durante 48 h em dessecadores contendo solução saturada NaBr a 58 % de umidade relativa, 25 °C para uniformizar seu conteúdo de umidade, conforme AOAC (2002).

Tabela 4: Caracterização das coberturas: Espessura, Umidade, Transparência, PVA, PO₂, PCO₂.

Coberturas Comestíveis	Formulação 1*	Formulação 2*
Espessura (mm)	0,179 ± 0,01 ^a	0,187 ± 0,03 ^a
Umidade (%) [#]	14,68 ± 0,07 ^a	13,68 ± 0,43 ^b
Transparência (%)	94,66 ± 2,62 ^a	91,00 ± 2,16 ^a
PVA (g.m.m ⁻² .Pa ⁻¹ .s ⁻¹)x10 ⁻¹⁰	2,49 ± 0,37 ^a	2,42 ± 0,36 ^a
PO ₂ (mol.µm.m ⁻² .s ⁻¹ .Pa ⁻¹)x10 ⁻¹⁰	1,18 ± 0,15 ^a	1,34 ± 0,66 ^a
PCO ₂ (mol.µm.m ⁻² .s ⁻¹ .Pa ⁻¹)x10 ⁻¹⁰	3,63 ± 2,60 ^a	1,85 ± 1,22 ^a

[#]Para essa análise os filmes não foram armazenados a 58% de umidade relativa.

*Letras iguais nas linhas significam que as amostras não diferem significativamente (p≥0,05).

Os valores das espessuras dos filmes apresentados na Tabela 3 não apresentaram diferença significativa (p≥0,05) entre as formulações. Os filmes apresentaram homogeneidade em toda área formada, entretanto não foi possível produzir filmes da mesma espessura das coberturas aplicadas nas *Physalis* devido à baixa resistência mecânica em espessura menor que a adotada neste caso.

Gómez-Estaca et al. (2009) obtiveram filmes de espessura média de 0,109 mm ±0,018 mm para filmes de gelatina bovina e 0,098 mm ±0,015 mm para filmes de gelatina de pele de atum. Os autores explicam que a comparação das propriedades dos

filmes torna-se difícil devido às diferenças nas formulações para sua obtenção. Silva (2011) explica que o controle da espessura de filmes é importante para se promover a uniformidade desses materiais, obter informações sobre a resistência mecânica e as propriedades de barreira ao vapor de água através dos filmes.

O teor de umidade do filme de formulação 2 foi menor do que na formulação 1. Filmes de gelatina interagem facilmente com a água, causando variações no teor de umidade de acordo com o ambiente em que são expostos e quando em contato com os frutos, podem aumentar os valores de permeabilidade ao vapor de água e perda de massa dos produtos conforme Thiré et al. (2004).

A transparência dos filmes de gelatina apresentaram valores de 94,66 % e 91,00 % para os filmes obtidos pela formulação 1 e 2, respectivamente. Filmes à base de gelatina possuem uma transparência mais alta devido à gelatina possuir estrutura amorfa, não cristalina. A luz que incide sobre a amostra pode ser absorvida, refletida ou transmitida. Limpisophon, Tanaka e Osako (2010) caracterizaram filmes de gelatina de tubarão adicionados de ácidos graxos e verificaram que as transparências dos filmes diminuíram conforme o aumento da concentração de ácido oleico nas formulações.

Filmes proteicos possuem boas propriedades de barreira ao oxigênio e ao gás carbônico, mas devido a sua natureza hidrofílica tem baixa barreira à umidade. Para diminuir a permeabilidade ao vapor d'água e evitar a perda de massa dos frutos, tem-se incorporado nas formulações compostos lipídicos, de natureza hidrofóbica. Entretanto, no presente estudo, a adição da fração hidrofóbica não mostrou efeito positivo sobre a permeabilidade ao vapor de água dos filmes. Em estudos realizados por Limpisophon, Tanaka e Osako (2010) a incorporação de ácidos graxos reduziu a permeabilidade ao vapor de água dos filmes elaborados à base de gelatina, sendo os valores obtidos por eles menores do que os encontrados no presente estudo, por exemplo, o valor de $4,45 \times 10^{-12} \text{ g.m}^{-2}.\text{Pa}^{-1}.\text{s}^{-1}$ para concentração de ácido oleico de 25 %. Mchugh, Avena-Bustillo e Krochta (1993) explicam que as propriedades de barreira dos filmes são afetadas por diversos fatores, entre os quais se destacam os tipos de materiais utilizados e as quantidades de aditivos utilizados nas formulações dos filmes,

podendo aumentar ou reduzir a permeabilidade ao vapor de água.

Vanin et al. (2005) encontraram valores de permeabilidade ao vapor de água mais altos estudando filmes à base de gelatina e glicerol, sem a adição de ácidos graxos.

As permeabilidades ao oxigênio e ao dióxido de carbono dos dois filmes estão apresentadas na Tabela 3. Na temperatura de 23 °C e 0 % de umidade relativa, os valores de permeabilidade dos filmes das duas formulações apresentaram valores mais baixos para o O₂ do que para o CO₂. Esse comportamento pode ser explicado pelo maior coeficiente de solubilidade do CO₂ e de fácil dissolução na matriz hidrofílica formada nos filmes (MUJICA-PAZ; GONTARD, 1997). D'Avila (2010) explica que o CO₂ se solubiliza com maior facilidade na matriz hidrofóbica de filmes adicionados de ácidos graxos.

A permeabilidade dos filmes ao CO₂ no presente estudo foi maior quando comparada as obtidas por D'Avila (2010) cujos valores foram de $2,31 \times 10^{-12}$ e $2,59 \times 10^{-12}$ mol.µm.m⁻².s⁻¹.Pa⁻¹ para filmes de gelatina incorporados somente com glicerol e filmes de gelatina, glicerol, ácido esteárico e Tween 20, respectivamente. Essas diferenças nos valores de permeabilidade ao CO₂ são oriundas das diferenças nas formulações entre os dois estudos.

As propriedades mecânicas de filmes comestíveis são importantes devido a sua influência sobre o desempenho do produto. Na Tabela 4 estão apresentados os valores de tensão de ruptura, deformação e o módulo de Young dos filmes com diferentes concentrações de ácido oleico. As tensões de ruptura (MPa) dos filmes não apresentam nenhuma tendência em relação à concentração de ácido oleico dos filmes. A deformação (%) dos filmes foi de 182,04 % para a formulação 1 e de 184,83 % para a formulação 2. Limpisophon et al. (2010) encontraram valores próximos de deformação para filmes de gelatina incorporados com 25 % de ácido esteárico e filmes com 25 % de ácido oleico, sendo os valores de 99,31 % e 178,56 %, respectivamente. Eles explicam que a incorporação de ácidos graxos e/ou o aumento da concentração destes, resulta em uma melhora na propriedade de deformação dos filmes à base de proteína, podendo interagir com o polímero de cadeia-a-cadeia fornecendo domínios flexíveis dentro da película, desta forma proporcionando filmes mais flexíveis.

Os resultados para o módulo de Young foram baixos e a incorporação de uma maior concentração de ácido oleico no filme de formulação 2 não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre as amostras pelo teste Tukey, mostrando como filme pouco rígido.

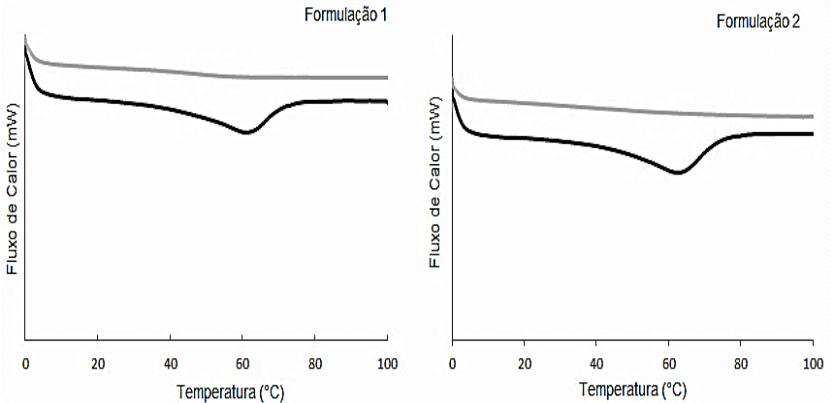
Tabela 5: Propriedades mecânicas: Tensão de ruptura, Deformação, Módulo de Young.

Coberturas	Tensão de Ruptura (MPa)*	Deformação (%)*	Módulo de Young (MPa)*
Formulação 1	$2,77 \pm 0,27^a$	$182,04 \pm 7,52^a$	$11,81 \pm 2,90^a$
Formulação 2	$2,76 \pm 0,18^a$	$184,83 \pm 22,00^a$	$8,20 \pm 1,90^a$

*Letras iguais nas colunas significam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

A Figura 5 apresenta os termogramas das coberturas comestíveis típicas de películas de gelatina. Os termogramas das coberturas à base de gelatina foram caracterizados pela presença de um pico endotérmico a $65,69 \text{ °C} \pm 0,62 \text{ °C}$ para a formulação 1 e a $61,74 \text{ °C} \pm 0,75 \text{ °C}$ para a formulação 2, atribuído à fusão da estrutura cristalina de uma tripla hélice de gelatina (SOBRAL; ABITANE, 2001). Valores aproximados foram encontrados por Ma et al. (2012) para filmes à base de gelatina de $66,2 \text{ °C}$. Sobral et al. (2001) encontraram valores mais altos de temperatura de fusão para a gelatina bovina e para a de porco com diferentes concentrações de plastificante, sendo que filmes com uma maior incorporação de plastificantes os valores da temperatura de fusão diminuíram. Na segunda varredura não foi encontrada temperatura de transição vítrea das coberturas comestíveis, pois não foi observado nenhum ponto de inflexão entre as linhas de base pela variação da capacidade calorífica das amostras. Sobral e Habitane (2001) encontraram a temperatura de transição vítrea bem definida de 220 °C para filmes de gelatina de porco e explicam que normalmente a temperatura de transição vítrea de filmes de gelatina tende a ser superior a 200 °C , podendo variar conforme a origem da gelatina, os métodos aplicados e o controle de umidade das amostras.

Figura 4: Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) dos filmes à base de gelatina de formulação 1 e 2. Primeira varredura linha preta, segunda varredura linha cinza.



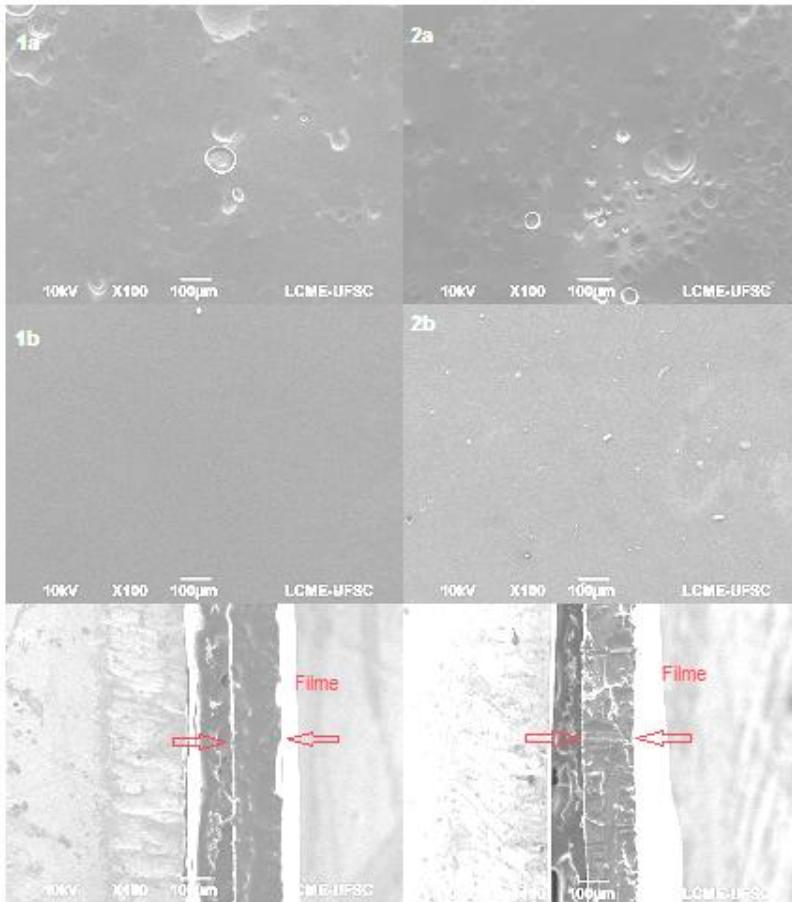
A microscopia eletrônica de varredura foi utilizada como uma ferramenta para correlacionar as propriedades das coberturas com as suas estruturas morfológicas, permitindo uma melhor visualização e avaliação da homogeneidade e interação entre os compostos. Na Figura 6 estão apresentadas as micrografias dos filmes compostos de gelatina e ácido oleico, em ambas as superfícies e na fratura dos filmes realizada com N_2 líquido.

Os filmes para as duas formulações apresentaram a ausência de bolhas ou rachaduras, o que significa uma boa agregação das moléculas durante a evaporação do solvente. Porém nas seções (1a) e (2a), que representam as superfícies dos filmes expostas ao ar, observa-se claramente a presença de partículas lipídicas cristalizadas na matriz filmogênica, evidenciando a incorporação incompleta na matriz proteica do ácido oleico e da pequena quantidade de óleo de coco/cártamo presente no resíduo de gelatina.

Na seção (1b) e (2b), superfície dos filmes em contato com a placa, mostra a micrografia como uma matriz mais lisa e homogênea sem a presença de poros ou glóbulos de ácido oleico e dos óleos. Barreto (2003) explica que essa estrutura da matriz pode ser proporcionada pelo aumento das interações intra e intermoleculares das moléculas proteicas e lipídicas devido à

evaporação do solvente. Resultados similares foram encontrados por D'Avila (2010) em biofilmes à base de gelatina adicionados de ácido esteárico e Tween 20.

Figura 5: Microscopia eletrônica de varredura dos filmes de gelatina formulação 1 (0,5 % ácido oleico) e formulação 2 (1 % ácido oleico): (a) superfície exposta ao ar; (b) superfície em contato com a placa; (c) seção transversal (fratura).



