



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL de LONDRINA

---

RICARDO JOSUE SILVA SALGADO

**SISTEMA DE EMBALAGEM ATIVA BIODEGRADÁVEL  
PARA UVAS DE MESA *IN NATURA***

---

Londrina

2021

RICARDO JOSUE SILVA SALGADO

**SISTEMA DE EMBALAGEM ATIVA BIODEGRADÁVEL  
PARA UVAS DE MESA *IN NATURA***

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Yamashita

Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Ruffo Roberto

Londrina

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

S164s Salgado, Ricardo Josue Silva.  
SISTEMA DE EMBALAGEM ATIVA BIODEGRADÁVEL PARA UVAS DE MESA IN NATURA / Ricardo Josue Silva Salgado. - Londrina, 2021.  
79 f. : il.

Orientador: Fábio Yamashita.  
Coorientador: Sérgio Ruffo Roberto.  
Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2021.  
Inclui bibliografia.

1. Embalagem biodegradável - Tese. 2. Pós-colheita de uva 'Benitaka' - Tese. 3. Botrytis cinerea - Tese. 4. Dióxido de enxofre - Tese. I. Yamashita, Fábio. II. Roberto, Sérgio Ruffo. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. IV. Título.

CDU 641.1

RICARDO JOSUE SILVA SALGADO

**SISTEMA DE EMBALAGEM ATIVA BIODEGRADÁVEL  
PARA UVAS DE MESA *IN NATURA***

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciência de Alimentos.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Fábio Yamashita

Universidade Estadual de Londrina

---

Profa. Dra. Mônica Regina da Silva Scapim

Universidade Estadual de Maringá

---

Dra. Ana Paula Bilck

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Londrina, 26 de julho de 2021.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente, ao meu orientador, o Professor Dr. Fábio Yamashita, pelo tempo de trabalho, de aprendizado, de muita paciência e amizade, e por não medir esforços para que esse trabalho fosse realizado.

Agradeço ao meu coorientador, o Professor Dr. Sergio Ruffo Roberto, por toda ajuda e conhecimento transmitido, tanto no laboratório quanto ao tempo que envolveu nossa pesquisa.

Aos colegas de grupo POLIBIOTEC, em especial ao Bruno Matheus Simões, pela ajuda nas análises de laboratório. Também aos colegas de turma de mestrado em especial à Daniélly Moraes, Maíra e Luana.

A todos os professores do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos que fizeram parte da minha formação. Especialmente a Professora Dra. Sandra Garcia e a Professora Dra. Thaís de Souza Rocha, pelo tempo e ajuda em todos os momentos da minha formação.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal em Nível Superior), pela concessão da bolsa de mestrado.

À Organização dos Estados Americanos (OEA) e ao Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras, pela gestão das inter-relações que promovem o ensino superior e abreviam fronteiras.

SALGADO, Ricardo Josue Silva. **SISTEMA DE EMBALAGEM ATIVA BIODEGRADÁVEL PARA UVAS DE MESA *IN NATURA***. 2021. 79f. Dissertação de Mestrado em Ciências de Alimentos – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR., 2021.

## RESUMO

Nesta pesquisa, foi desenvolvido um sistema de embalagem ativa biodegradável para uvas de mesa 'Benitaka' (*Vitis vinifera* L.) com o objetivo de inibir o desenvolvimento de podridão cinzenta durante o armazenamento sob refrigeração. O sistema foi composto por embalagens sem perfuração e sachês liberadores de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), ambos produzidos com filmes de amido, glicerol e poli(adipato co-tereftalato de butileno) (PBAT) utilizando o processo de extrusão sopro em balão. Os filmes foram caracterizados em termos de propriedades mecânicas, permeabilidade ao vapor de água e isotermas de sorção. A metodologia utilizada neste trabalho consistiu em duas etapas: a primeira foi o desenvolvimento do filme biodegradável para produção de sacos e sachês liberadores de SO<sub>2</sub> com misturas de metabissulfito de sódio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) como ingrediente ativo e pérolas de sílica (SiO<sub>2</sub>) como regulador de umidade; a segunda etapa consistiu de uma avaliação da conservação pós-colheita das uvas de mesa, as quais foram embaladas em caixas de papelão com os sacos biodegradáveis e contendo no interior os sachês liberadores de SO<sub>2</sub>, armazenados em câmara refrigerada em torno de 1 ± 1 °C e umidade relativa do ar acima de 90%. Os tratamentos foram avaliados aos 30 e 45 dias após o início do armazenamento refrigerado e aos 3 dias em temperatura ambiente (22 ± 1 °C). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, consistindo em um tratamento controle e combinações do ingrediente ativo nos sachês liberadores de SO<sub>2</sub>. Cada tratamento foi composto por quatro caixas de papelão com aproximadamente 2 kg de uvas 'Benitaka' armazenadas individualmente a granel. No tratamento controle, nenhum sachê liberador de SO<sub>2</sub> foi usado, apenas com sacos plásticos biodegradáveis sem perfuração. As variáveis avaliadas foram: incidência de mofo cinzento nas bagas, perda de massa de cacho, escurecimento da ráquis, degrana e branqueamento das bagas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas de teste de Tukey a 5%. Nessas condições o uso dos sachês com 4 e 2 g do ingrediente ativo apresentam os melhores resultados nas variáveis estudadas, aos 30 e 45 dias após o início do armazenamento refrigerado e após 3 dias em temperatura ambiente.

**Palavras-chave:** Embalagem biodegradável, pós-colheita, uva 'Benitaka', *Botrytis cinerea*, dióxido de enxofre.

SALGADO, Ricardo Josue Silva. **BIODEGRADABLE ACTIVE PACKAGING SYSTEM FOR *IN NATURA* TABLE GRAPES**. 2021. 79pg. Dissertation of Master's Degree in Food Science – State University of Londrina, Londrina-PR., 2021.

## ABSTRACT

In this research, a biodegradable active packaging system for 'Benitaka' table grapes (*Vitis vinifera* L.) was developed to inhibit the development of gray mold during refrigerated storage. The system consisted of packaging without perforation and sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) releasing sachets, both produced with films of starch, glycerol, and poly (butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT) using the balloon blow extrusion process. The films were characterized in terms of mechanical properties, water vapor permeability, and sorption isotherms. The methodology used in this work consisted of two steps: the first one was the development of a biodegradable film for the production of SO<sub>2</sub> releasing bags and sachets with mixtures of sodium metabisulfite (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) as an active ingredient and silica beads (SiO<sub>2</sub>) as a regulator of moisture; in the second one, an evaluation of the postharvest conservation of table grapes was carried out, which were packaged in cardboard boxes, with the biodegradable bags and containing the SO<sub>2</sub> releasing sachets inside, stored in a refrigerated chamber around 1 ± 1 °C and relative humidity above 90%. The treatments were evaluated at 30 and 45 days after the beginning of refrigerated storage and at 3 days at room temperature (22 ± 1 °C). The experimental design used was completely randomized, with four treatments and four replications, consisting of a control treatment and active ingredient combinations, in sachets that release SO<sub>2</sub>. Each treatment consisted of four cardboard boxes with approximately 2 kg of 'Benitaka' grapes stored individually in bulk. In the control treatment, no SO<sub>2</sub> releasing sachet was used, only biodegradable plastic bags without perforation. The variables evaluated were: incidence of gray mold in the berries, bunch mass loss, stem browning, shattered berries, and bleaching of the berries. The data were subjected to analysis of variance and the means compared by Tukey test at 5%. Under these conditions, the use of sachets with 4 and 2 g of the active ingredient presented the best results regarding the assessed variables, at 30 and 45 days of refrigerated storage and 3 days at room temperature.

**Keywords:** Biodegradable packaging, post-harvest, Benitaka grapes, *Botrytis cinerea*, sulfur dioxide.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Processo geral de biodegradação. ....	4
<b>Figura 2</b> – Reação de formação do poli (adipato co-tereftalato de butileno) (PBAT). ....	6
<b>Figura 3</b> – Processo de formação de filme tubular por extrusão-sopro em balão. ....	8
<b>Figura 4</b> – Plantação videira de uvas da variedade ‘Benitaka’ .....	12
<b>Figura 5</b> – Uva fina de mesa ‘Benitaka’ .....	14
<b>Figura 6</b> – Baga de uvas ‘Benitaka’ infectadas com o fungo <i>Botrytis cinerea</i> . ....	18
<b>Figura 7</b> – Bagas de uvas Benitaka infectadas com o fungo <i>Botrytis cinerea</i> . ....	19
<b>Figura 8</b> – Disseminação de uma única ou poucas bagas infectadas.....	21
<b>Figura 9</b> – Folhas geradoras de SO <sub>2</sub> . A: liberação lenta com 4 g de ingrediente ativo (IA); B: liberação lenta com 7 g de IA; C: liberação dupla fase com 5 g de IA; D: liberação dupla fase com 8 g de IA. ....	25
<b>Figura 10</b> – Branqueamento com ocorrência no pedicelo, permitindo a entrada de SO <sub>2</sub> pela base da baga.....	26
<b>Figura 11</b> – Extrusora piloto de monorroscas BGM, modelo EL-25, Brasil.....	31
<b>Figura 12</b> – Produção de sacos plásticos biodegradáveis. ....	33
<b>Figura 13</b> – Produção de sachês plásticos biodegradáveis. ....	34
<b>Figura 14</b> – Cachos da uva ‘Benitaka’ embalados em sacos plásticos com sachês liberadores de SO <sub>2</sub> . ....	39
<b>Figura 15</b> – Etapas de embalagem das uvas. ....	40
<b>Figura 16</b> – Armazenamento das caixas de uva ‘Benitaka’ em câmara refrigerada em temperatura de 1 ± 1 °C. ....	41
<b>Figura 17</b> – Escurecimento da ráquis. 1: fresco e verde. 2: leve escurecimento. 3: escurecimento significativo. 4: escurecimento severo. ....	43
<b>Figura 18</b> – Gráfico limpo da modelagem das isotermas de sorção de água dos filmes Novo e Usado usando o modelo de GAB.....	49