A seção transversal de criofratura dos filmes esta representada por (1c) e (2c), observa-se matrizes coesas e sem

rachaduras, íntegras e com estrias, provavelmente provocadas durante a criofatura em N₂.

Acredita-se que os dados de permeabilidade ao vapor de água dos filmes podem estar relacionados com a presença das partículas lipídicas nas superfícies dos filmes em maior ou menor proporção, permitindo que ocorra transferência de água através dos filmes pelos espaços de características hidrofílicas.

Na Tabela 5 estão apresentados os ângulos de contatos das coberturas comestíveis à base de gelatina e ácido oleico com líquidos padrões de diferentes polaridades. Na Figura 7 as fotos das gotas dos padrões sobre as superfícies das coberturas, representando a molhabilidade.

As análises dos filmes foram realizadas nas superfícies expostas ao ar (topo) e nas superfícies em contato com a placa (inferior-base) quando na formação do filme.

Para que uma superfície tenha molhabilidade considerável, o ângulo de contato deve estar abaixo de 90° (hidrofílica). Entretanto, se o ângulo for maior que 90°, o líquido não molha a superfície e esta é considerada hidrofóbica (BURKARTER, 2006). Para Vogler (1998) as películas que apresentam ângulo de contato com a água maior que 65° são considerado superfícies hidrofóbicas.

Os menores ângulos de contato foram observados nas regiões do topo das duas formulações de filmes com a formamida (polaridade intermediária). Nessa mesma face dos filmes quando a água foi usada como solvente (polar) os ângulos de contato foram baixos, 35,82° e 55,82°, para formulação 1 e 2 respectivamente. O maior ângulo observado foi entre a superfície inferior (base) dos filmes das duas formulações, usando a água como solvente. Esses resultados indicam caráter hidrofílico para a parte dos filmes em contato com o ar para as duas formulações e hidrofóbico para a superfície na base dos filmes em contato com a placa.

Esses resultados podem ser explicados pelo caráter anfótero das proteínas devido aos grupos funcionais de aminoácidos e de grupos terminais, podendo apresentar comportamento hidrofóbico e hidrofílico ao mesmo tempo (BIALOPIOTROWICZ; JANCZUK, 2001).

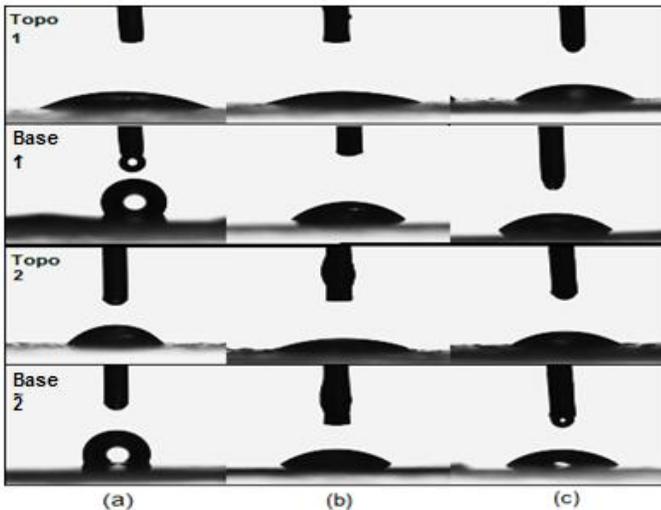
Tabela 6: Ângulo de contato dos líquidos padrões nas coberturas comestíveis.

Cobertura Comestível		Água	Formamida	Diiodometano
Formulação 1	Topo	35,82 ± 2,83 ^a	26,05 ± 4,36 ^a	36,14 ± 0,60 ^a
	Base	112,69 ± 2,95 ^a	47,44 ± 1,41 ^a	46,76 ± 0,44 ^a
Formulação 2	Topo	55,82 ± 1,08 ^b	26,21 ± 0,21 ^a	40,2 ± 2,84 ^a
	Base	110,98 ± 0,63 ^a	46,13 ± 3,57 ^a	41,30 ± 1,77 ^b

*Letras iguais nas colunas para os mesmos parâmetros significam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

Zhang et al. (2013) encontraram valores de ângulo de contato de 113,7° da água com filme puro de gelatina, o que mostra o comportamento hidrofóbico das proteínas para a parte do filme em contato com o ar.

Figura 6: Molhabilidade das coberturas de formulação 1 e formulação 2 com os líquidos padrões: (a) água deionizada; (b) formamida e (c) diiodometano.



Fonte: Do autor (2014).

A partir dos ângulos de contato obtidos entre as coberturas e os líquidos padrões, determinou-se a energia livre superficial das coberturas utilizando o modelo de Owens e Wendt (1969). Na Tabela 6 estão apresentados os valores de energia livre superficial e as componentes polar e dispersiva para as coberturas comestíveis estudadas.

É possível observar que as componentes polares da energia livre superficial dos filmes de formulação 1 e 2, tanto para o topo como a base do filme, foram menores do que as componentes dispersivas. Isto pode caracterizar as coberturas à base de gelatina como filmes com caráter hidrofóbico. Os testes dos ângulos de contato indicaram que a água deionizada (polar) foi o líquido que apresentou menor interação com as coberturas, possuindo interação apenas para a cobertura de formulação 1 na face exposta ao ar. Rotta (2008) explica que quanto mais hidrofílico for o filme, maior vai ser a energia livre superficial polar e menor a energia livre superficial dispersiva (apolar).

Tabela 7: Energia livre superficial e suas componentes para as coberturas comestíveis à base de gelatina utilizando o modelo de Owens e Wendt.

Cobertura Comestível		Energia Livre Superficial (mN.m-1)	Componente Polar (mN.m-1)	Componente Dispersiva (mN.m-1)
Formulação 1	Topo	63,20 ± 1,08 ^a	27,69 ± 0,94 ^a	35,51 ± 0,13 ^a
	Base	93,06 ± 1,28 ^a	13,89 ± 0,52 ^a	79,17 ± 0,76 ^a
Formulação 2	Topo	53,62 ± 0,92 ^a	14,92 ± 0,12 ^b	38,7 ± 0,79 ^a
	Base	94,41 ± 1,39 ^a	12,85 ± 0,65 ^a	80,59 ± 1,39 ^a

*Letras iguais nas colunas para os mesmos parâmetros significam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

Moraes (2013) estudando o armazenamento do *Physalis* caracterizou a película do fruto através do ângulo de contato e energia livre superficial e concluiu que a superfície do fruto apresenta característica apolar. Sendo assim, as coberturas comestíveis do presente estudo apresentaram energia livre

superficial polar menor, indicando que as coberturas apresentam características mais hidrofóbicas, proporcionando dessa forma uma melhor adesão a películas dos frutos do *Physalis*.

4.3 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS *PHYSALIS*

Nesta etapa do estudo avaliou-se a influência da temperatura, umidade relativa e cobertura das características estudadas (perda de massa, cor, firmeza, pH, SST, açúcares e ácidos orgânicos).

Os resultados mostraram que a temperatura de 20 °C apresentou efeito indesejável entre os tratamentos e no período de armazenamento dos frutos do *Physalis*. Para as amostras sem cobertura e com cobertura contendo 0,5 % de ácido oleico (CC1) na condição 1 o período de armazenamento não ultrapassou os 4 dias a 20 °C, sendo os resultados descartados. Para as amostras sem cobertura e com cobertura contendo 0,5 % de ácido oleico (CC1) a 20 °C na condição 2, o tempo de armazenamento foi de 25 dias sem apresentar crescimento fúngico. Por outro lado, os frutos com cobertura contendo 1 % de ácido oleico (CC2) a 20 °C na condição 2 observou-se visualmente o aparecimento de fungos aos 23-24 dias, sendo as amostras consideradas aptas às análises até os 20 dias de armazenamento.

Os resultados observados entre as condições e tratamentos foram influenciados provavelmente também pelas diferenças da própria matéria-prima.

4.3.1 Perda de massa

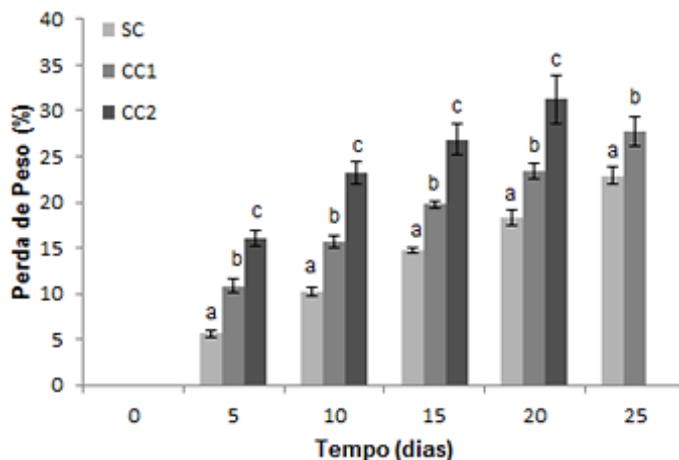
Na Figura 8 estão apresentadas as perdas de massas dos *Physalis* sem cobertura (SC) e dos *Physalis* com as coberturas com 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C e 68 % de umidade relativa. Houve um aumento acentuado na perda de massa desde o 5º dia de armazenamento para os frutos com as coberturas. Os *Physalis* sem cobertura (SC) apresentaram menor perda de massa ao longo do período de armazenamento do que os frutos com as coberturas para as duas formulações. Os frutos sem cobertura apresentaram perda

de massa de 22,89 % e os frutos com a cobertura (CC1) de 27,77 % ao final dos 25 dias de armazenamento. Para os *Physalis* com cobertura contendo 1 % de ácido oleico o tempo estimado de vida útil dos frutos foi até 20 dias, apresentando perda de massa de 31,22 %, portanto maior que o da cobertura (CC1) aos 25 dias.

Moraes (2013) estudando o armazenamento do *Physalis* por 20 dias a 5 °C + 3 dias a 20 °C obteve valores para perda de massa dos frutos controle de 23,3 % e com cobertura comestível à base de HPMC e cera de abelha de 21,5%. Em seu outro estudo armazenando *Physalis* com e sem cálice em diferentes temperaturas encontrou valor de perda de massa de 6,5 % para *Physalis* com cálice e valor de 34,5 % para *Physalis* sem cálice, armazenadas a 15 °C por 40 dias.

O uso das coberturas contendo 0,5 % e 1% de ácido oleico nos *Physalis* armazenados a 20 °C e 68 % de umidade relativa não foi efetivo para a contenção da perda de massa dos frutos, ocorrendo perda de água elevada e conseqüentemente o murchamento dos frutos no decorrer do armazenamento.

Figura 7: Perda de massa dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C e 68 % UR (condição 2).



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

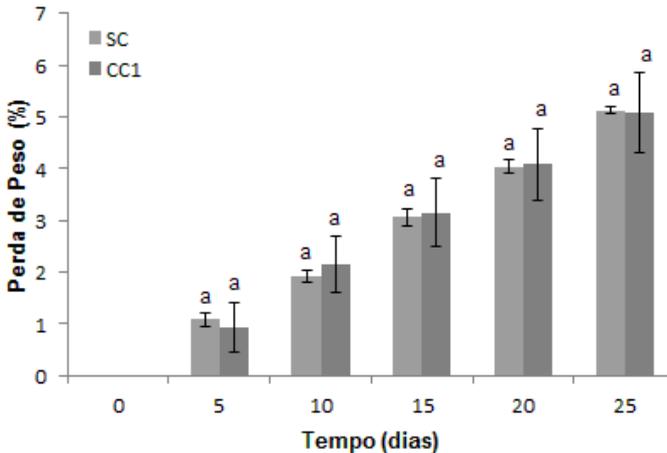
Para as duas condições a 5 °C observou-se diferentes resultados de perda de massa devido à temperatura e umidade relativa dos frutos do *Physalis*.

Os resultados de perda de massa para as amostras da condição 1 a 5 °C estão apresentados pela Figura 9.

Para os *Physalis* armazenados a 5 °C e 80 % de umidade relativa (condição 1) foi constatada menor perda de massa quando comparadas com os frutos armazenados a 5 °C e 54 % de umidade (condição 2). Na condição 1 as amostras sem cobertura (SC) apresentaram valor de perda de massa de 5,12 % ao final de 25 dias de armazenamento e as frutas com cobertura contendo 0,5 % de ácido oleico (CC1) valor de 5,08 %. O uso da cobertura comestível (CC1) não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$) com os frutos sem cobertura ao final dos 25 dias de armazenamento, mantendo as características visuais dos frutos.

D'Avila (2010) encontrou valores de perda de massa aos 30 dias de armazenamento para frutos de mirtilo sem cobertura de 22,89 %, para os frutos com cobertura à base de gelatina/ácido esteárico de 18,95 % e para os frutos com cobertura à base de gelatina/benzoato de sódio valor de 20,35 %, todos armazenados a 5 °C e umidade relativa variando de 75 a 80 %. Entretanto, o autor relata que os frutos de mirtilo estão próprios ao consumo em no máximo até 15 dias de armazenamento, ainda com restrição devido ao aspecto de murchamento que alguns frutos apresentaram.

Figura 8: Perda de massa dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % de ácido oleico (CC1), armazenadas a 5 °C e 80 % UR (condição 1).



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

Na condição 2 a 5 °C (Figura 10) as perdas de massa dos frutos do *Physalis* ao final de 25 dias de armazenamento apresentaram valores de 11,57 % para os frutos sem cobertura (SC) e de 14,98 % para os frutos com cobertura contendo 0,5 % de ácido oleico (CC1). Para os frutos com cobertura contendo 1 % de ácido oleico o valor foi de 13,76%, não apresentando diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre as concentrações de ácido oleico. Os resultados para as perdas de massa dos *Physalis* sem e com as coberturas comestíveis à base de gelatina foram superiores ao valor aceitável para frutas frescas que é de 8 %, podendo comprometer as características de firmeza dos frutos. Não foi observado murchamento das amostras armazenadas a 5 °C para as duas condições.

Uma perda de água de 8 % resulta não só na perda de massa, mas também no murchamento (amolecimento) e na perda de consistência. Os tipos de superfície e de tecido dos frutos afetam a perda de massa e se não estiverem bloqueados ficam sujeitos à saída ou à entrada de água. Os ferimentos que ocorrem na superfície, devido à atividade de insetos,

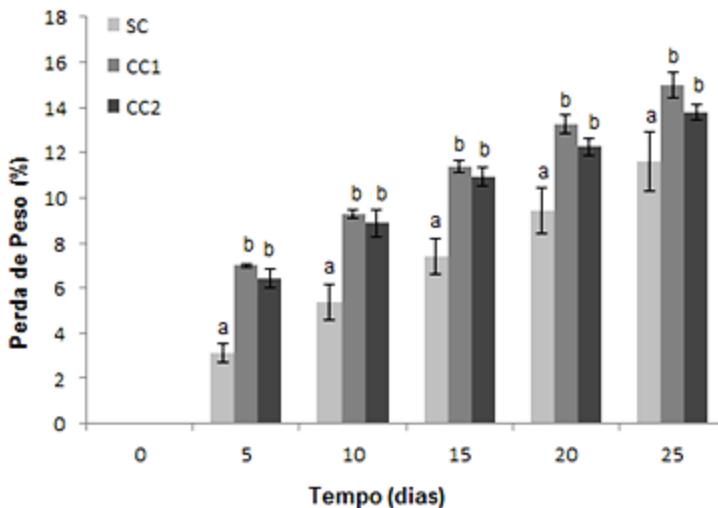
microrganismos ou à manipulação descuidada após a colheita, também aceleram a perda de água (AWAD, 1993).

Moraes (2013) estudando o armazenamento dos *Physalis* sem e com cálice em diferentes temperaturas, encontrou na temperatura de 5 °C valor de perda de massa de 17 % para *Physalis* sem cálice e de 4 % para *Physalis* com cálice. Em outro estudo realizado pelo mesmo autor com *Physalis* sem e com cobertura comestível à base de HPMC e lipídios armazenadas a 5°C e 75 % a 80 % de umidade relativa por 20 dias, encontrou valor de perda de massa de 12,4 % e 11,7 % para o fruto sem cobertura e com cobertura, respectivamente.

As temperaturas e umidades relativas de armazenamento dos *Physalis* influenciaram a perda de massa dos frutos, sendo mais intensa para as amostras armazenadas a 20 °C, em ambos os tratamentos (sem e com as coberturas) e condições. Resultados semelhantes foram descritos por Ferreira (2012) e Lemos (2006), que encontraram menor perda de massa para os frutos quando armazenados em temperatura de 10 °C e 5 °C, respectivamente.

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo o que tudo indica é que a permeabilidade ao vapor de água das coberturas comestíveis à base de gelatina e ácido oleico foi elevada não evitando a perda de massa dos frutos dos *Physalis* revestidos. Segundo Trezza e Krochta (2000), citados por Moraes (2013), coberturas contendo apenas proteínas ou polissacarídeos não garantem uma boa barreira à umidade, sendo necessária a adição de componentes hidrofóbicos que possam melhorar as características de barreira ao vapor de água destes materiais. Mesmo com a incorporação de ácido oleico nas formulações das coberturas, não houve melhoria na barreira aos vapores de água, mostrando provavelmente que as concentrações usadas não foram eficientes, necessitando de realização de experimento com concentrações maiores ou outro tipo de componente hidrofóbico.

Figura 9: Perda de massa dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C e 54% UR (condição 2).



*Letras minúsculas iguais nas colunas para o mesmo dia de armazenamento indicam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

4.3.2 Cor

As Tabelas 7 e 8 apresentam os parâmetros de cor dos *Physalis* sem e com cobertura armazenados nas condições 1 e 2. Houve pouca variação nos resultados para os parâmetros luminosidade (L^*) e para os parâmetros (a^*) e (b^*) entre o primeiro e o último dia de armazenamento dos *Physalis* em ambos os tratamentos (sem e com coberturas) para as duas condições. Estatisticamente não houve diferença para cor entre as diferentes formulações das coberturas comestíveis.

Estes resultados mostram que a condição de armazenamento manteve a maturação dos frutos, sendo a temperatura o principal fator para que isso ocorresse, já que as amostras com e sem coberturas apresentaram resultados próximos.

Moraes (2013) avaliou o uso de coberturas comestíveis à base de HPMC e lipídeos em frutos do *Physalis* sob diferentes condições de armazenamento e não encontrou diferenças significativas entre os parâmetros (L^*), (a^*) e (b^*) para os frutos controle e com cobertura comestível.

O mesmo resultado foi encontrado por Larotonda (2008) quando avaliou a coloração de cerejas com cobertura de carragena. Ele afirmou que os frutos controle e com cobertura apresentaram comportamento semelhante.

Esses resultados mostram que as coberturas aplicadas nos diferentes frutos incluindo o *Physalis* não influenciam na cor desses produtos.

Tabela 8: Parâmetros de cor dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5% (CC1) e 1% (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C.

Amostra	Cor	Dias de armazenamento [#]					
		0	5	10	15	20	25
Condição 2 (20 °C e 68% UR)							
SC	L	22,34 ± 2,40 ^a	26,34 ± 3,48 ^a	24,64 ± 2,26 ^a	20,88 ± 1,82 ^a	22,86 ± 5,56 ^a	20,79 ± 2,12 ^a
	a*	13,29 ± 1,42 ^a	15,12 ± 1,81 ^a	15,23 ± 0,97 ^a	13,41 ± 1,42 ^a	14,44 ± 1,29 ^a	13,82 ± 1,16 ^a
	b*	25,96 ± 1,71 ^a	29,35 ± 3,20 ^a	29,07 ± 1,74 ^a	24,87 ± 2,81 ^a	25,45 ± 4,16 ^a	25,31 ± 2,01 ^a
CC1	L	26,32 ± 2,62 ^a	25,36 ± 2,58 ^a	25,29 ± 3,28 ^a	16,63 ± 1,60 ^a	18,35 ± 2,47 ^a	19,84 ± 3,24 ^a
	a*	13,65 ± 1,03 ^a	13,62 ± 1,09 ^a	15,16 ± 1,56 ^a	11,08 ± 1,28 ^a	12,21 ± 1,50 ^a	12,11 ± 1,83 ^a
	b*	28,75 ± 1,78 ^b	27,14 ± 1,87 ^a	29,20 ± 2,78 ^a	19,52 ± 2,04 ^a	21,93 ± 2,54 ^a	22,17 ± 2,86 ^a
CC2	L	20,84 ± 2,07 ^a	23,75 ± 4,02 ^a	24,12 ± 3,94 ^a	22,36 ± 3,01 ^a	20,91 ± 2,69 ^a	-
	a*	12,66 ± 2,23 ^a	12,92 ± 1,76 ^a	14,02 ± 0,86 ^a	14,28 ± 1,02 ^a	11,84 ± 1,12 ^a	-
	b*	24,40 ± 2,99 ^a	26,24 ± 3,04 ^a	23,97 ± 3,88 ^a	25,42 ± 1,90 ^a	23,26 ± 2,44 ^a	-

[#]Letras minúsculas iguais nas colunas, para o mesmo parâmetro, indicam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

Tabela 9: Parâmetros de cor dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5% (CC1) e 1% (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C.

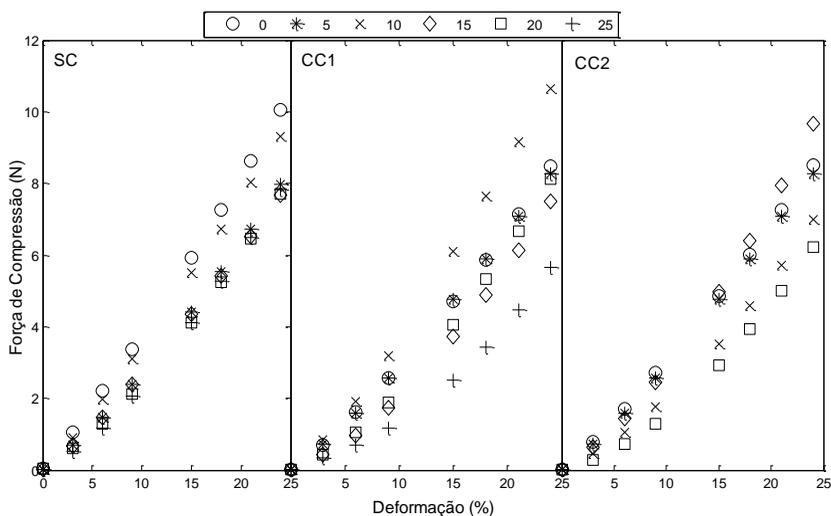
Amostra	Cor	Dias de armazenamento [#]					
		0	5	10	15	20	25
Condição 1 (5°C – 80%UR)							
SC	L	28,30±2,64a	29,53±3,25a	27,03±2,48a	26,10±0,94a	25,14±3,64a	23,80±2,49a
	a*	16,13±1,22a	16,78±0,58a	16,22±1,23a	16,19±1,26a	16,11±1,54a	15,93±1,43a
	b*	30,56±2,09a	32,60±1,53a	30,94±1,64a	29,73±2,23a	30,99±3,47a	30,83±2,74a
CC1	L*	30,21±1,25a	28,80±3,26a	27,43±2,35a	27,32±1,73a	26,20±3,10a	24,19±1,58a
	a*	16,02±1,05a	15,90±2,06a	16,06±1,20a	16,55±0,71a	17,54±1,51a	15,98±1,54a
	b*	31,95±1,56a	31,63±3,12a	31,58±2,01a	31,57±1,58a	33,11±2,89a	27,27±2,93a
Condição 2 (5°C – 54%UR)							
SC	L	24,13±3,67a	25,12±1,97a	25,05±1,90a	24,30±3,39a	24,23±2,03a	25,47±1,50a
	a*	14,29±2,89a	13,00±1,07a	15,74±0,64a	13,78±1,12a	14,68±1,01a	14,21±0,85a
	b*	28,70±3,77a	25,31±2,59a	29,21±1,66a	24,96±2,31ab	28,34±1,70a	29,56±1,70a
CC1	L	25,95±1,65a	26,74±3,04a	26,60±2,36a	25,95±1,94a	26,37±2,04a	25,09±1,95a
	a*	14,63±1,93a	13,85±1,55a	14,78±1,96a	12,18±1,12b	14,62±0,83a	14,89±0,57a
	b*	29,17±2,11a	28,41±2,03a	28,99±2,12a	22,95±2,00a	27,46±1,44a	28,47±1,51a
CC2	L	25,12±2,24a	26,65±2,62a	26,83±1,45a	26,25±1,87a	25,48±2,57a	25,43±2,54a
	a*	13,63±1,22a	14,71±1,70a	14,36±1,26a	14,52±1,14a	14,14±1,31a	14,93±1,61a
	b*	26,73±1,94a	27,71±2,37a	28,69±1,00a	27,76±1,97b	27,33±1,98a	28,13±2,29a

[#]Letras minúsculas iguais nas colunas, para o mesmo experimento e para o mesmo parâmetro, indicam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

4.3.3 Firmeza

A partir dos testes de compressão e perfuração foi avaliada a firmeza dos frutos dos *Physalis* ao longo dos períodos de armazenamento. A Figura 11 apresenta as forças de compressão dos *Physalis* sem cobertura (SC) e dos *Physalis* com coberturas contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C e 68 % de umidade relativa. Houve redução nos valores da força de compressão ao longo do período de armazenamento dos frutos sem e com as coberturas. As amostras sem cobertura apresentaram redução na força de compressão de 10,05 N para 7,82 N (redução de 22, 11 %). As amostras com cobertura contendo 0,5 % de ácido oleico (CC1) alteração de 8,48 N para 5,64 N (redução de 33,47 %) e as amostras com cobertura contendo 1 % de ácido oleico (CC2) variaram de 8,51 N para 7,22 N (redução de 15,15 %).

Figura 10: Força de compressão dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5% (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C e 68 % UR (condição 2).



Na Figura 12 estão apresentados os resultados das forças de compressão dos *Physalis* sem cobertura (SC) e dos *Physalis* com cobertura contendo 0,5 % de ácido oleico (CC1), armazenadas a 5 °C e 80 % de umidade relativa. Pode-se observar que houve aumento nos valores da força de compressão ao longo do período de armazenamento dos frutos sem e com cobertura. Para as amostras sem cobertura o aumento foi de 9,10 N para 11,46 N (aumento de 25,89 %), para as amostras com cobertura contendo 0,5 % de ácido oleico (CC1) a variação foi de 8,94 N para 12,22 N (aumento de 36,74 %).

Na Figura 13 estão apresentados os resultados das forças de compressão dos *Physalis* sem cobertura e com coberturas contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C e 54 % de umidade relativa. As amostras sem cobertura apresentaram redução na força de compressão de 10,04 N para 7,81 N (redução de 22,18 %) ao longo do período de armazenamento. Para as amostras com as coberturas houve aumento da força de compressão ao longo do período de armazenamento. As amostras com cobertura contendo 0,5 % de ácido oleico (CC1) o aumento da força de compressão foi de 7,79 N para 10,66 N (aumento de 36,22 %) e as amostras com cobertura contendo 1 % de ácido oleico (CC2) a variação foi de 9,39 N para 10,59 N (aumento de 12,77 %).

Segundo Velásquez et al., (2007) fatores como a pressão de turgor da parede celular, rigidez, dimensões geométricas, água, fibras, tempo, temperatura e umidade relativa influenciam no comportamento de uma fruta ou hortaliça. Durante o processo de amadurecimento as células perdem umidade devido à transpiração, reduzindo a pressão de turgor e debilitando a estrutura e consistência do fruto (VELÁSQUEZ; SARAZ, 2008).

Velásquez et al. (2007) estudaram a força de compressão unidirecional (longitudinal e transversal) do *Physalis* a 21 °C e 65 % UR e observaram que a resistência mecânica do fruto diminuiu com o tempo de pós-colheita (verde, intermediário e maduro), indicando que a fruta madura esta mais susceptível ao dano mecânico.

Segundo Salunkhe et al. (1991), durante o amadurecimento de frutas, a despolimerização ou encurtamento

do comprimento da cadeia da protopectina ocorre com um aumento das atividades da pectinesterase e poligalacturonase. Baixas concentrações de oxigênio e altas concentrações de dióxido de carbono reduzem as atividades destas enzimas e permite a retenção da firmeza de vegetais durante o armazenamento. Segundo Lanchero et al. (2007), o uso de baixas temperaturas de armazenamento reduz a atividade das enzimas responsáveis pela degradação da parede celular.