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Formulações dos filmes biodegradáveis. ....	30
<b>Tabela 2</b> – Formulação dos tratamentos. ....	32
<b>Tabela 3</b> – Espessura, perda de massa em água e densidade dos filmes novos e usados. ..	44
<b>Tabela 4</b> – Propriedades mecânicas dos filmes biodegradáveis novos e usados. ....	46
<b>Tabela 5</b> – Permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos filmes biodegradáveis novos e usados. ....	47
<b>Tabela 6</b> – Isotermas de sorção de água dos filmes biodegradáveis novos e usados. ....	48
<b>Tabela 7</b> – Incidência de mofo cinzento em uvas de mesa ‘Benitaka’ após 30 e 45 dias de armazenamento em câmara refrigerada a 1 °C e após 3 dias em temperatura ambiente ( $22 \pm 1$ °C), embaladas a granel em caixas de papelão e sacos plásticos biodegradáveis com diferentes sachês liberadores de SO <sub>2</sub> .....	50
<b>Tabela 8</b> – Perda de massa (%) na uva de mesa ‘Benitaka’ após 30 e 45 dias de armazenamento a 1 °C, embaladas a granel em caixas de papelão e sacos plásticos biodegradáveis com diferentes sachês liberadores de SO <sub>2</sub> . ....	52
<b>Tabela 9</b> – Avaliação do escurecimento da ráquis dos cachos de uva de mesa ‘Benitaka’ após 30 e 45 dias a 1 °C e após 3 dias a temperatura ambiente a 22 °C, embaladas a granel em caixas de papelão e sacos plásticos biodegradáveis com diferentes sachês liberadores de SO <sub>2</sub> . ....	54
<b>Tabela 10</b> – Degrana das bagas dos cachos de uva de mesa ‘Benitaka’ após 30 e 45 dias a 1° C e após 3 dias a temperatura ambiente a 22 °C, embaladas a granel em caixas de papelão e sacos plásticos biodegradáveis com diferentes sachês liberadores de SO <sub>2</sub> .....	55
<b>Tabela 11</b> – Branqueamento das bagas dos cachos de uva de mesa ‘Benitaka’ após 30 e 45 dias a 1 °C e após 3 dias a temperatura ambiente a 22 °C, embaladas a granel em caixas de papelão e sacos plásticos biodegradáveis com diferentes sachês liberadores de SO <sub>2</sub> .....	57

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
2.1. BIOPOLÍMEROS.....	3
2.1.1. POLI (ADIPATO CO-TEREFTALATO DE BUTILENO) (PBAT) .....	6
2.2. PROCESSO DE EXTRUSÃO-SOPRO EM BALÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE FILMES PLÁSTICOS .....	7
2.3. VITICULTURA NO MUNDO E NO BRASIL.....	10
2.4. CARACTERÍSTICAS DA VIDEIRA.....	11
2.5. UVA DE MESA 'BENITAKA' .....	13
2.6. FATORES QUE DETERMINAM A QUALIDADE DA UVA.....	15
2.7. CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UVAS.....	16
2.8. <i>BOTRYTIS CINEREA</i> .....	17
2.8.1. MOFO CINZENTO.....	20
2.9. EMBALAGENS, SACHÊS LIBERADORES DE DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO <sub>2</sub> ) E FILMES PLÁSTICOS PARA CONSERVAÇÃO DE UVAS EM ARMAZENAMENTO REFRIGERADO .....	22
<b>3. OBJETIVO.....</b>	<b>28</b>
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
4.1. LOCAL DO EXPERIMENTO, DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS E DESCRIÇÃO DAS FASES EXPERIMENTAIS .....	29
4.2. DESENVOLVIMENTO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS E SACHÊS LIBERADORES DE SO <sub>2</sub> , PRODUZIDOS POR EXTRUSÃO SOPRO EM BALÃO .....	30
4.2.1. TESTES PRELIMINARES .....	30
4.3. PRODUÇÃO DOS FILMES, EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS SEM PERFURAÇÃO E SACHÊS.. .....	30
4.3.1. EQUIPAMENTO DE EXTRUSÃO .....	31
4.3.2. CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO PARA PELLETS E FILMES.....	31
4.4. PRODUÇÃO DAS EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS E SACHÊS LIBERADORES DE SO <sub>2</sub> .....	32
4.4.1. PRODUÇÃO DAS EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS.....	33
4.4.2. PRODUÇÃO DOS SACHÊS LIBERADORES DE SO <sub>2</sub> .....	34
4.5. CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS .....	34
4.5.1. AVALIAÇÃO SUBJETIVA.....	34

4.5.2.	ESPESSURA .....	35
4.5.3.	PROPRIEDADES MECÂNICAS .....	35
4.5.4.	PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA.....	36
4.5.5.	ISOTERMAS DE SORÇÃO DE ÁGUA.....	37
4.5.6.	PERDA DE MASSA EM ÁGUA .....	37
4.5.7.	DENSIDADE.....	38
4.6.	CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UVAS DE MESA BENITAKA ( <i>Vitis vinifera</i> L.) EMPREGANDO EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS E SACHÊS BIODEGRADÁVEIS LIBERADORES DE SO <sub>2</sub> .....	38
4.6.1.	DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS .....	38
4.6.2.	EMBALAGEM E ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DAS UVAS.....	40
4.6.3.	AVALIAÇÕES .....	42
4.7.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	43
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
5.1.	PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS PRODUZIDOS POR EXTRUSÃO SOPRO EM BALÃO UTILIZANDO BLENDS DE AMIDO, GLICEROL E PBAT .....	44
5.1.1.	ESPESSURA, PERDA DE MASSA EM ÁGUA E DENSIDADE .....	44
5.1.2.	PROPRIEDADES MECÂNICAS .....	45
5.1.3.	PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA.....	47
5.1.4.	ISOTERMAS DE SORÇÃO DE ÁGUA.....	48
5.2.	OCORRÊNCIA NATURAL DE <i>BOTRYTIS CINEREA</i> - SAFRA DE VERÃO DE 2020 EM UVAS DE MESA BENITAKA EMBALADAS EM SACOS PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS CONTENDO SACHÊS LIBERADORES DE SO <sub>2</sub> .....	50
5.2.1.	INCIDÊNCIA DE MOFO CINZENTO NAS BAGAS.....	50
5.2.2.	PERDA DE MASSA DE CACHO .....	52
5.2.3.	ESCURECIMENTO DA RÁQUIS .....	53
5.2.4.	DEGRANA DAS BAGAS.....	55
5.2.5.	BRANQUEAMENTO DAS BAGAS .....	56
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>59</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de polímeros sintéticos é considerado um dos grandes avanços do século XX, devido à multiplicação de suas possibilidades de uso, não apenas na indústria, mas no cotidiano. Esses polímeros sintéticos são obtidos fundamentalmente a partir do petróleo e são desenvolvidos para funções específicas. Os plásticos são populares porque são baratos, leves, resistentes à oxidação, inalteráveis aos agentes atmosféricos, versáteis, isolantes da corrente elétrica e podem substituir outros materiais como vidro, papel e metais (BASTIOLI, 2001).

Os mercados nacional e internacional de uvas de mesa exigem um alto padrão de qualidade dos frutos, e por esse motivo, é importante manter as características dos cachos colhidos até que eles cheguem ao seu destino final (CHAMPA, 2015).

No Brasil, a cultura da videira apresenta grande importância econômica e social, gerando empregos e renda aos produtores rurais que praticam o cultivo de uvas (MELLO, 2016). Aproximadamente 75.731 hectares do território nacional estão destinados à produção de uvas, resultando em uma produção anual de 1,5 milhão de toneladas (EMBRAPA, 2019).

O Brasil apresenta condições para produzir uvas de mesa de alta qualidade em diversas regiões, o que contribui para sua inserção no mercado de exportação como forte competidor. Nesse sentido, manter as características de colheita da uva e aumentar sua vida útil é necessário, uma vez que o fruto é submetido a longos períodos de armazenamento até seu destino final (CHAMPA, 2015).

A fim de atender as demandas do mercado e assegurar o comércio de uva ao longo do ano, é necessário empregar técnicas que viabilizem a oferta de frutos de qualidade ao consumidor. O armazenamento refrigerado é a técnica mais utilizada dentre as práticas pós-colheita, demonstrando-se eficiente no aumento da longevidade dos frutos, reduzindo consideravelmente a perda de massa e controlando o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes ou fitopatogênicos.

O fungo *Botrytis cinerea*, causador do mofo cinzento, é o principal responsável pelas perdas pós-colheita em uvas de mesa, pois pode permanecer latente no campo e somente se expressar durante o transporte e armazenamento refrigerado dos cachos (MELGAREJO-FLORES et al., 2013; PARISI; HENRIQUE; PRATI, 2015). Assim, por mais eficiente que seja o tratamento fitossanitário efetuado no campo, o mesmo não deve ser dispensado na pós-colheita (ZOFFOLI et al., 1999).

O uso de embalagens apropriadas associado ao armazenamento refrigerado contribuem para prolongar o prazo de validade e garantir o sucesso de comercialização das uvas de mesa. A combinação dessas práticas reduz consideravelmente a incidência dos processos fisiológicos prejudiciais às frutas e impede o desenvolvimento de fungos fitopatogênicos (YAMASHITA et al., 2000; CHOUDHURY; COSTA, 2004).

Durante o armazenamento refrigerado de uvas, são usadas folhas geradoras de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) que podem ser colocadas no interior das embalagens para controlar injúrias, principalmente aquelas provocadas pelo fungo *Botrytis cinerea* (FERNÁNDEZ-TRUJILLO et al., 2008). O limite residual de SO<sub>2</sub> em uvas de mesa não pode ser superior à 10 ppm ou 10 mg/L, de acordo com a normativa do CODEX STAN 472-2005 (CODEX, 2005).

Apesar de ser de fácil manuseio e custo acessível, a escolha da folha geradora de SO<sub>2</sub> deve ser criteriosa, pois o gás em alta concentração e/ou resíduos pode causar escurecimento do engaço e branqueamento das bagas, afetar as características físico-químicas e sensoriais das uvas, além de ser prejudicial ao homem e meio ambiente (NEVES et al., 2009; PIRES et al., 2008).

O objetivo do trabalho foi avaliar a vida útil pós-colheita de uvas de mesa 'Benitaka', embaladas em sacos plásticos biodegradáveis sem perfuração e contendo sachês liberadores de SO<sub>2</sub> colocados no interior das embalagens. As uvas embaladas foram mantidas em caixas de papelão a  $1 \pm 1$  °C por 45 dias em câmara refrigerada e 3 dias de armazenamento em temperatura ambiente ( $22 \pm 1$  °C).

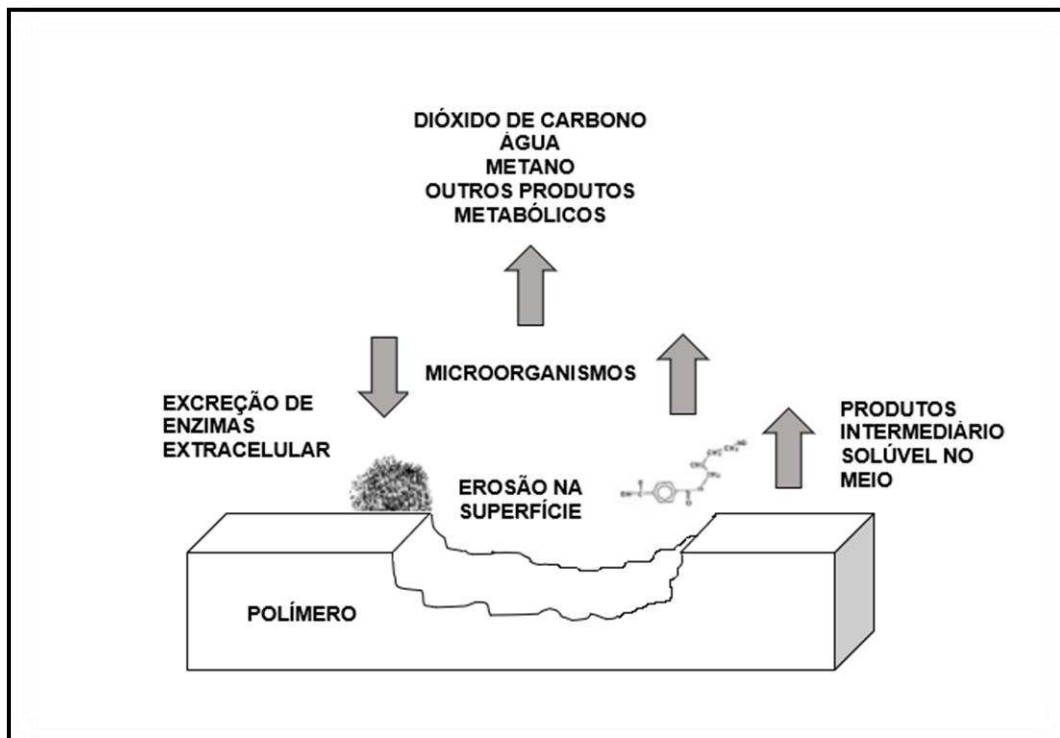
## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. BIOPOLÍMEROS

Os biopolímeros podem ser classificados entre aqueles provenientes de fontes renováveis e os que atendem os critérios das normas de biodegradabilidade e compostagem de plásticos e produtos plásticos. Os primeiros não são necessariamente biodegradáveis ou compostáveis, embora a maioria seja. Os do segundo grupo, não necessariamente precisam ser provenientes de fontes renováveis, pois a biodegradabilidade está relacionada com a estrutura química independente da origem da matéria-prima (BASTIOLI, 2003).

Diversos biopolímeros podem ser processados usando as mesmas tecnologias que os materiais termoplásticos convencionais, como extrusão, injeção ou sopro (VILLADA; ACOSTA, 2007). Assim, polímeros baseados em recursos renováveis ou biodegradáveis estão gerando um interesse crescente, tanto na sociedade em geral quanto na indústria de plásticos, bem como no setor agrícola, pois significaria uma saída de seus produtos para diferentes mercados (PHILP, RITCHIE; GUY, 2013; MORENO, 2011; REDDY et al., 2013).

Na área de polímeros o termo biodegradação refere-se ao ataque de microrganismos que ocasiona a desintegração do polímero em pequenos fragmentos devido à quebra de ligações em sua cadeia principal. A biodegradação de plásticos é geralmente um processo complexo. Devido ao tamanho molecular dos polímeros e sua insolubilidade em água, microrganismos são incapazes de transportar o material polimérico para suas células onde a maioria dos processos bioquímicos ocorrem, então eles inicialmente excretam enzimas que despolimerizam o material fora das células (Figura 1). Os produtos finais deste processo metabólicos são água, dióxido de carbono, metano (biodegradação anaeróbica) e matéria orgânica (ASTM INTERNATIONAL, 2004; LUCAS, BIENAIME, BELLOY, 2008).



Fonte: O próprio autor.

**Figura 1** – Processo geral de biodegradação.

Os biopolímeros podem ser classificados de acordo com sua fonte, dos quais biopolímeros são considerados mais importante no mercado dividido em três subgrupos: polímeros baseados em recursos renováveis (p.ex. amido e celulose), polímeros biodegradáveis à base de monômeros bioderivados (p.ex. óleos vegetais e ácido lático) e biopolímeros sintetizados por microrganismos (p.ex. poli-hidroxicanoatos) (VILPOUX, AVEROUS, 2004; YU, DEAN, LI, 2006). Existem outros polímeros baseados em recursos renovável, mas com menor potencial no mercado.

O amido é formado por uma mistura de dois polímeros, amilose e amilopectina. A amilose é uma molécula essencialmente linear e amilopectina é uma molécula ramificada. Os amidos mais comuns contêm cerca de 25% de amilose e 75% de amilopectina (OTEY, DOANE, 1984).

O amido termoplástico (ATp) é essencialmente um amido modificado pela adição de plastificantes e processado sob condições de pressão e calor para romper a estrutura cristalina do amido e formar um amido termoplástico amorfo. Comparado

aos polímeros plásticos comuns, o ATp apresenta desvantagens como: alta solubilidade em água e higroscopicidade, envelhecimento rápido devido à retrogradação e baixas propriedades mecânicas quando comparado com os polímeros convencionais, o que limita sua aplicação comercial. Esses problemas podem ser reduzidos quando cargas naturais, como fibras celulósicas, são incorporadas à matriz termoplástica e servem como material de reforço para melhorar as propriedades mecânicas (TABI et al., 2010; CURVELO, CARVALHO, AGNELLI, 2001).

Misturas de amido termoplástico com poliésteres alifáticos melhoram as propriedades de processabilidade e biodegradabilidade, para isso, os poliésteres mais adequados são alifáticos-aromáticos. Essas misturas são usadas para fabricar laminados e filmes de alta qualidade para embalagens. Ratto et al. (1992) estudaram o efeito de amido como carga em sistemas de policaprolactona. O módulo de elasticidade do sistema de policaprolactona/amido aumentou com o aumento do conteúdo de amido (RATTO, STENHOUSE, AUERBACH, 1999; SCHROETER, 1992).

Os polímeros que melhor se adaptam ao processo de biodegradação completa são os naturais, àqueles hidrolisáveis a  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , ou a  $\text{CH}_4$  e os polímeros sintéticos que possuem estruturas próximas aos naturais (LANDIM et al., 2016). Alguns dos polímeros sintéticos biodegradáveis mais comercializados atualmente são o poli (ácido lático) (PLA), poli (vinil álcool) (PVA), poli (adipato co-tereftalato de butileno) (PBAT), poli (adipato co-succinato de butileno) (PBSA). Esses materiais têm processabilidade adequada para produção de plásticos com propriedades equiparáveis aos plásticos convencionais, porém com alto custo, o que torna sua utilização pouco atrativa para a indústria de embalagem.

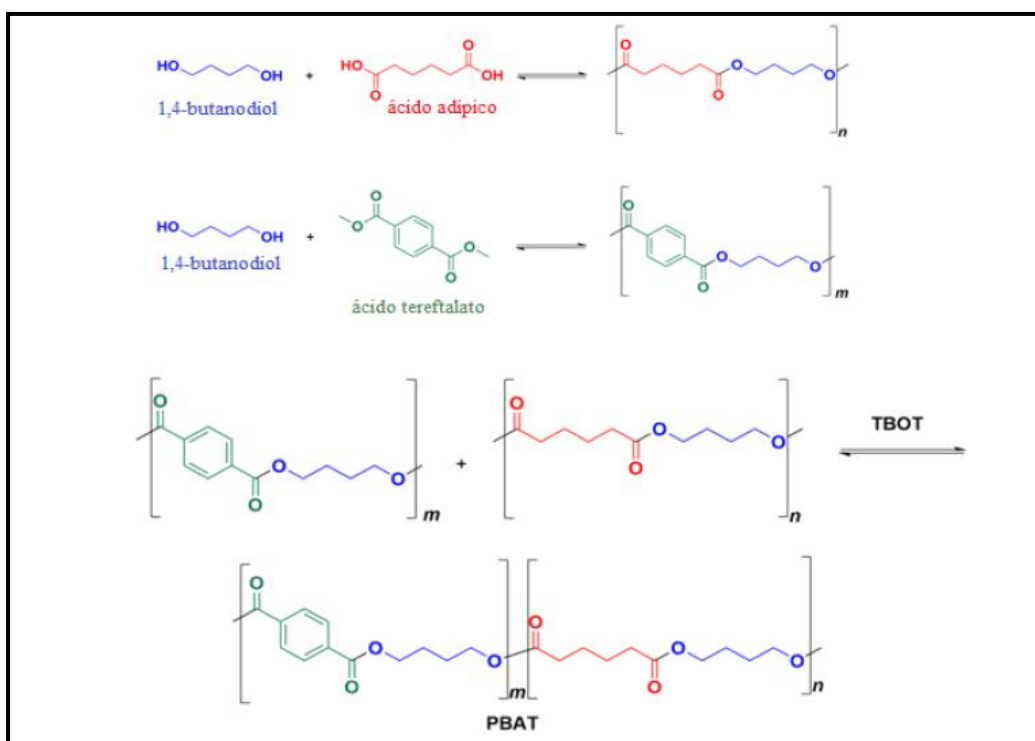
A principal alternativa para a redução de custos com o uso destes polímeros é a combinação desses polímeros biodegradáveis sintéticos, com polímeros biodegradáveis de fontes renováveis, como o amido, uma macromolécula com baixo custo, boa oferta, e com capacidade de formar blendas poliméricas (BRANDELERO; YAMASHITA; GROSSMANN, 2010; BOCCHINI; BATTEGAZZORE; FRACHE, 2010; TANG; ALAVI, 2011; LANDIM et al., 2016).