Os resultados mostraram que a temperatura de 5 °C foi eficaz para uma menor redução dos valores da força de compressão dos frutos dos *Physalis* sem e com as coberturas, sendo os melhores resultados obtidos para os frutos sem e com cobertura, armazenados a 5 °C e 80 % de umidade relativa (condição 1).

Figura 11: Força de compressão dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5% (CC1) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C e 80 % UR (condição 1).

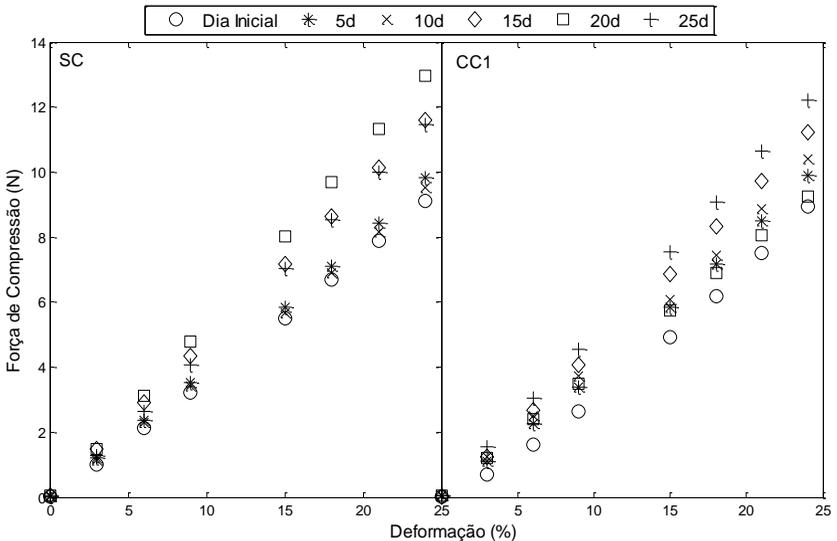
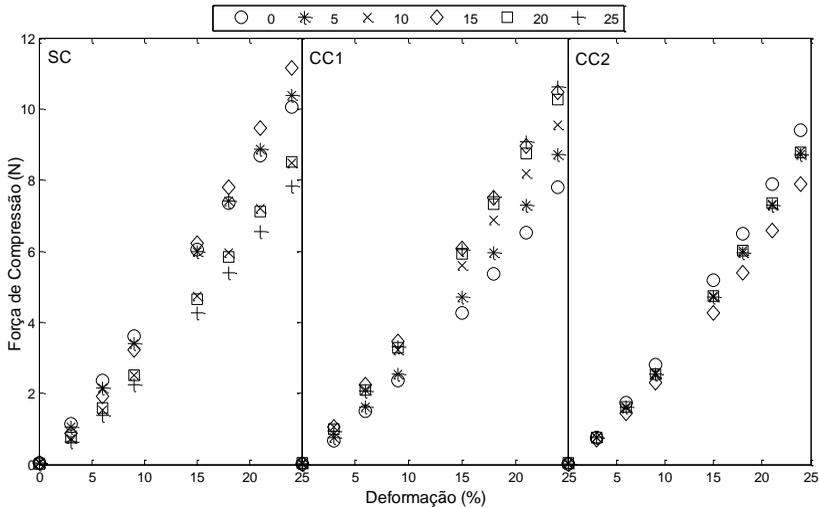
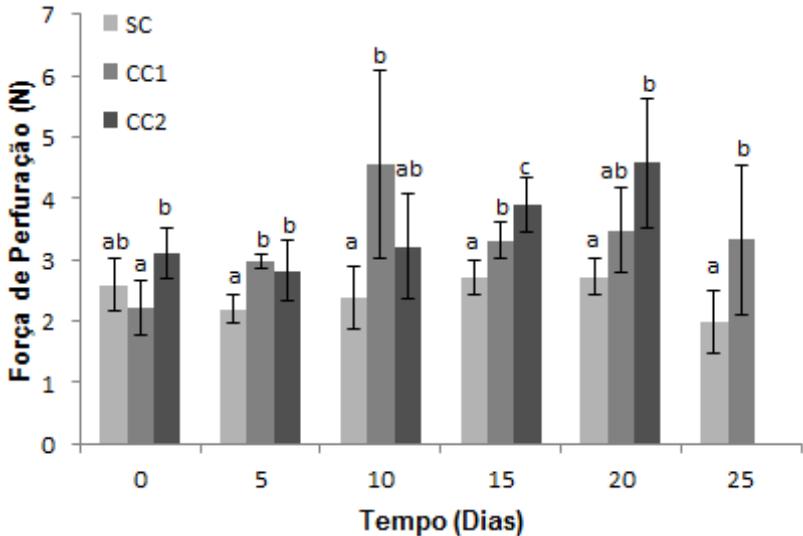


Figura 12: Força de compressão dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5% (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C e 54 % UR (condição 2).



Os resultados da força de perfuração dos frutos dos *Physalis* sem cobertura (SC) e dos *Physalis* com as coberturas contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C e 68 % de umidade relativa estão apresentados na Figura 14. As amostras sem cobertura (SC) apresentaram menor variação dos valores da força de perfuração ao longo do período de armazenamento do que os frutos com as coberturas (CC1) e (CC2), os quais apresentaram maior força de perfuração a partir do 5º dia ao longo do período de armazenamento.

Figura 13: Força de perfuração dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5% (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C e 68 % UR (condição 2).



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

A Figura 15 apresenta os resultados das forças de perfuração dos frutos dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura contendo 0,5 % (CC1) de ácido oleico, armazenados a 5 °C e 80 % de umidade relativa. Houve pouca alteração nos valores da força de perfuração dos frutos sem cobertura e com cobertura ao longo do período de armazenamento, não apresentando diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre os tratamentos.

Na Figura 16 estão apresentados os resultados das forças de perfuração dos frutos dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com as coberturas contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenados a 5 °C e 54 % de umidade relativa. Observou-se menor variação nos valores da força de perfuração para as amostras sem cobertura ao longo do período de armazenamento. Para as amostras com as coberturas a variação observada ocorreu a partir do 10° dia de armazenamento, as

quais apresentaram maior força de perfuração do que as amostras sem cobertura. Os tratamentos não apresentaram diferença significativa ($p \geq 0,05$) aos 20 e 25 dias de armazenamento.

Esses aumentos nas forças de perfuração para as amostras com coberturas armazenadas nas condições de umidades mais baixas podem ser explicados pelo fato de os produtos terem perdido mais água e com isso, houve o amolecimento da estrutura da baga e enrugamento da fruta, sendo necessária maior força para perfurar a pele da fruta, visto que a mesma cede à pressão aplicada devido ao amolecimento do produto. Velásquez e Saraz (2008) explicam que durante o amadurecimento as células perdem água devido à transpiração diminuindo a pressão de turgor e enfraquecendo a estrutura e consistência da fruta.

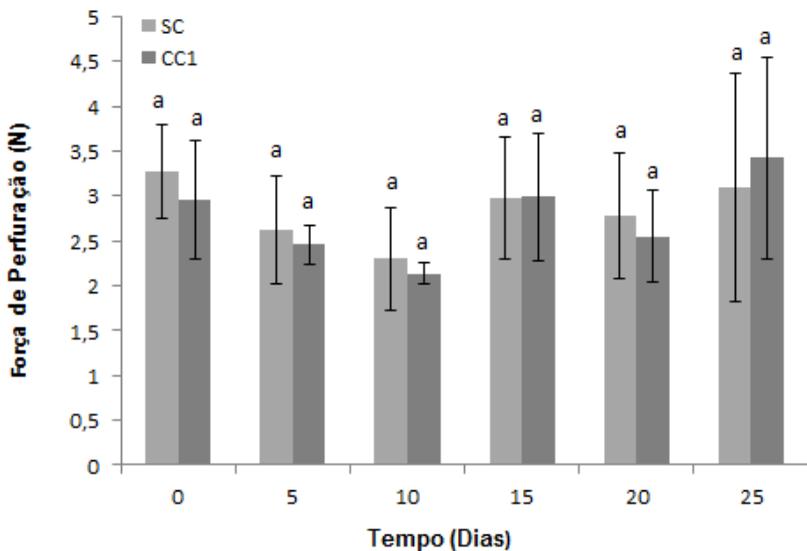
Moraes (2013) encontrou resultados semelhantes em seu estudo com armazenamento dos *Physalis* sem e com cobertura à base de HPMC adicionado de lipídeos sob diferentes condições de armazenamento, obtendo aumento dos valores da força de perfuração para os frutos com cobertura comestível. O autor explica que existe uma correlação entre perda de massa e a firmeza dos frutos. A maior força de perfuração para amostras com cobertura ocorre devido à perda de massa dos produtos armazenado e como consequência, ocorre o amolecimento da estrutura da baga e enrugamento do fruto, sendo necessária maior força para perfurar a pele da fruta, visto que a mesma cede à pressão aplicada devido ao amolecimento do produto. Logo, a maior força de perfuração da pele do *Physalis* com cobertura denota o maior ressecamento da epiderme do fruto revestido.

Outro ponto importante a ser destacado são as propriedades mecânicas das coberturas comestíveis (tensão de ruptura, deformação e Módulo de Young), as quais pelos resultados indicaram que as coberturas (CC1) e (CC2) tendem a ser pouco rígidas e mais elásticas. Sendo assim, essas coberturas à base de gelatina podem estar influenciando, também, no aumento da força de perfuração dos frutos com as coberturas, armazenados em umidades mais baixas, tanto a 20 °C como a 5 °C.

Os melhores resultados para os testes de perfuração foram para as amostras sem e com cobertura, armazenadas a 5 °C e

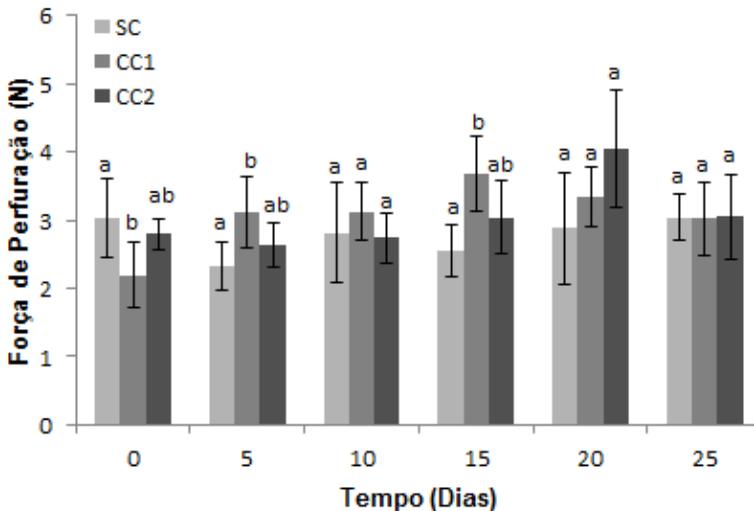
umidade relativa de 80 %, a qual evitou tanto a perda de massa dos frutos como o ressecamento da cobertura comestível.

Figura 14: Força de perfuração dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1), armazenadas a 5 °C e 80 % UR (condição 1).



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

Figura 15: Força de perfuração dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C e 54 % UR (condição 2).



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

4.3.4 pH e Sólidos Solúveis Totais (SST)

A Tabela 9 apresenta os valores do pH e de sólidos solúveis totais (SST) dos frutos dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com as coberturas contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenados a 20 °C e 68 % de umidade relativa. Foi observado aumento nos valores do pH das amostras sem cobertura (SC) e com as coberturas comestíveis (CC1) e (CC2) ao longo do período de armazenamento, sendo mais significativo a partir do dia 10. Os valores do pH das amostras com as coberturas comestíveis apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os frutos sem cobertura ao longo do período de armazenamento, sendo os menores valores obtidos para os frutos sem cobertura.

O pH pode ser utilizado como um indicativo de acidez do fruto, sendo as amostras com maior valor de pH representando

menor acidez e, conseqüentemente, redução no teor de ácidos orgânicos, o que pode indicar a utilização desses compostos como substrato da respiração (MORAES, 2013).

Aumentos nos valores de sólidos solúveis totais foram observados para os *Physalis* com as coberturas (CC1) e (CC2), apresentando diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras sem cobertura (SC), as quais os valores pouco variaram ao longo do período de armazenamento.

O pH e os sólidos solúveis totais dos frutos do *Physalis*, geralmente inferiores a 4,5 para o pH e 17,5 para SST, podem aumentar no decorrer do amadurecimento, seja por biossíntese, pela degradação excessiva de polissacarídeos ou pela perda excessiva de água dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os resultados obtidos no presente trabalho estão abaixo dos obtidos na literatura. Por outro lado, os valores de sólidos totais estão na mesma faixa de valores.

Esses resultados permitem constatar que o uso das coberturas comestíveis contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico em *Physalis* armazenadas a 20 °C e 68 % de umidade relativa não foram eficazes para retardar o amadurecimento dos frutos.

Tabela 10: pH e Sólidos Solúveis Totais dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C.

Tempo (Dias)	Condição 2 (20°C e 68% UR)		
	SC	CC1	CC2
	pH*		
0	3,47 ± 0,01 ^a	3,47 ± 0,01 ^a	3,47 ± 0,01 ^a
5	3,49 ± 0,01 ^a	3,51 ± 0,01 ^a	3,62 ± 0,00 ^b
10	3,61 ± 0,03 ^a	3,72 ± 0,01 ^b	3,77 ± 0,00 ^b
15	3,58 ± 0,01 ^a	3,74 ± 0,01 ^b	3,77 ± 0,01 ^b
20	3,67 ± 0,01 ^a	3,76 ± 0,01 ^b	3,78 ± 0,00 ^b
25	3,73 ± 0,01 ^a	3,83 ± 0,01 ^b	-
	SST (°Brix)*		
0	14,2 ± 0,08 ^a	14,2 ± 0,10 ^a	14,1 ± 0,10 ^a
5	14,0 ± 0,10 ^a	15,2 ± 0,10 ^b	16,0 ± 0,10 ^b
10	14,5 ± 0,20 ^a	16,1 ± 0,10 ^b	17,0 ± 0,10 ^b
15	14,9 ± 0,10 ^a	15,7 ± 0,10 ^b	17,5 ± 0,10 ^b
20	14,3 ± 0,10 ^a	17,0 ± 0,05 ^b	17,2 ± 0,00 ^b
25	14,8 ± 0,05 ^a	17,5 ± 0,05 ^b	-

*Letras minúsculas iguais nas linhas, para o mesmo experimento, indicam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

Na Tabela 10 estão apresentados os resultados do pH e sólidos solúveis totais (SST) dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura contendo 0,5 % de ácido oleico (CC1), armazenadas a 5 °C e 80 % UR (condição 1) e dos *Physalis* sem cobertura (SC) e com as coberturas contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C e 54 % UR (condição 2).

Para as duas condições os valores do pH dos *Physalis* não apresentaram variações se comparados com os valores do pH a 20 °C da condição 2. Sendo assim, é possível constatar através dos valores do pH que temperaturas mais baixas retardam o amadurecimento dos frutos dos *Physalis*.

Na condição 1 houve diferença significativa entre os valores do pH das amostras sem e com cobertura (CC1) para os dias de armazenamento.

Para a condição 2 as amostras também apresentaram variação nos valores do pH ao longo do período de armazenamento, apresentando diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os frutos sem e com as coberturas (CC1) e (CC2).

Os sólidos solúveis totais das amostras sem e com cobertura contendo 0,5 % de ácido oleico, armazenadas a 5 °C para as duas condições não apresentaram variação durante os 25 dias de armazenamento, porém as amostras com cobertura contendo 1 % de ácido oleico (CC2) da condição 2, os valores dos sólidos solúveis totais apresentaram variação significativa ao longo do período de armazenamento apresentando diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação as amostras sem cobertura.

Moraes (2013) estudando o armazenamento do *Physalis* com e sem cobertura comestível à base de HPMC e lipídeos, armazenadas por 20 dias a 5 °C, encontrou valores de 3,95 para pH do *Physalis* controle e de 3,92 para *Physalis* com a cobertura, os sólidos solúveis totais obtidos pelo autor foram de 15,6 para o fruto controle e 15,9 para o fruto com cobertura. Para as condições de armazenamento do fruto do *Physalis* estudados pelo autor, os resultados permitiram concluir que a aplicação de cobertura comestível a base de HPMC e lipídios em *Physalis* não retardaram os processos de maturação dos frutos.

D'Avila (2010) reporta que o uso das coberturas à base de gelatina em frutos de mirtilo não apresentaram diferença significativa entre os frutos controle para os parâmetros de pH e sólidos solúveis totais.

Carvalho Filho (2000) estudando a conservação de cerejas controle e com cobertura à base de zeína em ambiente refrigerado constatou que o uso da cobertura, promoveu a aceleração do processo de amadurecimento dos frutos.

Tabela 11: pH e Sólidos Solúveis Totais do *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C.

Tempo (Dias)	Condição 1 (5°C e 80% UR)		Condição 2 (5°C e 54% UR)		
	SC	CC1	SC	CC1	CC2
pH*					
0	3,44 ± 0,00 ^a	3,44 ± 0,00 ^a	3,43 ± 0,00 ^a	3,43 ± 0,01 ^a	3,42 ± 0,02 ^a
5	3,46 ± 0,06 ^a	3,54 ± 0,01 ^a	3,31 ± 0,00 ^a	3,46 ± 0,01 ^b	3,43 ± 0,00 ^b
10	3,42 ± 0,01 ^a	3,49 ± 0,01 ^b	3,39 ± 0,01 ^a	3,57 ± 0,02 ^b	3,65 ± 0,01 ^b
15	3,42 ± 0,01 ^a	3,59 ± 0,00 ^b	3,46 ± 0,02 ^a	3,58 ± 0,02 ^b	3,51 ± 0,01 ^a
20	3,51 ± 0,00 ^a	3,54 ± 0,00 ^b	3,39 ± 0,01 ^a	3,61 ± 0,01 ^b	3,52 ± 0,00 ^b
25	3,57 ± 0,04 ^a	3,55 ± 0,00 ^b	3,41 ± 0,02 ^a	3,59 ± 0,02 ^b	3,51 ± 0,00 ^b
SST (°Brix)*					
0	13,2 ± 0,30 ^a	13,3 ± 0,10 ^a	14,4 ± 0,05 ^a	14,5 ± 0,40 ^a	14,4 ± 0,10 ^a
5	14,4 ± 0,10 ^a	14,3 ± 0,10 ^a	15,1 ± 0,10 ^{ab}	14,9 ± 0,10 ^a	15,5 ± 0,10 ^b
10	14,3 ± 0,10 ^a	14,3 ± 0,10 ^a	15,6 ± 0,20 ^a	15,1 ± 0,10 ^b	15,1 ± 0,05 ^b
15	14,2 ± 0,10 ^a	13,7 ± 0,10 ^b	15,1 ± 0,10 ^a	15,5 ± 0,20 ^a	16,1 ± 0,05 ^b
20	14,3 ± 0,05 ^a	13,5 ± 0,05 ^b	15,1 ± 0,10 ^a	14,9 ± 0,10 ^a	16,7 ± 0,10 ^b
25	13,9 ± 0,20 ^a	14,1 ± 0,00 ^a	15,1 ± 0,10 ^a	15,2 ± 0,10 ^a	17,2 ± 0,10 ^b

*Letras minúsculas iguais nas linhas, para o mesmo experimento, indicam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

4.3.5 Açúcares

As Figuras 17, 18 e 19 apresentam os resultados do teor de frutose, glicose e sacarose dos frutos dos *Physalis* sem e com as coberturas nas condições estudadas. Houve aumento no conteúdo de frutose e glicose ao longo do período de armazenamento para as amostras sem e com as coberturas nas diferentes condições. A menor variação no teor de frutose e glicose foi para as amostras sem e com cobertura contendo 0,5 % de ácido oleico, armazenados a 5 °C e 80 % UR, os quais não apresentaram diferença significativa ($p \geq 0,05$) aos 25 dias de armazenamento. Em estudos realizados por Ávila et al. (2006) e

por Moraes (2013) o mesmo ocorreu a partir do 12° a 15° dia de armazenamento dos *Physalis* a 18 °C e a 5 °C, respectivamente. Com o aumento da maturação, ocorre um aumento da concentração de açúcares simples devido à hidrólise do amido à glicose (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Para o teor de sacarose houve decréscimo ao longo do período de armazenamento dos *Physalis* sem e com as coberturas. Esse decréscimo provavelmente se deve à ação da invertase, enzima que atua na hidrólise da sacarose, transformando-a em açúcares de cadeia menor (glicose e frutose). Para a condição de 5 °C e 80 % de UR as amostras sem e com cobertura contendo 0,5 % de ácido oleico apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) ao longo do período de armazenamento, mas a variação de seus valores foi menor quando comparados com as amostras das outras condições (Figura 17 e 19).

Esses aumentos no teor de frutose e glicose e as reduções do teor de sacarose das amostras sem e com as coberturas para as condições de armazenamento podem ser correlacionadas com os resultados descritos dos SST. Chitarra e Chitarra (2005) explicam que o teor de sólidos solúveis totais não representa o teor exato dos açúcares, pois outras substâncias se encontram dissolvidas no suco da fruta como vitaminas, pectinas, fenólicos, e ácido orgânicos, sendo que, entre essas, os açúcares representam de 85% a 90% dos sólidos solúveis. Desta forma, é compreensível ter sido observado aumento no teor de frutose e glicose das amostras, sendo que se tenha ocorrido variação nos valores dos SST ao longo do armazenamento.

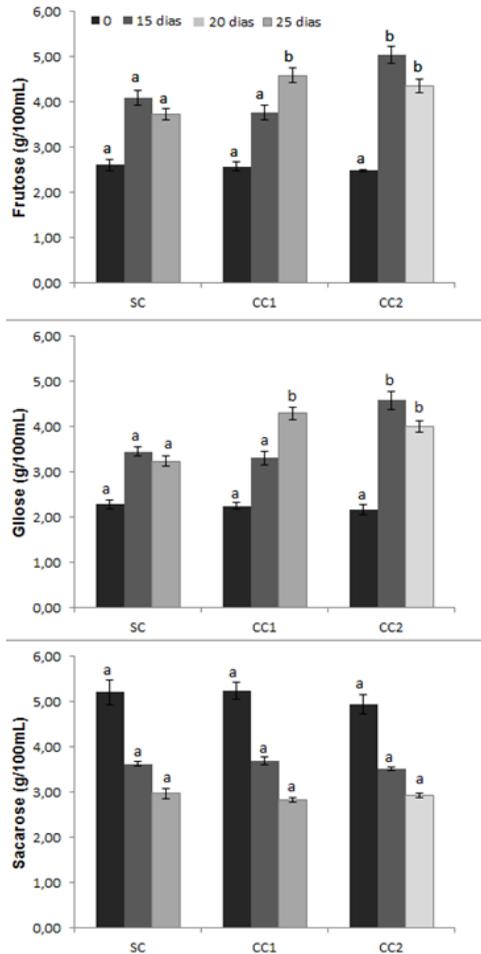
Novoa et al. (2006) avaliaram os açúcares do *Physalis* por cromatografia líquida de alta eficiência e obtiveram valores de 602,86 a 1391,13 mg.100g⁻¹ para sacarose, 357,61 a 970,71 mg.100g⁻¹ para glicose e 273,10 a 815,35 mg.100g⁻¹ para frutose, no primeiro dia de armazenamento.

Os dados apresentados por Ávila et al. (2006) e Novoa et al. (2006) para o teor de sacarose, glicose e frutose em frutos do gênero *Physalis* foram inferiores ao mencionados no presente estudo. Estas diferenças podem ocorrer por variações do período de colheita, condições de cultivo (região, solo e clima), variedade da fruta e grau de maturação.

A condição de armazenamento a 5 °C e 80 % UR apresentou menores variações nos resultados para o teor de

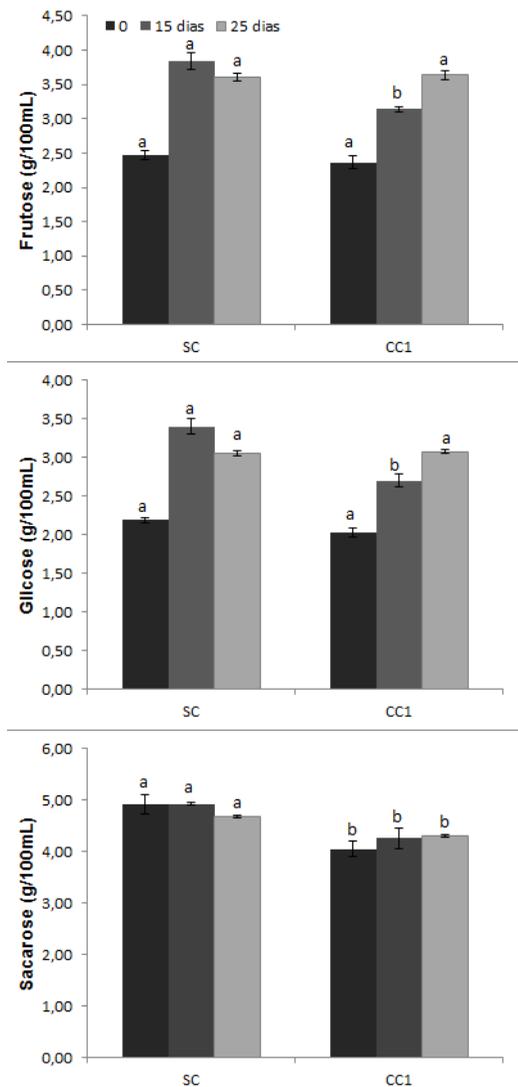
açúcares dos *Physalis* sem e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % de ácido oleico.

Figura 16: Teor de Frutose, Glicose e Sacarose em *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 20 °C – 68 % UR.



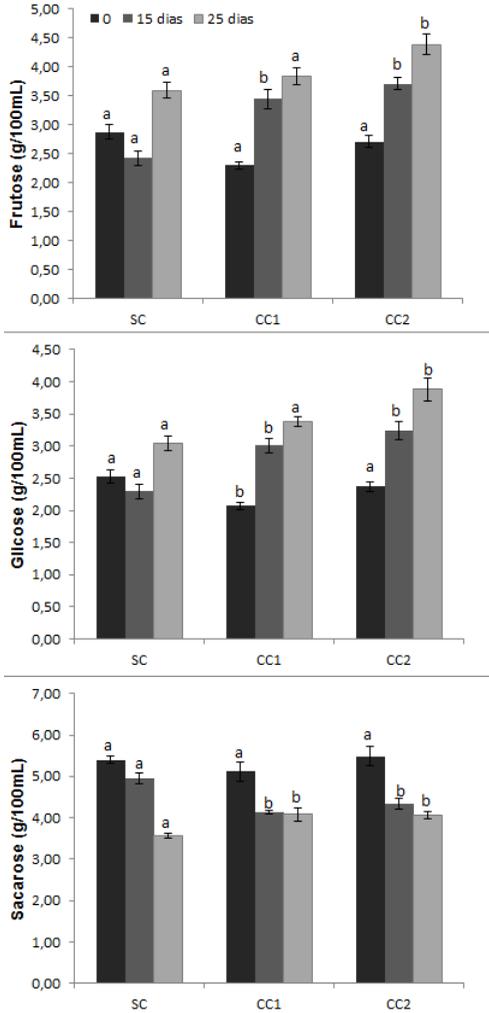
*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores iguais indicam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

Figura 17: Teor de Frutose, Glicose e Sacarose em *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C – 80 % UR.



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores iguais indicam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

Figura 18: Teor de Frutose, Glicose e Sacarose em *Physalis* sem cobertura (SC) e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % (CC1) e 1 % (CC2) de ácido oleico, armazenadas a 5 °C – 54 % UR.



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores iguais indicam que as amostras não diferem significativamente ($p \geq 0,05$).

4.3.6 Cinética de respiração do *Physalis* sem e com cobertura

A concentração de gás no interior do recipiente contendo os frutos foi avaliada durante 120 horas, período necessário para alcançar o equilíbrio das concentrações de oxigênio (O_2) e dióxido de carbono (CO_2).

A Figura 20 apresenta os resultados das concentrações dos gases O_2 e CO_2 no volume livre do recipiente contendo *Physalis* sem e com cobertura comestível de gelatina com 0,5 % de ácido oleico. Os modelos utilizados (equações 2.3 e 2.4) ajustaram-se bem aos dados experimentais, conforme os valores dos R^2 de 0,998 para O_2 e 0,994 para CO_2 dos frutos sem cobertura e de 0,994 para O_2 e 0,998 para CO_2 dos frutos com cobertura.