Produção de blendas de amido (ou outros polímeros agrícolas) com polímeros sintéticos, preferencialmente os biodegradáveis, como o poli (adipato co-tereftalato de butileno) (PBAT), foram realizadas com resultados satisfatórios (COSTA, 2008; SCAPIM, 2009; BRANDELERO; YAMASHITA; GROSSMANN, 2010; FLORES et al., 2010; OLIVATO et al., 2012; REIS et al., 2013).

Várias destas blendas apresentam compatibilidade com o processo de produção industrial, como extrusão e injeção, podendo então ser utilizadas para a confecção de diversos tipos de embalagens e utensílios plásticos.

### 2.1.1. POLI (ADIPATO CO-TEREFTALATO DE BUTILENO) (PBAT)

O poli (adipato co-tereftalato de butileno) ou PBAT é um copoliéster alifático aromático, sintético e biodegradável, derivado principalmente de 1,4-butanodiol, ácido adípico e ácido tereftálico (Figura 2).



Fonte: ZHAO (2010).

**Figura 2** – Reação de formação do poli (adipato co-tereftalato de butileno) (PBAT).

O PBAT é um copolímero obtido a partir de 1,4-butanodiol, ácido adípico, ácido tereftálico e estruturas modulares, estruturas estas que são de segredo industrial (YAMAMOTO et al, 2002). Sua composição é dada por 22,2 mol% de ácido tereftálico, 27,8 mol% de ácido adípico e 50 mol% de 1,4-butanodiol e pequenas quantidades de diácidos e dióis (WITT et al., 2001). A Figura 2 apresenta a reação de formação do PBAT, com “n” aproximadamente igual a “m”.

A mistura de poliésteres alifáticos e aromáticos não só melhora as propriedades mecânicas do poliéster alifático e preserva a biodegradabilidade, mas também permite que a taxa de degradação seja controlada variando as composições dos homopolímeros no copolímero.

O PBAT é um polímero que possui características de processamento semelhante ao polietileno de baixa densidade (PEBD), significando que é possível utilizar os mesmos equipamentos de fabricação de polietileno, como por exemplo as linhas de produção de filmes (YAMAMOTO et al, 2002). Para Witt et al. (2001), este copoliéster supera algumas desvantagens apresentadas por polímeros alifáticos pois combina propriedades mecânicas com biodegradabilidade.

## 2.2. PROCESSO DE EXTRUSÃO-SOPRO EM BALÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE FILMES PLÁSTICOS

O processo de extrusão termoplástica é definido como um processo contínuo e térmico, que pela combinação de calor, umidade e trabalho mecânico é capaz de provocar mudanças substanciais nas matérias-primas, alterando formas, estruturas e características. Durante o processo ocorrem diversas operações simultâneas como mistura, cisalhamento, fusão e modelamento por meio de uma rosca-sem-fim. A matéria-prima extrudada é submetida a várias mudanças durante o processo, como, por exemplo, a plastificação do material processado (EL-DASH, 1981; FELLOWS, 2000; ZHANG et al., 2001, WOLF, 2010).

O processo de extrusão é muito difundido para o processamento de polímeros por possuir as seguintes vantagens: ampla flexibilidade de operação, habilidade de processamento de polímeros com elevada viscosidade na ausência

de solvente, viabilidade de injeções múltiplas e controle de tempo de residência e grau de mistura (LIU et al., 2009; THUNWALL et al., 2008). A Figura 3, a seguir, mostra o processo de formação de filme tubular por sopro em balão.



Fonte: O próprio autor.

**Figura 3** – Processo de formação de filme tubular por extrusão-sopro em balão.

Existem diversos estudos sobre produção de filmes biodegradáveis por extrusão-sopro em balão a partir de blendas de amido com diferentes polímeros sintéticos. Raquéz et al. (2008) avaliou a compatibilização de blendas contendo amido termoplástico e PBAT por extrusão reativa através da produção de filmes de alto teor de amido termoplástico de mandioca com PBAT. Olivato et al. (2012),

estudaram a utilização de compatibilizantes como anidrido maleico e ácido cítrico na extrusão reativa de blendas de amido e PBAT para a produção de filmes biodegradáveis. Brandelero, Grossmann e Yamashita (2010) estudaram o efeito dos parâmetros de processo em filmes biodegradáveis produzidos por extrusão-sopro em balão. Souza, Soares-Junior e Yamashita (2013) realizaram a produção de filmes biodegradáveis soprados a partir de blendas de farinha de arroz com PBAT. Além destes, muitos outros estudos foram realizados utilizando blendas de amido com poliésteres biodegradáveis (COSTA, 2008; SCAPIM, 2009; BILCK; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010; NOBREGA et al., 2012; REIS, 2013).

Polímeros de origem natural, como amido e proteínas são alternativas aos polímeros a base de petróleo para diversas aplicações. Um problema inerente com a utilização desses polímeros (por exemplo, o amido termoplástico) como materiais biodegradáveis é a sua sensibilidade à umidade. Uma abordagem para resolução dessas desvantagens é o processo de coextrusão de amidos termoplásticos com polímeros biodegradáveis menos hidrofílicos.

As embalagens convencionais para alimentos, de maneira geral, têm como principal função manter a qualidade do produto durante o armazenamento, transporte e uso. A embalagem previne a perda de qualidade dos produtos oriunda dos possíveis agentes ambientais.

Novas funções, além da barreira de proteção, vêm sendo introduzidas às embalagens através das novas tecnologias de embalagens ativas. Em contraste com as embalagens convencionais, que devem ser inertes, as embalagens ativas são elaboradas com o intuito de interação com o seu conteúdo e/ou o ambiente circundante, visando aumento da vida útil além das obtidas com as embalagens convencionais, ou ainda em materiais de embalagem mais sustentáveis (REALINI; MARCOS, 2014, HAN et al., 2014, REIS et al., 2015). Entre essas novas características para as embalagens ativas se encontram o uso de absorvedores de oxigênio e etileno, atividade antimicrobiana, atividade antioxidante, controle de atmosfera e embalagens comestíveis.

### 2.3. VITICULTURA NO MUNDO E NO BRASIL

A cultura da uva representa uma das atividades agrícolas de maior importância socioeconômica em todo o mundo. Seu cultivo se caracteriza pela composição de diversos segmentos, que englobam desde o consumo como fruta fresca até a fabricação de diversos produtos, como passas, sucos, doces, geleias e vinhos. Fornece, também, outros subprodutos, como vinagre, grapa, óleo de semente, enocianina e ácido tartárico (HAMERSKI; REZENDE; SILVA, 2013; RIZZON; MENEGUZZO; MANFROI, 2004; ROSSI; SANTOS, 2014; SILVA, 2003)

A produção mundial de uvas em 2018 correspondeu a 77,8 milhões de toneladas, das quais 11,7 milhões foram produzidas na China, seguida pela Itália, Estados Unidos, Espanha e França cujas produções foram 8,6; 6,9; 6,9 e 6,2 milhões de toneladas, respectivamente. No mesmo ano, a área global ocupada pela vitivinicultura foi de 7,4 milhões de hectares, sendo Espanha (13%), China (12%), França (11%), Itália (9%) e Turquia (7%) responsáveis por 50% dessa área. Na safra 2019-2020, a produção mundial de uvas de mesa atingiu 23,4 milhões de toneladas, o que representaria um aumento de 4% em relação à safra anterior 2018-2019 de acordo com a Organização Internacional de Viticultura (OIV, 2020).

No cenário internacional, a vitivinicultura brasileira ocupou a décima quinta posição em produção de uva no ano de 2018, com 1,6 milhão de toneladas colhidas em 76 mil hectares, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019). Desse volume, cerca de 51,4% foi destinado ao processamento, para elaboração de vinhos, sucos e outros derivados e 48,6% comercializado para consumo *in natura* (MELLO, 2019).

Dentre os principais estados brasileiros produtores de uva, o Rio Grande do Sul é o maior produtor, com 822,7 mil toneladas, seguido de Pernambuco, São Paulo, Bahia, Santa Catarina e Paraná, com produção de 423,4; 128,3; 75,4; 61,3; 54,0 mil toneladas, respectivamente (IBGE, 2019). A produção do Rio Grande do Sul é destinada principalmente à industrialização, para a produção de bebidas, como sucos e vinhos. Os estados de São Paulo e Paraná têm a produção em sua maioria voltada ao mercado interno para consumo de fruta fresca, assim como

Pernambuco e Bahia, porém com o destino da produção direcionado ao mercado externo (MELLO, 2019).