Como mostra a Figura 20, para os *Physalis* armazenados sem cobertura, a concentração de O_2 diminuiu de 19,31 % para 1,59 % e a concentração de CO_2 aumentou de 0,50 % para 14,25 %. Para os *Physalis* armazenados com cobertura comestível de gelatina com 0,5 % de ácido oleico, a concentração de O_2 diminuiu de 19,73 % para 7,72 % e a concentração de CO_2 aumentou de 0,10 % para 8,50 %, no período de 120 horas. Observa-se que para os frutos sem cobertura ao final do processo os frutos se encontraram em anaerobiose. Segundo Kader (2002), concentrações de O_2 abaixo de 3 % ocorre anaerobiose dos frutos.

Com base nos resultados, verificou-se que o uso da cobertura comestível a 5 °C permitiu que os frutos tivessem 32,22 % menos consumo de O_2 e 63,69 % menos produção de CO_2 do que os frutos sem cobertura, mas com concentração final de O_2 acima de 3 %, evitando mudança de respiração aeróbica para anaeróbica.

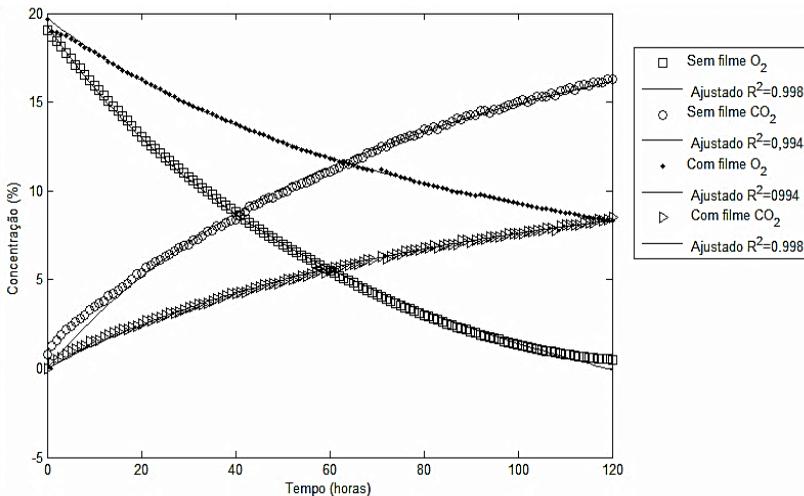
Hagenmaier (2005) explica que a redução no consumo de O_2 no fruto com cobertura comestível é devido a provável migração do gás da seguinte forma: difusão livre através dos poros da pele, tais como lenticelas, estômatos, cicatrizes e lesões ou através da permeância clássica devido à barreira, que consiste de um gás dissolver-se no lado de alta concentração, difundir-se, e sair na solução de baixa concentração. Desse modo a redução na concentração de gás com cobertura

comestível indica que este age como uma barreira bloqueando a passagem livre de gás através dos poros da fruta (ADAY; CANER, 2010).

Pérez-Gago et al. (2005) avaliaram a aplicação de cobertura comestível à base de HPMC e lipídios em laranjas, armazenadas a 9 °C, e observaram redução no consumo de O₂ e produção de CO₂ para os frutos revestidos. Tosati (2013) estudando a aplicação de cobertura comestível à base de HPMC e lipídeos em tomate cereja também verificou que o uso de cobertura reduziu o consumo de O₂ em 34 % e produção de CO₂ em 27 % para os frutos armazenados a 5 °C.

Não foram encontrados na literatura dados de concentração de gases seguindo o mesmo método e utilizando biofilmes à base de proteínas para *Physalis*.

Figura 19: Cinética de respiração dos *Physalis* sem e com cobertura de gelatina contendo 0,5 % de ácido oleico a 5 °C.



4.3.7 Taxa de respiração

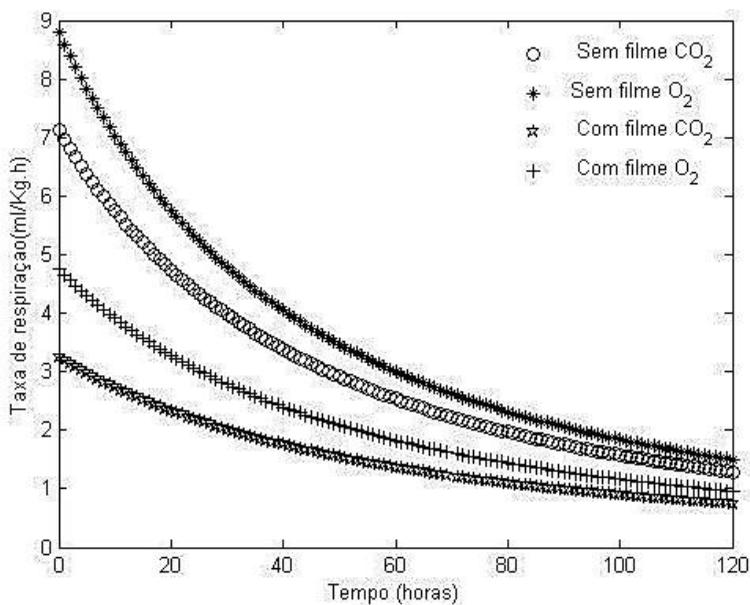
A taxa de respiração dos frutos dos *Physalis* sem cobertura e com cobertura de gelatina com 0,5 % de ácido oleico (CC1) foi calculada a partir das derivadas das equações 2.3 e 2.4.

Vários trabalhos na literatura tem mostrado que o *Physalis* apresenta comportamento tipicamente climatérico (ALVARADO et al., 2004; ÁVILA et al., 2006; NOVOA et al., 2006; GUTIERREZ et al., 2008). Kader et al. (1989) explicam que no processo de maturação dos frutos climatéricos, ocorre um aumento da intensidade respiratória e produção de etileno.

A Figura 21 apresenta a taxa respiratória dos *Physalis* sem e com cobertura de gelatina com 0,5 % de ácido oleico, a 5 °C. Através dos resultados é possível observar que os frutos dos *Physalis* com cobertura comestível apresentaram menores taxas respiratórias em função do consumo de O₂ e produção de CO₂ do que para os frutos sem cobertura. A baixa permeabilidade ao O₂ e ao CO₂ da cobertura comestível obtida no presente estudo interferiu na redução dos valores da taxa respiratória dos *Physalis* com cobertura comestível. Sendo assim pode-se concluir que o uso de cobertura comestível de gelatina com 0,5 % de ácido oleico a 5 °C diminuiu a respiração dos frutos, retardando seu amadurecimento e senescência.

Zapata et. al (2008) estudaram a aplicação de filme comestível a base de alginato e zeína no armazenamento do tomate a temperatura de 20°C. Os autores mostraram que a aplicação desse filme diminui a taxa de respiração, tendo como consequência positiva menor perda de qualidade físico-química (firmeza, perda de massa, alteração da cor) e maiores níveis de açúcar e baixos níveis de ácidos orgânicos devido ao menor consumo na respiração.

Figura 20: Taxa de respiração dos *Physalis* sem cobertura (sem filme) e com cobertura de gelatina contendo 0,5 % de ácido oleico (com filme) a 5 °C.



5 CONCLUSÕES

As coberturas comestíveis à base de gelatina apresentaram boa aderência à superfície dos *Physalis*. A caracterização das duas coberturas com 0,5 % e 1 % de ácido oleico não apresentaram diferença quanto à concentração de ácido oleico incorporado nas formulações. Os filmes apresentaram boa transparência não sendo influenciados pela incorporação de 0,5 % ou 1 % de ácido oleico.

As micrografias mostraram que a estrutura dos filmes era lisa na parte inferior apresentando uma boa agregação das moléculas, apesar de ter sido identificado bolhas de óleos na superfície. A permeabilidade alta ao vapor de água foi relacionada à característica hidrofílica da proteína e a incorporação de baixa de ácido oleico, o que permitiu maior transferência do vapor de água através do filme. A maior permeabilidade ao CO₂ foi provavelmente devido este ser mais solúvel na matriz proteica do que o O₂. As propriedades mecânicas mostraram filmes elásticos e pouco rígidos. As análises dos ângulos de contato mostraram o caráter hidrofóbico das superfícies inferiores (base) e hidrofílicas das superfícies superiores (topo) das coberturas comestíveis.

A avaliação das propriedades dos frutos mostrou que o uso das coberturas comestíveis está diretamente relacionada ao ambiente de armazenamento quanto a temperatura e umidade relativa. A temperatura de 20 °C para as duas condições (68 % e 80 % UR) estudadas mostrou não ser eficaz para a redução do amadurecimento de frutos dos *Physalis* sem e com coberturas comestíveis à base de gelatina contendo 0,5 % e 1 % de ácido oleico (CC1 e CC2). Na temperatura de 5 °C a condição 1 (80 % UR) foi a que apresentou as menores variações dos resultados das características físico-químicas para os frutos dos *Physalis* sem e com cobertura à base de gelatina contendo 0,5 % de ácido oleico (CC1).

O uso de cobertura comestível de gelatina com 0,5 % de ácido oleico a 5 °C diminuiu a respiração dos *Physalis*, apresentando menores taxas respiratórias em função do consumo de O₂ e produção de CO₂.

REFERÊNCIAS

- ADAY, M.S.; CANER, C. Understanding the Effects of Various Edible Coatings on the Storability of Fresh Cherry. *Packaging Technology and Science*, v.23, p.441-456, 2010.
- AKED, J. "Maintaining the postharvest quality of fresh fruits and vegetables" _in *Fruit and vegetable processing: Improving quality*, Jongen, W. (ed), CRC Press, Boca Raton. 2002.
- AKHTAR, M.J.; JACQUOT, M.; JASNIEWSKI, J.; JACQUOT, C.; IMRAN, M.; JAMSHIDIAN, M.; PARIS C.; DESOBRY, S. Antioxidant capacity and light-aging study of HPMC films functionalized with natural plant extract. *Carbohydrate Polymers*, v.89, p.1150-1158, 2012.
- AL-HASSAN, A. A.; NORZIAH. M. H. Starch-gelatin edible films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. *Food Hydrocolloids*, v.6, p.108-117, 2012.
- ALI, A.; MAQBOOL, M.; RAMACHANDRAN S.; ALDERSON, P. G. Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v.58, p.42-47, 2010.
- ALVARADO, P. A.; BERDUGO, C. A.; FISCHER, G. Efecto de un tratamiento de frío (a 1,5°C) y la humedad relativa sobre las características físico-químicas de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) durante el posterior transporte y almacenamiento. *Agronomía Colombiana*, v.22, p.147-159, 2004.
- ANDRADE, L. *Physalis* ou uchuva: Fruta da Colômbia chega ao Brasil. *Revista Rural*, São Paulo, v.38, p. 11-12, 2008.
- ANDREUCCETTI, C.; CARVALHO, R. A.; GALICIA-GARCÍA, T.; MARTÍNEZ-BUSTOS, F.; GROSSO, C. R. F. Effect of surfactants on the functional properties of gelatin-based edible films. *Journal of Food Engineering*, v.103 p.129-136, 2011.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis, 17 ed. Arlington, vol.2, 2002.

ARANGO, Z. T. M.; RODRÍGUEZ, M. C.; CAMPUZANO, O. I. M. Frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) ecotipo 'Colombia' mínimamente procesados, adicionados con microorganismos probióticos utilizando la ingeniería de matrices. Revista Facultad Nacional de Agronomía, v.63, n.1, p.5395-5407, 2010.

ÁVILA, J. A.; MORENO, P.; FISCHER, G.; MIRANDA, D. Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (*Physalis peruviana* L.), almacenada a 18°C. Acta Agronómica (Colombia), v. 55, n. 4, p. 29-38, 2006.

AWAD, M. Fisiologia pós-colheita de frutas. ed. Nobel. São Paulo, 1993.

AYRANCI, E.; TUNC, S. A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. Food Chemistry, v.80, p. 423–431, 2003.

AZEVEDO, S. M. C. Estudos de taxa de respiração e de fatores de qualidade na conservação de morango fresco. Dissertação de mestrado. (2007), p.135, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciências do Consumo alimentar, Universidade Aberta, 2007.

AZEVEDO, M. S.; PIRASSOI, G.; FETT, R.; MICKE, G. A.; VITALI, L.; COSTA, A. C. O. Screening and determination of aliphatic organic acids in commercial Brazilian sugarcane spirits employing a new method involving capillary electrophoresis and a semi-permanent adsorbed polymer coating. Food Research International, v.xxx, p.xxx, 2013.

BARBOSA, L. N. Influência da temperatura na composição gasosa e nos parâmetros físico-químicos e sensoriais de cenoura orgânica (*Daucus carota* L. var. Brasília) mínimamente processada. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em

Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p.98, 2007.

BARRETO, P. L. M. Propriedades Físico-químicas de soluções formadoras e filmes de caseinato de sódio plastificados com sorbitol. 2003. 114 f. Tese (Doutorado em Química) - Pós graduação em Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BARROS, J. C. da S. M. de; GOES, A. de; MINAMI, K. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). Ciência Agrícola, v.51, p. 363-368, 1994.

BATISTA, J. A.; TANADA-PALMU, P. S.; GROSSO, C. R. F. Efeito da adição de ácidos graxos em filmes à base de pectina. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.25, p.781-788, 2005.

BELITZ, H.-D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. Food Chemistry. 4. ed. Berlin: SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG, 2009.

BENÍTEZ, S.; CHIUMENTI, M.; SEPULCRE, F.; ACHAERANDIO, I.; PUJOLÁ, M. Modeling the effect of storage temperature on the respiration rate and texture of fresh CUT pineapple. Journal of Food Engineering, v.113, p. 527-533, 2012.

BERTAN, L. C.; TANADA-PALMU, P. S.; SIANI, A. C.; GROSSO, C. R. F. Effect of fatty acids and "Brazilian elemi" on composite films based on gelatin. Food Hydrocolloids, Tongxiang City, v.19, p.73-82, 2005.

BERTUZZI, M.A.; ARMADA, M.; GOTTIFREDI, J.C. Physicochemical characterization of starch based films. Journal of Food Engineering. Essex, v.82, p. 17-25, 2007.

BERG, J. C. Wettability - Surfactant Science Series, v. 49, New York, 1993.

BHANDE, S. D.; RAVINDRA, M. R.; GOSWAMI, T. K. Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage

temperatures. *Journal of Food Engineering*, v.87, p.116-123, 2008.

BHOWMIK, S. R.; PAN, J. C. Shelf life of mature green tomatoes stored in controlled atmosphere and high humidity. *Journal of Food Science*, v.57, p.948-953, 1992.

BIALOPIOTROWICZ, T.; JANCZUK, B. The changes of the surface free energy of the adsorptive gelatin films. *European Polymer Journal*, v.37, p.1047–1051, 2001.

BRITO, D. (2002). *Producción de uvilla para exportación. Agroexportación de productos no tradicionales (p.10)*. Quito, Ecuador: Fundación Aliñambi, 2002.

BURKARTER, E. Construção de imagens por padrões hidrofóbico/hidrofílico. 2006. 94p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Física do Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CEDEÑO, M.; MONTENEGRO, D. (2004). *Plan exportador, logístico y comercialización de uchuva al mercado de Estados Unidos para FRUTEXPO SCI Ltda*. Facultad de Ingeniería, vol. Ingeniero Industrial. : Bogotá Pontificia Universidad Javeriana, 2004.

CANTILLANO, R. F. F., *Boletim do Morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico*. In: *Fisiologia e manejo na colheita e pós-colheita de morangos*. FAEMG, Belo Horizonte, p.160, 2006.

CAO, N.; YANG, X.; FU, Y. Effects of various plasticizers on mechanical and water vapor barrier properties of gelatin films. *Food Hydrocolloids*, v.23, p.730, 2009.

CARNELOSSI, M.A.G.; SILVA, E.O.; CAMPOS, R.S.; PUSCHMANN, R. Respostas fisiológicas de folhas de couve minimamente processadas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n.2, p.215-220, 2005.

CARRASCO, R. R.; ZELADA, C. R. E. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química Perú*, v.74, p. 108–124, 2008.

CARVALHO, R. A. Desenvolvimento e caracterização de biofilmes a base de gelatina. Campinas, 1997, 128 p. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 1997.

CARVALHO, R. A.; GROSSO, C. R. F. Efeito do Tratamento térmico e enzimático nas propriedades de filmes e gelatina. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas, v. 26, n. 3, p. 495-501, jul-set, 2006.

CARVALHO FILHO, C. D. Conservação de cerejas (*Prunus avium* L.), cv. Ambrunés, utilizando coberturas comestíveis. 2000. 123 f. Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2000.

CASTAÑEDA, G. E.; PAREDES, R. I. Estudio del proceso respiratorio, principales ácidos orgánicos, azúcares y algunos cambios físico-químicos en el desarrollo del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Tese graduação, Faculdade de Agronomia, Universidade Nacional da Colômbia, Bogotá, p.278, 2003.

CHAVES, A. C. Propagação e avaliação fenológica do *Physalis* sp na região de Pelotas-RS. 2006. 65p. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2006.

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

COSTA, N. P.; LUZ, T. L. B.; BRUNO, R. L. A. Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) colhidos em quatro estádios de maturação. *Biociência Jornal (Uberlândia)*, v.20, n.2, p.65-71, 2004.

COSTA, O. S.; FERNANDES, N. C.; OLIVEIRA, S. B.; SOUSA, A. R.; SIQUEIRA, E. Q. Proposta de Tratamento para Remoção de Cor da Água Residuária de Indústria Farmacêutica de Cápsulas Coloridas de Gelatina. *Revista Processos Químicos*, p.31-43, 2009.

COUTINHO, E. F.; CANTILLANO, R. F. F. Conservação pós colheita. In: RASEIRA, M. C. B.; ANTUNES, L. E. C. A cultura do mirtilo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 53-60, 2004. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 121), 2004.

DASH, K. K.; RAVINDRA, M. R.; GOSWAMI, T. K. Modeling of respiration rate of *sapota* fruit under aerobic conditions. *Journal of Food Process Engineering*, v. 32, p. 528-543. 2007.

DAVANÇO, T.; TANADA-PALMU, P.; GROSSO, C. Filmes compostos de gelatina, triacetina, ácido esteárico ou capróico: efeito do pH e da adição de surfactantes sobre a funcionalidade dos filmes. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.27, p.408-419, 2007.

D'AVILA, V. D. L. Biofilmes à base de gelatina, aplicados na conservação de frutos de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade). 1010. p.23-99. Dissertação Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final. Florianópolis, 2010.

DIAB, T.; BILIADERIS, C. G.; GERASOPOULOS, D.; SFAKIOTAKIS, E. Physicochemical properties and application of pullulan edibles films and coatings in fruit preservation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 81, n. 10, p. 988-1000, 2001.

EL SHEIKHA, A. F.; ZAKI, M. S.; BAKR, A. A.; EL HABASHY, M. M.; MONTET, D. Biochemical and sensory quality of *Physalis* (*Physalis pubescens* L.) juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, v.34, p.541-555, 2010.

ESPINOSA, K.; BONILLA, M. L.; MUÑOZ, J. E.; POSSO, A. M.; VÁZQUEZ, D. H. Colección, caracterización fenotópica y molecular de poblaciones de uchuva (*Physallis peruviana* L.).

Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, v. 2, n. 1, p. 72-78, 2004.

FADINI, A. L.; ROCHA, F. S.; ALVIM, I. D.; SADAHIRA, M. S.; QUEIROZ, M. B.; ALVES, R. M. V.; SILVA, L. B.; Mechanical properties and water vapor permeability of hydrolyzed collagenecocoa butter edible films plasticized with sucrose. Food Hydrocolloids v.30, p.626, 2013.

FAGUNDES, C.; LLUÍS PALOU, L.; MONTEIRO, A. R.; PÉREZ-GAGO, M. B. Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. Postharvest Biology and Technology, v.92, p.1–8, 2014.

FAKHOURI, F. M.; FONTES, L. C. B.; GONÇALVES, P. V. M.; MILANEZ, C. R.; STEEL, C. J.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Films and edible coatings based on native starches and gelatin in the conservation and sensory acceptance of Crimson grapes. Ciênc. Tecnol. Aliment., v.27(2), p.369-375, 2007.

FAKHOURI, F. M. Bioplásticos flexíveis e biodegradáveis à base de amido e gelatina. (2009), p.249. Tese Doutorado, Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

FAKHOURY, F. M.; MARTELLI, S. M.; BERTAN, L. C.; YAMASHITA, F.; MEI, L. H. I.; QUEIROZ, F. P.; Edible films made from blends of manioc starch and gelatin e Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. LWT - Food Science and Technology, v.49, p.149-154, 2012.

FERREIRA, R. M. A. Modificação de filmes de gelatina por adição de surfactantes e ácidos graxos de coco e sua aplicação na conservação de melão charentais sob refrigeração. (2012), p.167. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, UFRSA, Mossoró, 2012.

FISCHER, G.; FLOREZ, V. J.; SORA, A. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, p.26, 2000.

FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; BRECHT, J. K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering*, v.52, p.99-119, 2002.

FRANCO, L. A.; MATIZ, G. E.; CALLE, J.; PINZÓN, R.; OSPINA, L. F. Actividad antiinflamatoria de extractos y fracciones obtenidas de cálices do *Physalis peruviana* L. *Biomédica*, v. 27, p.110-115, 2007.

FURLONG, E. B. *Bioquímica: um enfoque para "alimentos"*. Rio Grande: Edgraf; 2000. 173p.

GALLO, J. A. Q.; DEBEAUFORT, F.; CALLEGARIN, F.; VOILLEY, A. Lipid hydrophobicity, physical state and distribution effects on the properties of emulsion-based edible films. *Journal of Membrane Science*, v.180, p.37-46, 2000.

GÓMEZ-ESTACA, J.; MONTERO, P.; FERNÁNDEZ-MARTÍN, F.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. Physico-chemical and film-forming properties of bovine-hide and tuna-skin gelatin: A comparative study. *Journal of Food Engineering*, v.90, p.481-482, 2009.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *Journal of Food Science*, v.57, p.190–199, 1992.

GUERRERO, P.; NUR HANANI, Z. A.; KERRY, J. P.; CABA, K. de la. Characterization of soy protein-based films prepared with acids and oils by compression. *Journal of Food Engineering*, v.107, p.41–4, 2011.

GUTIERREZ, M. S.; TRINCHERO, G. D.; CERRI, A. M.; VILELLA, F.; SOZZI, G. O. Different responses of goldenberry fruit treated at four maturity stages with the ethylene antagonist 1-

methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, v.48, p.199-205, 2008.

HABERT, A. C.; BORGES, C.P.; NOBREGA, R. *Processos de Separação por membranas*. Rio de Janeiro: E-papers, 2006.

HAGGER, P. E.; LEE, D. S.; YAM, K. L. Application of an enzyme kinetics based respiration model to closed system experiments for fresh produce. *Journal of Food Process Engineering*, v.15, p.143-157, 1992.

HAGENMAIER, R.D. A comparison of ethane, ethylene and CO₂ peel permeance for fruit with different coatings. *Postharvest Biology and Technology*, v.37, p.56-64, 2005.

HERNANDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; OCIO, M. J., GAVARA, R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, v. 39, p. 247–253, 2006.

HOSSEINI, S. F.; REZAEI, M.; ZANDI, M.; GHAVI, F. F. Preparation and functional properties of fish gelatin–chitosan blend edible films. *Food Chemistry* v.136, p.1490–1495, 2013.

HOJO, E. T. D.; DURIGAN, J. F.; HOJO, R. H. Uso de embalagens plásticas e cobertura de quitosana na conservação pós-colheita de Lichias. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v.spe., p.377-383, 2011.

ICONTEC. Frutas frescas: Uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana, NTC 4580. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá. 1999. 15 p.

JIANG, Y.; LI, Y. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry*, v.73 p.143-159, 2001.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*, v.40, n.5, p.99-104, 1986.

KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E. L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical reviews in Food Science and Nutrition*, v. 28, n. 1, p. 1-30, 1989.

KADER, A.A. Postharvest biology and technology: An overview. In: *Post harvest technology of horticultural crops (3rd)*. Publication 3311, University of California: Division of Agriculture and Natural Resources, Davis, CA, USA, 2002.

KALT, W.; PRANGE, R. K.; LIDSTER, P. D. "Postharvest color development of strawberries: Influence of maturity, temperature and light", *Canadian Journal of Plant Science*, v.73, p.541-548, 1993.

KANMANI, P.; RHIM, J. W. Physical, mechanical and antimicrobial properties of gelatin based active nanocomposite films containing AgNPs and nanoclay. *Food Hydrocolloids*, v.35, p.644-652, 2014.

KLUGE, R. A.; MINAMI, K. Efeito de ésteres de sacarose no armazenamento de tomates 'Santa Clara'. *Ciência Agrícola*, Piracicaba, v.54, n.1-2, p.39-44, 1997.

KOKOSZKA, S.; DEBEAUFORT, F.; LENART, A.; VOILLEY, A. 2010. Water vapor permeability, thermal and wetting properties of whey protein isolate based edible films. *International Dairy Journal*, v.20, p.53–60, 2010a.

KOKOSZKA, S.; DEBEAUFORT, F.; HAMBLETON, A.; LENART, A.; VOILLEY, A. Protein and glycerol contents affect physico-chemical properties of soy protein isolate-based edible films. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v.11, p.503–510, 2010b.

KONICA MINOLTA. *Precise Color Communication: Color control from perception to instrumentation*. Konica Minolta Sensing, Inc. 3- 91, Daisennishimachi, Sakai. Osaka 590-8551, Japan, 1998.

KWOK, D. Y.; NEUMANN, A. W. Contact angle measurement and contact angle interpretation. *Advances in Colloid and Interface Science*, v.81, p.167-249, 1999.

LABUZA, T. P. The effect of water activity on reaction Kinetics of food deterioration. *Food Technology*, v.34, n.4, p.36-41, 1980.

LANCHERO, O.; VELANDIA, G.; FISCHER, G.; VARELA, N. C.; GARCÍA, H. Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en poscosecha bajo condiciones de atmosfera modificada activa. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, v. 8, n. 1, p. 61-68, 2007.

LAROTONDA, F. D. S.; GENENA, A. K.; DANTELA, D.; SOARES, H. M.; LAURINDO, J. B.; MOREIRA, R. F. P. M.; FERREIRA, S. R. S. F. Study of banana (*Musa aaa Cavendish cv Nanica*) trigger ripening for small scale process. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 51, n. 5, p. 1033-1047, 2008.

LEMOS, O. L.; Utilização de biofilmes comestíveis na conservação pós-colheita do pimentão “Magalir R”. Dissertação de mestrado do Programa de pós-graduação em Agronomia, UESB, Bahia, p.47-98, 2006.

LICODIEDOFF, S. Caracterização físico-química e compostos bioativos em *Physalis peruviana* derivados. Tese Doutorado Eng. de alimentos, Curitiba, p.118, 2012.

LICODIEDOFF, S.; KOSLOWSKI, L. A. D.; HIBANI, R. H.; Flavonols and antioxidant activity of *Physalis peruviana* L. fruit at two maturity stages, *Acta Scientiarum. Technology*, v35, p.395, 2013.

LIMA, C. S. M.; MANICA-BERTO R.; SILVA, S. J. P.; BETEMPS, D. L.; RUFATO, A. R. Custos de implantação e condução de pomar do *Physalis* na região sul do estado do Rio Grande do Sul. *Revista Ceres*, v.56, p.555-561, 2009a.

LIMA C. S. M.; SEVERO J.; MANICA-BERTO R.; SILVA J. A.; RUFATO L e RUFATO R. A. Características físico-químicas do *Physalis* em diferentes colorações do cálice e sistemas de condução. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.31, p.1062, 2009b.

LIMA, C. S. M.; SEVERO, J.; ANDRADE, S. B.; AFFONSO, L. B.; ROMBALDI, C. V.; RUFATO, A. DE R. Qualidade pós-colheita do *Physalis* sob temperatura ambiente e refrigeração. Rev. Ceres, Viçosa, v.60, p.311-317, 2013.

LIMPISOPHON, K.; TANAKA, M.; OSAKO, K. Characterization of gelatin–fatty acid emulsion films based on blue shark (*Prionace glauca*) skin gelatin. Food Chemistry, v.122, p.1095–1101, 2010.