Em 2020 o Paraná teve 3.584 hectares destinadas à cultura, com uma produção de 53,1 mil toneladas, e destacam-se duas regiões importantes, a metropolitana de Curitiba, localizada no sul do estado, onde prevalece o cultivo de variedades americanas e híbridas destinadas à vinificação, em especial da variedade Bordô e Isabel, e a região norte, nos municípios de Londrina, Marialva, Maringá, Rolândia e outros adjacentes, onde predomina a produção de uvas finas de mesa, principalmente as variedades Itália, Rubi, Benitaka, Brasil e Red Globe e híbridas BRS Núbia, BRS Vitória e BRS Isis (IBGE, 2019; KISHINO; MARUR; ROBERTO, 2019; PROTAS; CAMARGO, 2011).

A uva norte paranaense é, em sua maior parte, classificada com uva fina de mesa, cujo mercado consumidor nacional demonstra-se em crescimento. A principal característica e vantagem da produção de uvas na região norte paranaense é a obtenção da dupla safra anual. A primeira safra, conhecida como safra de verão, ocorre entre os meses de novembro a janeiro. A segunda, também chamada safra temporã, é obtida na época da entressafra, entre maio e junho, período em que a oferta de uvas de mesa é baixa ou inexistente em outras regiões do Brasil (ROBERTO et al., 2002; CAMARGO; TONIETTO; HOFFMANN, 2011; MELLO, 2016; AHMEN et al., 2019; SATO et al., 2009; ANUÁRIO BRASILEIRO FRUTICULTURA, 2020). Nessa região, predominam as pequenas propriedades com uso de mão de obra familiar, complementada por contratação de temporários em alguns períodos da safra (ALMEIDA; SERRA, 2013).

#### 2.4. CARACTERÍSTICAS DA VIDEIRA

A videira pertence à família botânica *Vitaceae*, gênero *Vitis*, único gênero de importância econômica. Dentro desse gênero, a produção comercial de uvas está concentrada nas videiras americanas (*V. labrusca* L.) e europeias (*V. vinifera* L.), além de híbridos interespecíficos entre essas e outras espécies e seus mutantes (KISHINO; MARUR; ROBERTO, 2019; QUEIROZ-VOLTAN; PIRES, 2003).

Uvas americanas também conhecidas como comum ou rústica, produzem frutos com sabor e aroma típicos e são utilizadas tanto para produção de uva de mesa quanto para elaboração de vinhos e sucos. A videira europeia é a espécie mais importante do gênero e inclui as principais cultivares de uvas de mesa consumidas mundialmente, além de ser utilizada na elaboração de vinhos finos e espumantes (GIOVANINNI, 2014; PEREIRA; GUERRA; MANFROI, 2009).

Considerada uma planta perene, trepadora, caducifólia e sarmentosa, a videira deve ser apoiada em algum tipo de suporte, onde seus ramos são conduzidos a fim de garantir melhor exposição das folhas à luminosidade (Figura 4).



Fonte: ROBERTO (2021).

**Figura 4** – Plantação videira de uvas da variedade 'Benitaka'.

A uva pode ser utilizada de diversas formas. Além de seu consumo como fruta fresca, pode ser consumida em sua forma processada, como vinhos, sucos e geleias, gerando também uma gama de produtos alternativos, como vinagre, produtos cosméticos e farmacêuticos (ROCKENBACH et al., 2011).

Na forma de uva fresca, são classificadas em cultivares com e sem sementes (ANUÁRIO BRASILEIRO DA UVA, 2016). No norte do Paraná, a predominância ainda é de cultivares com sementes, entre as quais se destacam as uvas finas de mesa ‘Benitaka’, ‘Rubi’ e ‘Itália’ (*Vitis vinifera* L.).

A flor da videira está disposta na forma de inflorescência, que após a frutificação recebe o nome de cacho. Os cachos são constituídos pelo pedúnculo, suas ramificações que correspondem ao engaço, e a ráquis, a qual termina em pedicelos onde se fixam os frutos denominados bagas.

Essas bagas são constituídas pela película (casca) que apresenta pigmentos responsáveis pela coloração do fruto e é revestida de pruína, substância cerosa natural que protege a baga contra a ação nociva dos agentes externos e a perda de água. A película envolve a polpa que contém o suco ou mosto. No interior da polpa estão as sementes e, quando não estão presentes, as uvas são denominadas apirenas (KISHINO; MARUR; ROBERTO, 2019; KUHN, 2003; QUEIROZ-VOLTAN; PIRES, 2003).

## 2.5. UVA DE MESA ‘BENITAKA’

A uva ‘Benitaka’ (*V. vinifera* L.) foi obtida por meio de uma mutação somática espontânea da uva fina de mesa ‘Itália’. Em 1988, na região de Florai, PR, o viticultor Sadao Takakura observou em meio aos cachos característicos da variedade ‘Itália’, em meio às uvas branquinhas, um cacho de uva mais escurinho chamou atenção uma alteração de coloração, sendo essa rosada escura (Figura 5). A partir disso, o produtor resolveu multiplicar o cacho escuro através de enxertia. Então, o produtor, usando sua experiência no manejo da fruta, conseguiu isolar e consolidar a mutação. Assim nascia a uva ‘Benitaka’, que leva no nome sua origem, sendo “beni” derivado do japonês que quer dizer rosado, e do sobrenome do produtor, “taka”, de Takakura. A partir de então selecionou-se a uva fina de mesa ‘Benitaka’, sendo introduzida como cultivar em 1991 (CAIXETA, 2021).



Fonte: EMBRAPA (2015).

**Figura 5** – Uva fina de mesa ‘Benitaka’.

A uva ‘Benitaka’ tem por principal característica bagas coloridas, destacando-se pelo desenvolvimento da cor rosa intensa e uniforme, mesmo no início de sua maturação. Em plena maturação seu teor de sólidos solúveis estabiliza-se em torno de 14 °Brix. Apresenta as mesmas características vegetativas da uva ‘Itália’, sendo uma planta vigorosa, de ciclo longo e com uma produtividade média de 30 t ha<sup>-1</sup>, com modesta resistência ao míldio (LEÃO, 2004).

Possui cachos grandes de formato cônico-cilíndrico, com massa entre 400 e 600 g, bagas grandes de formato ovalado com polpa crocante sabor neutro, com presença de sementes, e boa aceitação pelos consumidores. Sua ampla adaptabilidade e boa aceitação de mercado a torna uma das melhores opções de cultivo entre as cultivares com semente (MASCARENHAS et al., 2012).

Notadamente, a aparência do cacho (tamanho, forma, massa, cor e presença de defeitos) é o fator determinante para a comercialização. Entretanto, deve-se levar em consideração critérios complementares de avaliação da qualidade, entre eles, sabor, aroma e textura de polpa, composição química (ANESE; FRONZA, 2015), e até mesmo a coloração da ráquis, que após a colheita passa por um referido escurecimento devido à perda de água (CRISOSTO; SMILANICK; DOKOOZLIAN, 2001; SILVA-SANZANA et al., 2016).

## 2.6. FATORES QUE DETERMINAM A QUALIDADE DA UVA

O termo “qualidade dos frutos” pode ser definido como o conjunto de atributos, propriedades ou características que os tornam apreciados como alimentos e que tem significância na determinação da aceitabilidade pelo comprador (CHITARRA; CHITARRA, 1990; LUNARDI; TERUEL; NEVES, 2009).

As uvas somente devem ser colhidas quando apresentam as características apropriadas para o consumo (CHOUDHURY; COSTA, 2004), ou seja, quando atender aos requisitos exigidos pelo mercado consumidor (CHAMPA, 2015). Por esse motivo, a definição do grau de maturação, por ocasião da colheita, é um dos principais fatores que condicionam a qualidade e as características do fruto dela obtido (SACHI; BIASI, 2008).

De maneira geral, o consumidor exige além da aparência, qualidade comestível e nutricional. Para garantir a manutenção dessa qualidade comestível, foram estabelecidos os índices de maturidade, que indicam o período no qual os frutos apresentam as características ideais, ou o mais próximo possível do ideal para serem colhidos (KADER, 1999).

Na prática, o índice de maturação mais utilizado em uvas é o grau glucométrico (teor de açúcar), medido em escala de °Brix, que representa o teor de sólidos solúveis - SS (GUERRA, 2003). No entanto, somente a quantidade de açúcares não reflete o sabor da uva, uma vez que esta, depende da quantidade de ácidos orgânicos, medida por meio da acidez titulável - AT. Ou seja, a razão SS/AT também é um importante fator utilizado como referência comercial para determinar o ponto de colheita da uva (LIMA; GUERRA, 2018).

Os valores que determinam os parâmetros de maturidade das uvas podem variar dependendo da organização que os definem. De acordo com as normas descritas pela FAO (2007), as uvas de mesa devem apresentar teor de  $SS \geq 16,0$  °Brix ou  $SS/AT \geq 20:1$ , caso o teor de SS seja maior ou igual do que 12,5 e menor do que 14,0 °Brix. Por outro lado, as resoluções estabelecidas pela OIV (2008) também determinam o mínimo de 16,0 °Brix, entretanto, as uvas de mesa com menos de 16,0 °Brix podem ser comercializadas se apresentarem  $SS/AT \geq 20:1$ , e as uvas com menos de 12,5 °Brix não são consideradas maduras. A legislação da comunidade europeia (EUROPEAN UNION, 2011) define pelo menos 12,0 °Brix para algumas variedades específicas de uva de mesa, 13,0 °Brix para todas as outras variedades semeadas e 14,0 °Brix para as variedades sem sementes. Por fim, no Brasil, o regulamento técnico de identidade e qualidade de uvas finas e rústicas estabelece um mínimo de 14,0 °Brix para a colheita de uvas de mesa (BRASIL, 2002).

## 2.7. CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UVAS

Após serem colhidos, os frutos continuam mantendo suas atividades metabólicas em funcionamento (ANESE; FRONZA, 2015). Devido a isso e ao alto teor de água em sua composição química, a uva é classificada como altamente perecível (CHOUDHURY; COSTA, 2004).

O processo respiratório é um dos principais elementos que compreendem a atividade metabólica e influenciam na conservação pós-colheita dos frutos da videira. Em condições não controladas, a respiração faz com que as células gastem suas reservas mais rapidamente, podendo levar à senescência do fruto ou os

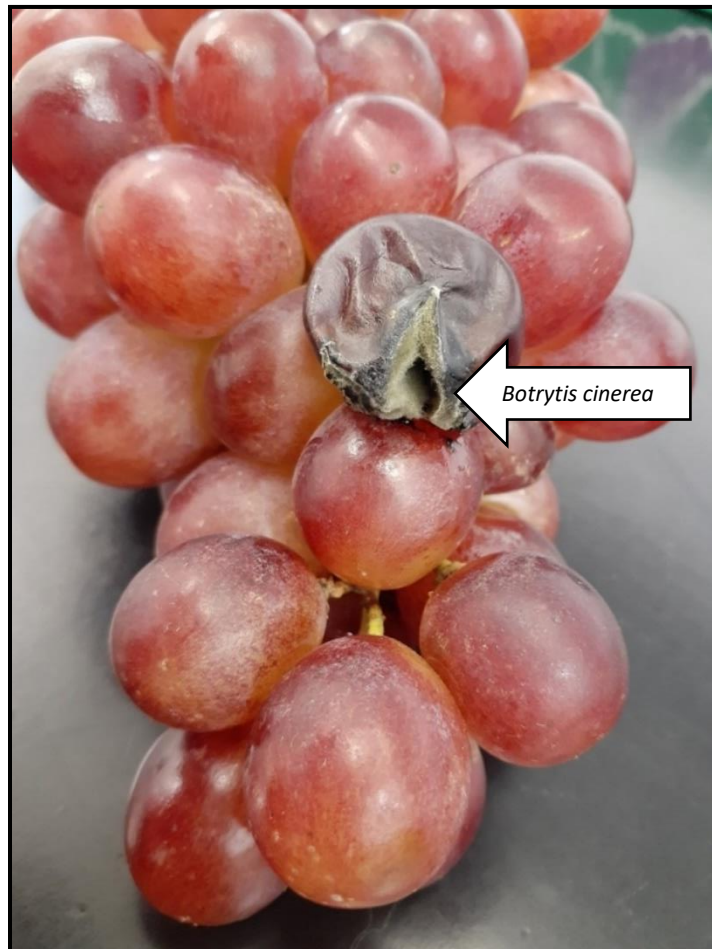
tecidos tornam-se mais suscetíveis ao ataque de microrganismos fitopatogênicos. Associada a respiração, tem-se também o processo de transpiração, responsável pela perda de água e conseqüente perda de massa dos cachos (KLUGE et al., 2002).

Dentre os fatores externos que podem alterar os processos fisiológicos da uva, destaca-se a temperatura e a umidade relativa do ar. Quando os cachos são armazenados em condições de alta temperatura e baixa umidade relativa, há severa perda de água (CASTRO; PARK; HONÓRIO, 2000; CENCI; SOARES; FREIRE JUNIOR, 1997), podendo ocorrer a desidratação dos frutos. Por esse motivo, após a colheita, os cachos devem ser pré-resfriados o mais rapidamente possível, com objetivo de remover o “calor de campo”. Esse processo visa reduzir a taxa respiratória e a transpiração das bagas (ANESE; FRONZA, 2015; BENATO, 2003; CASTRO; PARK; HONÓRIO, 2000).

Sendo assim, os cachos da videira devem ser armazenados a temperaturas de -1 a 1 °C, com umidade relativa de 90 a 95% e moderado fluxo de ar (CRISOSTO et al., 1994; ZOFFOLI; LATORRE, 2011). Nessas circunstâncias, as uvas de boa qualidade podem manter-se físico-química, sensorial e microbiologicamente em perfeitas condições, de 1 a 6 meses, a depender da cultivar (KLUGE et al., 2002). Entretanto, não deve haver interrupção dessa cadeia do frio, que além de acarretar a deterioração dos frutos, pode favorecer desenvolvimento de doenças fúngicas como o mofo cinzento.

## 2.8. *BOTRYTIS CINEREA*

O fungo *Botrytis cinerea* pertence ao gênero *Botrytis*, família *Sclerotiniaceae*, e diz respeito ao estágio assexual (anamorfo) do *Botryotinia fuckeliana* (teleomorfo), que compreende mais de 20 espécies reconhecidas e um híbrido, todos fitopatogênicos. É a única espécie do gênero com amplo espectro de hospedeiros. O fungo *Botrytis cinerea* é o principal causador de doenças pós-colheita de frutas, devido à grande quantidade de espécies frutíferas que ataca, como a maçã, amora, mirtilo, pera, morango, dentre outras (Figura 6).



Fonte: O próprio autor (2021)

**Figura 6** – Baga de uvas 'Benitaka' infectadas com o fungo *Botrytis cinerea*.

Em uvas, o fungo *B. cinerea* é o responsável por causar o mofo cinzento. O ataque do patógeno pode ocorrer em diversas etapas da produção, seja na maturação dos frutos, armazenamento refrigerado, comercialização ou até mesmo com o contato do consumidor após a sua compra (DEAN et al., 2012; LEROCH et al., 2013; ELAD et al., 2016).

O fungo sobrevive no campo, podendo se adaptar às condições saprofitas, colonizando resíduos florais, gotas de mosto da fruta, folhas mortas e outras partes de tecido não vivo. A colonização floral é considerada uma importante fonte de inóculo, ocasionando infecção futura dos cachos.

A doença progride de frutos infestados para os ainda saudáveis resultando em perdas de qualidade, e em ataques severos, a perda total do lote de frutas (Figura 7) (ROMANAZZI et al., 2012; TELES et al., 2014).



Fonte: O próprio autor (2021).

**Figura 7** – Bagas de uvas Benitaka infectadas com o fungo *Botrytis cinerea*.

O fungo pode permanecer viável no cacho e apenas manifestar a doença quando encontrar-se em condições favoráveis para o seu desenvolvimento. A infecção começa em fissuras, sejam elas ocasionadas por ferimentos ou por aberturas naturais. A lesão inicial tem por característica o escurecimento circular, estando preferencialmente distribuída em tecidos mais tenros do que em outras partes do fruto. Posteriormente, com o crescimento da infecção saprofítica, a lesão torna-se mais clara, variando do cinza ao branco (MICHAILIDES; ELMER, 2000).

Por essa razão, esforços que minimizem a podridão cinzenta são de extrema importância em todas as etapas do desenvolvimento da videira e principalmente no estágio de colheita e pós-colheita (MELGAREJO-FLORES et al., 2013).

### 2.8.1. MOFO CINZENTO

A doença comumente chamada de mofo cinzento ou podridão cinzenta, é causada pelo fungo ascomiceto *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel pertencente ao gênero *Botrytis*, família *Sclerotiniaceae*. Esse fungo somente é disseminado na sua forma de conídio (*Botrytis cinerea* Pers.), sendo este estágio sexual (anamorfo) responsável por reduzir significativamente a produtividade e a qualidade de diversas espécies frutíferas como amora, mirtilo, morango, entre outras (RIBEIRO, 2003). Em videiras, é responsável por causar a principal doença pós-colheita de uvas de mesa (TESSMANN et al., 2019).

Nas bagas de uvas, depois que a infecção se desenvolve, o fungo cresce por meio de fissuras ocasionadas por aberturas naturais ou ferimentos (Figura 8), e em seguida, observa-se escurecimento circular marrom a avermelhado, seguido do afrouxamento da película, pode se disseminar de uma única ou poucas bagas infectadas para todas as bagas do cacho, formando um aglomerado de bagas apodrecidas.

A colonização durante o florescimento é um dos principais mecanismos de infecção do fungo, fase em que os conídios permanecem quiescentes até encontrar condições favoráveis ao seu desenvolvimento. Para a infecção, o fungo requer períodos prolongados de umidade relativa do ar superior a 90% e temperatura ótima de 15 e 20 °C, mas os conídios podem germinar numa ampla faixa de temperatura, que varia entre -1 e 33 °C (MICHAILIDES; ELMER, 2000).

Esse processo de germinação dos conídios pode ocorrer em diferentes condições e etapas da produção, como no campo, durante e depois da colheita, durante o armazenamento refrigerado e comercialização, e até mesmo após a compra do consumidor (THOMPSON; LATORRE, 1999; WILLIAMSON et al., 2007).



Fonte: O próprio autor (2021).

**Figura 8** – Disseminação de uma única ou poucas bagas infectadas.

Como a infecção mais característica da doença é por meio da penetração direta do micélio pela epiderme das bagas, é vista uma colonização micorrízica branca e abundante esporulação cinzenta que cobrem a superfície da baga, dando a aparência de mofo cinzento (ZOFFOLI; LATORRE, 2011).

Visto que a maioria dos países proibiu o tratamento dos frutos na pós-colheita com fungicidas sintéticos, o controle de mofo cinzento nas bagas das uvas de mesa se torna bastante desafiador (YOUSSEF et al., 2015), sendo necessária a busca de medidas alternativas.

No Paraná, existem sete ingredientes ativos que podem ser utilizados para controlar doenças pós-colheita de uvas, sendo eles captana, clorotalonil, iprodiona, mancozebe, pirimetanil, procimidona e tiofanato-metílico (TESSMANN et al., 2019). Porém, na maioria das áreas de cultivo desse Estado, o principal método de controle da doença, antes da colheita, é por meio do fungicida sintético à base de iprodiona a 0,2% (aplicação três vezes durante a estação). Além disso, muitos dos geralmente reconhecidos como compostos seguros (GRAS), incluindo sais orgânicos e inorgânicos, são permitidos no mercado brasileiro e externo. Várias alternativas ecológica e seguras foram usadas para controlar o mofo cinzento em uvas, incluindo agentes de controle biológico e sais naturais para obter uvas de alta qualidade com altos padrões de segurança alimentar (CALVO-GARRIDO et al., 2019; NIGRO et al., 2006).