LI, B.; KENNEDY, J. F.; PENG, J. L.; YIE, X.; XIE., B. J.; Preparation and performance evaluation of glucomannan-chitosan-nisin ternary antimicrobial blend film. Carbohydrate Polymers, v.65, p.488-494, 2006.

MA, W.; TANG, C.; YIN, S.; YANG, X.; WANG, Q.; LIU, F.; WEI, Z. Characterization of gelatin-based edible films incorporated with olive oil. Food Research International, v.49, p.572–579, 2012.

MANIGLIA, B. C.; DOMINGOS, J. R.; PAULA, R. L. de; D.R. TAPIA-BLÁCIDO, D. R. Development of bioactive edible film from turmeric dye solvent extraction residue. LWT - Food Science and Technology, v.56, p.270, 2014.

MCHUGH, T. H.; AVENA-BUSTILLO, R.; KROCHTA, J.M. Hydrophilic edible films: modified procedure for water vapor permeability and explanation on thickness effects. Journal of Food Science, v. 58, p. 899-903, 1993.

MORAES, K. S. de. Influência da atmosfera modificada e cobertura comestível na qualidade do *Physalis* (*Physalis peruviana* L.) Armazenada em diferentes temperaturas. Tese doutorado, Engenharia de Alimentos, Florianópolis, SC, p.271, 2013.

MORI, E.E.M. Reologia e textura do ponto de vista organoléptico. In: CAMPOS, S.D.S.; GONÇALVES, J.R.; MORI, E.E.M.; GASPARETTO, C.A.; Reologia e textura de alimentos. Campinas: ITAL, p.17-42, 1989.

MUJICA-PAZ, H.; GONTARD, N. Oxygen and Carbon dioxide Permeability of Wheat Gluten Film: Effect of Relative Humidity

and Temperature. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 45, p. 4101-4105. 1997.

MÜLLER, C. M. O.; YAMASHITA, F.; LAURINDO, J. B. Evaluation of effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach. Carbohydrate Polymers, v.72, n.1, p.82- 87, 2008.

NOVOA, R. H.; BOJACÁ, M.; GALVIS, J. A.; FISCHER, G. La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12°C (*Physalis peruviana* L.). Agronomía Colombiana, v. 24, n. 1, p.77-86, 2006.

NUR HANANI, Z. A.; ROOS, Y. H.; KERRY, J. P. Use of beef, pork and fish gelatin sources in the manufacture of films and assessment of their composition and mechanical properties. Food Hydrocolloids, v.29, p.144-151, 2012.

OLIVEIRA, B. S.; NUNES, M. L. Avaliação de quitosana de carangueijo-uçá (*Ucides cordatus*) como biofilme protetor em caju. Scientia Plena, Aracaju, v.7, p.01-06, 2011.

ORDÓÑEZ P. J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. Tecnología de alimentos: componentes dos alimentos e processos. v. 1. Porto Alegre: Artmed, 294p., 2005.

OWENS, D. K.; WENDT, R. C. Estimation of the Surface Free Energy of Polymers, Journal Application of Polymers Science; v.13, p.1741, 1969.

PATEL, P. R.; GOL, N. B.; RAO, T. V. R. Physiochemical changes in sunberry (*Physalis minima* L.) fruit during growth and ripening. Fruits, v. 66, n. 1, p. 37-46, 2011.

PELAYO-ZALDIVAR, C.; EBELER, S.; KADER, A. A. "Cultivar and harvest date effects on flavor and other quality attributes of

California strawberries". *Journal of Food Quality*, 28, 1, 78-97, 2005.

PELEG, M. An Empirical Model for the Description of Moisture Sorption Curves. *Journal of Food Science*, v.53, p.1216-1217. 1988.

PÉREZ, A. G.; SANZ, C.; RÍOS, J. J.; OLÍAS, R.; OLÍAS, J. M. Effects of ozone treatment on postharvest strawberry quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 47, n. 4, p. 1652-1656, 1999.

PEREZ-GAGO, M. B.; SERRA, M.; ALONSO, M.; MATEOS, M.; DEL RÍO, M. A. Effect of whey protein- and hydroxypropyl methylcellulose-based edible composite coatings on color change of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, v. 36, n. 1, p. 77–85, 2005.

PEREIRA, T.; CARLOS, L. A.; OLIVEIRA, J. G.; MONTEIRO, A. R. Características físicas e químicas de goiaba cv. Cortibel (*Psidium guajava*) estocadas sob refrigeração em filmes X-Tend. *Alimentos e Nutrição*, v. 16, n. 1, p. 11-16, 2005.

PODCZECK, F.; JONES, B. *Pharmaceutical Capsules – Second Edition*. Pharmaceutical Press (Ed.), SA, SPAIN, p.8-42. 2004.

PUENTE, L. A.; PINTO-MUÑOZ, C. A.; CASTRO, E. S.; CORTÉS, M. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*, v. 44, n. 7, p.1733-1740, 2011.

RAMADAN, M. F. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. *Food Research International*, V.44, P.1830-1836, 2011.

RAMADAN, M. F.; MORSEL, J. -T. Oil goldenberry (*Physalis peruviana*L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.51, p.969–974, 2003.

RIBEIRO, C.; VICENTE, A. A.; TEIXEIRA, J. A.; MIRANDA, C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry

fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, v. 44, n. 1, p. 63–70, 2007.

RIZELIO, V.M.; TENFEN, L.; SILVEIRA, R. da; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Development of a fast capillary electrophoresis method for determination of carbohydrates in honey samples. *Talanta*, v.93, p.63, 2012a.

RIZELIO, V. M.; GONZAGA, L. V.; BORGES, G. S. C.; MALTEZ, H. F.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Fast determination of cations in honey by capillary electrophoresis: A possible method for geographic origin discrimination. *Talanta*, v.99, p.450–456, 2012b.

RIVERO, S.; GARCÍA, M. A.; PINOTTI, A. Correlations between structural, barrier, thermal and mechanical properties of plasticized gelatin films. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v.11 p.369–375, 2010.

RODRIGUES, F. A.; PENONI, E. S.; SOARES, J. D. R.; PASQUAL, M. Characterization of the harvest point of *Physalis peruviana* L. in the region of Lavras, state of Minas Gerais. *Biosci. J.*, Uberlândia, v.28, n.6, p.862-867, 2012.

RODRÍGUEZ, U.; LIZETT, S.; RODRÍGUEZ, U.; MARIELA, E. Efecto de la ingesta do *Physalis peruviana* (aguaymanto) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes. *Revista Médica Vallejana*, v.4(1), p.43-52, 2007.

ROJAS-GRAÜ, M. A. Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: Una nueva estrategia de conservación. 2006, 76p. Tesis Doctoral, Universidade de Lleida, Espanha, 2006.

ROTTA, J. Propriedades físico-químicas de soluções formadoras e de filmes de quitosana e hidroxipropilmetilcelulose. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p.128, 2008.

RUSSO, V.C. Conservação refrigerada de abacate 'Hass'e 'Fuerte' submetidos à atmosferas modificadas ativas. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciências de alimentos. UNESP. Botucatu, p.134, 2012.

SALUNKHE, D. K.; BOUN, H. R.; REDDY, N. R. Storage processing and nutritional quality of fruits and vegetables. Fresh fruits and vegetables, v. 1, CRC, Boca Raton, 1991.

SANTOS, L. O. MARTINS, R. N. et. al. Morango: conquistando novas fronteiras. In Técnicas de conservação pós-colheita de morango. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, jan./fev. 2007.

SANDHYA. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. LWT - Food Science and Technology, v.43, n.3, p.381-392, 2010.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; PASTOR, C.; VARGAS, M.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C.; CHÁFER, M. Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. Postharvest Biology and Technology, v.60, p.59, 2011.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. Embalagens plásticas flexíveis - principais polímeros e avaliação de propriedades. Campinas: CETEA/ITAL, p.267, 2002.

SEVERO, J.; LIMA, C. S. M.; COELHO, M. T.; RUFATTO, A. D. R.; ROMBALDI, C. V.; SILVA, J. A. Atividade antioxidante e fitoquímicos em frutos do *Physalis* (*Physalis peruviana*, L.) durante o amadurecimento e o armazenamento. Revista Brasileira de Agrociência, v.16, p.77-82, 2010.

SHAROBA, A. M.; RAMADAN, M. F. Rheological behavior and physicochemical characteristics of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) juice as affected by enzymatic treatment. Journal of Food Processing and Preservation, v. 35, n. 2, p.201-219, 2011.

SHARMA, P. - Surface Studies Relevant to Microbial Adhesion and Bioflotation of Sulphide Minerals. Doctoral Thesis, Luleå University of Technology, Suécia 2001.

SILVA, S. E da. Caracterização do transporte facilitado em membranas contendo biotransportadores para separação do oxigênio. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, UFRJ, Rio de Janeiro, p.67, 2009.

SILVA, E. M. Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de pinhão. Trabalho de diplomação em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, UFRGS, RS, p.32, 2011.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. Princípios de Análise Instrumental. 5^o ed. São Paulo: Bookman, 2002.

SONG, Y.; VORSA, N.; YAM, K. L. Modeling respiration-transpiration in a modified atmosphere packaging system containing blueberry. *Journal of Food Engineering*, v.53, n.2, p.103-109, 2002.

SOBRAL, P. J. A.; MENEGALLI, F. C.; HUBINGER, M. D; ROQUES, M. A. Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. *Food Hydrocolloids*, v.15, p.423–432, 2001.

SOBRAL, P. J. A.; HABITANTE, A. M. Q. B. Phase transitions of pigskin gelatin. *Food Hydrocolloids*, v.15, p.377–382, 2001.

STAINSBY, G. The gelatin gel and the sol-gel transformation. In: *The Science and Technology of Gelatin*, New York, Edr. G. A. WARD & A. COURTS, Academic Press, 1977, ch. 6, p. 179-208, 1977.

TABIL, L., SOKHANSANJ, S. “Mechanical and Temperature Effects on Shelf Life Stability of Fruits and Vegetables”_ in CLYDESDALE, F. M. (ed), *Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical, and Microbiological Changes*, CRC, Boca Raton, 2001.

TANG, C.H.; JIANG, Y.; WEN, Q. B.; YANG, X.Q. Effect of transglutaminase treatment on the properties of cast films of soy protein isolates. *Journal of Biotechnology*, v.120, p.296-307, 2005.

THIRÉ, R.M.S.; SIMÃO, R.A; ARAÚJO, P.J.G.; ANCHETE, C.A. Redução da hidrofobicidade de filmes biodegradáveis a base de amido por meio de polimerização por plasma. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, São Carlos, v. 14, p. 57-62, 2004.

TORRIERI, E. CAVELLA, S.; MASI, P. Modeling the respiration rate of fresh-cut Annurca apples to develop modified atmosphere packaging *International Journal of Food Science and Technology*, v.44, p.890-899, 2009.

TOSATI, J. V. Determinação da taxa de respiração de tomate cereja e da permeabilidade à gás de filme comestível a base de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC). 2013, 105p. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Faculdade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

TREZZA, T. A.; KROCHTA, J. M. The gloss of edible coatings as affected by surfactants, lipids, relative humidity, and time. *Journal of Food Science*, vol. 65, n. 4, p. 658-662, 2000.

VALENCIA-CHAMORRO, S. A.; PEREZ-GAGO, M. B.; DEL RÍO, M. A.; PALOU, L. Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-lipid edible composite coatings on penicillium decay development and postharvest quality of cold-store "Ortanique" man arins. *Journal of Food Science*, v.75, n.8, p.S418-S426, 2010.

VAN DE VELDE, K.; KIEKENS, P. Development of a flax/polypropylene composite with optimal mechanical characteristics by fiber and matrix modification. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, v.15, p.281-300, 2002.

VANIN, F. M.; SOBRAL, P. J. A.; MENEGALLIB, F. C.; CARVALHOA, R. A.; HABITANTE, A. M. Q. B. Effects of plasticizers and their concentrations on thermal and functional

properties of gelatin-based films. *Food Hydrocolloids*, v.19, p.899–907, 2005.

VELÁSQUEZ H. J. C.; GIRALDO, O. H. B.; ARANGO, S. S. P. Estudio preliminar de la resistencia mecánica a la fractura y fuerza de firmeza para fruta de uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, v.60, p.3785-3796, 2007.

VELÁSQUEZ, H. J. C; SARAZ, J. A. O. Avance experimental de la ingeniería de poscosecha de frutas colombianas: resistencia mecánica para frutos de uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Dyna*, v. 75, n. 154, p. 39-46, 2008.

VICENTINI, N. M. Elaboração e caracterização de filmes comestíveis á base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita. 2003. 62f. Tese de Doutorado em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2003.

VICENTINI, N. M.; CEREDA, M. P.; CÂMARA, F. L. A. Revestimento de fécula de mandioca, perda de massa e alteração da cor de frutos de pimentão. *Ciência Agrícola*, v.56, p.713-716, 1999.

VILLALOBOS, R.; CHANONA, J.; HERNÁNDEZ, P.; GUTIÉRREZ, G.; CHIRALT, A. Brilho e transparência dos filmes hidroxipropilmetilcelulose contendo surfactantes em função de sua microestrutura. *Alimentos hidrocolóides*, v.19, p.53-61, 2005.

VOGLER, E. A. Structure and reactivity of water at biomaterial surfaces. *Advances in Colloid and Interface Science*, v.74, p.69–117, 1998.

WOLF, K. L. Propriedades físico-químicas e mecânicas de biofilmes elaborados a partir de fibra e pó de colágeno. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da UNESP, São José do Rio Preto, p.40-102, 2007.

WUSTNECK, R.; KRAGEL, J. Characterization of gelatin/surfactant interaction and its relevance to liquid film coating. *Studies in Interface Science*, v.7, p.433–490, 1998.

ZAPATA J. Z; GUILLÉN F.; ROMERO D. M; CASTILHO S; VALERO D; SERRANO M. Use of alginate or zein as edible to delay postharvest ripening process and to maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88; 1287-1293. 2008.

ZHANG, N.; LIU, H.; YU, L.; LIU, X.; ZHANG, L.; CHEN, L.; SHANKS, R. Developing gelatin–starch blends for use as capsule materials. *Carbohydrate Polymers*, v.92, p.455–461, 2013.