## 2.9. EMBALAGENS, SACHÊS LIBERADORES DE DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO<sub>2</sub>) E FILMES PLÁSTICOS PARA CONSERVAÇÃO DE UVAS EM ARMAZENAMENTO REFRIGERADO

A uva possui taxas de respiração baixas, o que proporciona uma vida de prateleira relativamente longa quando armazenada em condições apropriadas de temperatura (0 a 2 °C) e umidade relativa de (90 a 95%). Um dos principais fatores que reduz a vida útil da uva é a perda de massa que resulta na diminuição da turgescência, enrugamento da casca e opacidade, tornando o fruto inviável para comercialização (YAMASHITA et al., 2000; ZOFFOLI; LATORRE, 2011).

A armazenagem refrigerada é considerada a principal técnica no manejo pós-colheita de frutas e hortaliças, por essa razão, estratégias que funcionem de maneira combinada ao resfriamento são amplamente estudadas e aprimoradas. A utilização de embalagens prolonga o tempo de prateleira de frutas, uma vez que visa reduzir as injúrias e a perda de massa do produto colhido (CHOUDHURY; DA COSTA, 2004).

Uma das estratégias mais utilizadas para reduzir as perdas após a colheita da uva, impedir o desenvolvimento do mofo cinzento e permitir um maior período de

oferta do fruto, é por meio do armazenamento refrigerado combinado com o emprego de embalagens (LIGUORI et al., 2015; YAMASHITA, 2009). A escolha da embalagem exige uma análise criteriosa, devendo ser feita com base nas necessidades do fruto, no método de embalagem, resistência, custo e disponibilidade, além das exigências de mercado que variam de acordo com padrões definidos por eles (BORDIN, 1998; MOTOIKE; BOREM, 2018).

A função primária da embalagem é acondicionar os frutos para protegê-los contra danos físicos que podem ocorrer durante o transporte, manuseio, distribuição e comercialização, abrangendo todo percurso, desde o campo até o consumidor no momento da compra e em casa (BANZATO; MOURA, 1997; MESTRINER, 2002; NEGRÃO; CAMARGO, 2008). No caso da uva, a embalagem também deve evitar ou minimizar injúrias fisiológicas e microbiológicas (LIMA; CHOUDHURY, 2007; LORENZI et al., 2014; YAMASHITA, 2009).

O conjunto de embalagens em que as uvas de mesa normalmente são acondicionadas incluem: caixas de papelão, embalagens de polietileno tereftalato (PET), também chamadas de cumbucas plásticas ventiladas, filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) perfurados ou micro perfurados, entre outros (CASTRO; PARK; HONÓRIO, 1999; LIMA, 2009).

A fim de atender às exigências do mercado internacional, as caixas de papelão utilizadas no acondicionamento das uvas devem obedecer à Instrução Normativa Conjunta (MAPA, ANVISA, INMETRO) Nº 9 de 12 de novembro de 2002, sendo confeccionadas em caixas de papelão ondulado de parede dupla e peça única do tipo bandeja. Esse material deve ser de fácil montagem, resistente ao umedecimento e ajustável ao manuseio e acomodação dos cachos, além de possuir aletas nas laterais que facilitem seu empilhamento e apresentar orifícios que permitam a circulação do ar, de forma a promover o rápido resfriamento das uvas (ANTONIOLLI; LIMA, 2008).

O uso de filmes plásticos é eficiente no aumento do tempo de prateleira das uvas de mesa (YAMASHITA et al., 2000; LEESCH et al., 2014; CHAMPA, 2015), entretanto seus efeitos e correlações com as demais técnicas de conservação pós-

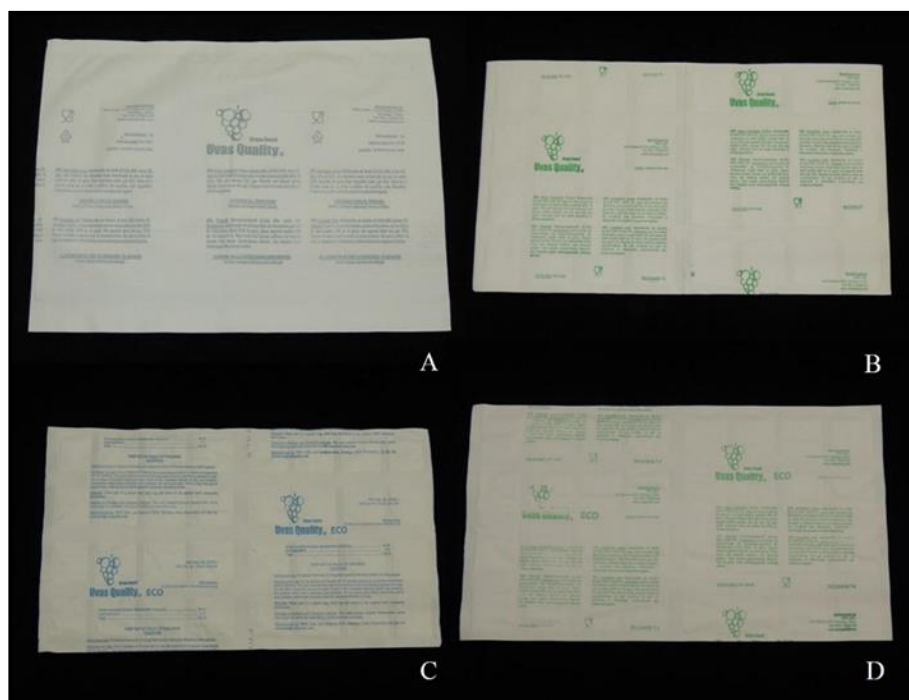
colheita podem ser muito mais exploradas (LICHTER et al., 2008; SEN; KESGIN, 2014).

Para prolongar o armazenamento refrigerado de uvas associado às embalagens é utilizado comercialmente o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), importante composto químico que tem por objetivo controlar as podridões ocorridas nos cachos, principalmente a contaminação e disseminação do fungo *Botrytis cinerea*. Esse gás, além de inibir o desenvolvimento de microrganismos, possui ação antioxidante, influenciando nos processos fisiológicos do próprio fruto, como exemplo, a manutenção de uma coloração mais verde da ráquis (MUÑOZ et al., 2000; SARANTÓPULOS; MORAES, 2009; ZOFFOLI; LATORRE, 2011).

O uso de SO<sub>2</sub> é uma prática sanitária padrão para tratar uvas no armazenamento a frio, que pode ser realizada por meio da fumigação em câmaras fechadas ou com uso de folhas geradoras do gás, as quais são colocadas no interior das caixas em cima das cumbucas (BLEINROTH, 1993; CRISOSTO; GARNER; CRISOSTO, 2002; KLUGE et al., 2002; RETAMALES et al., 2003). Quando aplicado como fumigante, as uvas de mesa são expostas por curto tempo a uma dose elevada do gás e o número de repetições permitidas é limitado (CRISOSTO; MITCHELL, 2002). O limite residual de SO<sub>2</sub> em uvas de mesa não pode ser superior a 10 ppm ou 10 mg/L de acordo com a normativa do CODEX STAN 247-2005 (CODEX, 2005).

As folhas geradoras (liberadoras) de SO<sub>2</sub> possuem como agente ativo o metabissulfito de sódio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), o qual é enclausurado em uma matriz de cera. Ao absorver o vapor de água que se origina da respiração do fruto e da alta umidade relativa, as folhas reagem com o ingrediente ativo (IA) liberando dióxido de enxofre (MUSTONEN, 1992; SARANTÓPULOS; MORAES, 2009; ZOFFOLI; LATORRE, 2011). Comercialmente, existem folhas geradoras de SO<sub>2</sub> de liberação lenta e de liberação dupla fase (rápida e lenta), com diferentes concentrações do IA (Figura 9). Ao utilizar as folhas de SO<sub>2</sub> de liberação dupla fase, quando as uvas são armazenadas por mais de dez dias, recomenda-se a combinação destas com um revestimento plástico e uma folha absorvente de umidade, evitando-se o acúmulo

do produto nas bagas das uvas distribuídas na embalagem (CHERVIN; AKED; CRISOSTO, 2012; ZUTAHY et al., 2008).



Fonte: CHAVES (2019).

**Figura 9** – Folhas geradoras de SO<sub>2</sub>. A: liberação lenta com 4 g de ingrediente ativo (IA); B: liberação lenta com 7 g de IA; C: liberação dupla fase com 5 g de IA; D: liberação dupla fase com 8 g de IA.

Com o desenvolvimento de folhas liberadoras de SO<sub>2</sub>, surgiram novas alternativas de manejo e conservação pós-colheita de uvas. O mecanismo utilizado pelas folhas liberadoras de SO<sub>2</sub> ocorre devido à presença de umidade na embalagem das uvas, sendo essa absorvida pelas folhas que reagem com o ingrediente ativo, metabissulfito de sódio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Estas folhas foram desenvolvidas para atender exigências específicas de alguns países, como os Estados Unidos e os da Comunidade Europeia, demonstrando eficiência no controle de doenças, fácil aplicabilidade e custo acessível (CHAMPA, 2015).

A eficiência do uso e o nível de resíduo de SO<sub>2</sub> são influenciados por diversos fatores, dentre os mais importantes estão a cultivar e o estágio de maturação dos cachos, visto que uvas imaturas acumulam o gás até sete vezes mais (SMILANICK et al., 1990). Destacam-se também a temperatura e umidade relativa, além do uso

de embalagens, pois a distribuição e retenção do  $\text{SO}_2$  depende do tipo de material escolhido e da quantidade de frutos armazenados (CASTRO; PARK; HONÓRIO, 1999; CRISOSTO et al., 1994; LIMA, 2009).

O branqueamento geralmente ocorre a partir do pedicelo permitindo a entrada de  $\text{SO}_2$  pela base da baga (Figura 10) (ZOFFOLI; LATORRE, 2011) ocasionando danos como depressões na superfície das bagas, e em alguns casos alteração da coloração da ráquis, tornando-a escura precocemente, podendo até provocar injúrias às bagas, como a degrana. As bagas podem ainda desenvolver odor sulfuroso e sabor desagradável (ARTÉS-HERNÁNDEZ; AGUAYO; ARTÉS, 2004; CHERVIN; AKED; CRISOSTO, 2012; CHERVIN; WESTERCAMP; MONTEILS, 2005; HENRÍQUEZ; PINOCHET, 2016; NEVES et al., 2009; ZAHAVI et al., 2000).



Fonte: O próprio autor (2021).

**Figura 10** – Branqueamento com ocorrência no pedicelo, permitindo a entrada de  $\text{SO}_2$  pela base da baga.

O maior problema em utilizar o SO<sub>2</sub> nas uvas de mesa é a proximidade entre as concentrações requeridas para controlar *B. cinerea* e as capazes de provocar toxicidade aos frutos (AUGER, 1989). Em níveis excessivos de SO<sub>2</sub>, os ácidos gerados a partir do gás podem induzir lesões nos tecidos dos cachos e conseqüentemente causar o branqueamento, que é a descoloração parcial das bagas, afetando as antocianinas e a clorofilas.

Pela superexposição das uvas de mesa ao SO<sub>2</sub> pode ocorrer outra eventual desordem, conhecida como *hairline cracks*, que são fissuras lineares e finas causadas nas bagas, que levam a exsudação de suco da polpa tornando a película molhada e pegajosa (ZOFFOLI; LATORRE, 2011).

Altos níveis de SO<sub>2</sub> podem resultar em alergias e alterações desagradáveis no sabor da uva, assim, o seu uso deve ser realizado de modo a permitir uma proteção adequada da uva sem que a mesma tenha suas características de qualidade prejudicadas (LURIE et al., 2006; ZUTAHY et al., 2008).

As embalagens utilizadas na pós-colheita de uvas de mesa provêm de diversos fabricantes que possuem diferentes especificações dos seus produtos (CARTER et al., 2018). Devido a essa diversidade, os materiais utilizados para cultivares de uvas de mesa cultivadas no norte do Paraná, como por exemplo a 'Benitaka', ainda são pouco conhecidos.

### 3. OBJETIVO

Desenvolvimento de um sistema de embalagem ativa e biodegradável para a uva de mesa 'Benitaka' (*Vitis vinifera* L.) com o objetivo de inibir o desenvolvimento de podridão cinzenta durante o armazenamento sob refrigeração. O sistema será composto por uma embalagem sem perfuração e um sachê liberador de SO<sub>2</sub>, ambos biodegradáveis.

#### 3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir, por extrusão-sopro em balão filmes biodegradáveis com blendas de PBAT, amido e glicerol, para produção de sacos e sachês liberadores de SO<sub>2</sub>, e caracterizar em termos de propriedades mecânicas, permeabilidade ao vapor de água e isoterms de sorção de água.
- Avaliação da conservação pós-colheita de uvas de mesa 'Benitaka', embaladas em sistema de embalagem ativa e biodegradável, armazenados em câmara refrigerada em torno de  $1 \pm 1$  °C e umidade relativa do ar acima de 90% por 30 e 45 dias e 3 dias em temperatura ambiente ( $22 \pm 1$  °C).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. LOCAL DO EXPERIMENTO, DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS E DESCRIÇÃO DAS FASES EXPERIMENTAIS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Alimentos e no Laboratório de Análise de Frutas, pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina, PR.

Neste trabalho foram realizadas duas etapas experimentais, a primeira etapa consistiu no desenvolvimento de filmes biodegradáveis utilizando uma blenda de amido de milho (Apti, Brasil), glicerol (Dinâmica, Brasil) como plastificante e poli (adipato co-tereftalato de butileno) (PBAT) e produzidos pelo processo de extrusão-sopro em balão. Foram desenvolvidas diversas formulações e àquelas que tinham melhores propriedades mecânicas e de processabilidade foram utilizadas.

A segunda etapa experimental, consistiu na conservação pós-colheita de uvas de mesa 'Benitaka' (*Vitis vinifera* L.). Os cachos da uva foram obtidos de uma propriedade comercial localizada em Cambira, PR (23°35'S, 51°34'O, altitude de 1.017 m), com histórico de ocorrência de *Botrytis cinerea*. A região é classificada como subtropical (Cfa) de acordo com Köppen, com temperatura média anual de 20,7 °C e precipitação anual em torno de 1.600 mm (CAVIGLIONE, 2000). As videiras tinham 10 anos de idade e foram enxertadas sobre o porta-enxerto 'IAC 766 Campinas', e foram conduzidas em sistema latada e protegidas por tela preta de 18% de sombreamento. As colheitas foram realizadas durante a safra de verão de 2020, no fim de novembro, quando o teor de sólidos solúveis das uvas atingiu 14 °Brix. Após a colheita, foi feita uma limpeza nos cachos, removendo os frutos danificados e irregulares. Em seguida, foram padronizados com base em sua aparência.

As uvas foram embaladas em sacos biodegradáveis sem perfuração contendo no interior um sachê liberador de SO<sub>2</sub>, contendo como ingrediente ativo o metabissulfito de sódio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e pérolas de sílica (SiO<sub>2</sub>) como regulador de umidade. As uvas embaladas foram acondicionadas em caixas de papelão que

comportam em torno de 2 kg, e armazenados em câmara refrigerada a  $1 \pm 1$  °C. As uvas foram avaliadas ao longo da armazenagem em termos de incidência de mofo cinzento nas bagas, perda de massa de cacho, escurecimento da ráquis, degrana e branqueamento das bagas. Não houve congelamento nas bagas.

## 4.2. DESENVOLVIMENTO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS E SACHÊS LIBERADORES DE SO<sub>2</sub>, PRODUZIDOS POR EXTRUSÃO SOPRO EM BALÃO

### 4.2.1. TESTES PRELIMINARES

Foram realizados testes preliminares para definir as formulações mais adequadas e condições de operação para produção dos pellets e filmes biodegradáveis por extrusão sopro em balão. Os testes foram realizados utilizando amido, glicerol e poli (adipato co-tereftalato de butileno) (PBAT).

### 4.3. PRODUÇÃO DOS FILMES, EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS SEM PERFURAÇÃO E SACHÊS

Os filmes biodegradáveis foram produzidos por extrusão sopro em balão utilizando a formulação F3 (Tabela 1), pois foi a que apresentou as melhores características mecânicas e de processabilidade.

**Tabela 1** – Formulações dos filmes biodegradáveis.

Formulação	Componente (% - m/m)		
	PBAT*	Amido	Glicerol
F1	30	49	21
F2	30	47	23
F3	50	35	15

\* PBAT: poli (adipato co-tereftalato de butileno).

#### 4.3.1. EQUIPAMENTO DE EXTRUSÃO

O equipamento utilizado neste trabalho foi uma extrusora piloto de monorroscas (BGM, modelo EL-25, Brasil) (Figura 11). A extrusora possui um diâmetro de parafuso (D) de 25 mm, comprimento de parafuso (L) de 750 mm, cinco zonas de aquecimento e uma matriz com seis furos de 2 mm. A matriz (cabeçote) do equipamento foi projetada para produzir filmes tubulares de uma camada.



Fonte: BGM MÁQUINAS PARA PLÁSTICOS (2021).

**Figura 11** – Extrusora piloto de monorroscas BGM, modelo EL-25, Brasil.

#### 4.3.2. CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO PARA PELLETS E FILMES

Os componentes das formulações (PBAT, amido e glicerol) foram misturados manualmente e extrudados em uma extrusora piloto monorroscas (BGM, modelo EL-

25, Brasil) (Figura 11) para produção dos pellets, necessários para a segunda extrusão na formação do filme. O perfil de temperatura foi definido em 90/120/120/125 °C com uma velocidade de parafuso de 35 RPM, de acordo com os testes preliminares. Os pellets produzidos na primeira extrusão foram extrudados na mesma extrusora para produzir os filmes por extrusão por sopro em balão. O perfil de temperatura usado foi o mesmo da primeira fase da extrusão, em 90/120/120/125 °C com uma velocidade de parafuso de 35 RPM.

A melhor formulação para a produção dos pellets e dos filmes, de acordo com os testes preliminares, foi de 50 g de PBAT/ 100 g mistura, 35 g de amido/100 g mistura e 15 g de glicerol/100 g mistura (Formulação 3, Tabela 1).

#### 4.4. PRODUÇÃO DAS EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS E SACHÊS LIBERADORES DE SO<sub>2</sub>

Foi definido o uso de quatro diferentes misturas de metabissulfito de sódio e perolas de sílica gel para os sachês, com base na literatura para tratamento antifúngico de uvas, que recomenda 1 g de SO<sub>2</sub> para 1 kg de uva. Com base nessa proporção, foram produzidos sachês com 2 g e 4 g de metabissulfito de sódio e pérolas sílica gel (SiO<sub>2</sub>) como um agente de controle de umidade em proporção 1, 2 e 4 g (Tabela 2).

**Tabela 2** – Formulação dos tratamentos.

<b>Tratamento</b>	<b>Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>
Controle	0 g	0 g
Tratamento 1	2 g	2 g
Tratamento 2	4 g	1 g
Tratamento 3	4 g	2 g
Tratamento 4	4 g	4 g

Controle, não contém sachês com ingrediente ativo Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e SiO<sub>2</sub> para liberação de SO<sub>2</sub>

#### 4.4.1. PRODUÇÃO DAS EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS

Para definir o tamanho da embalagem que para armazenar as uvas, primeiro foram consideradas as dimensões e a capacidade da caixa de papelão. As dimensões das caixas padrão de papelão para 2 kg de uvas a granel correspondem a 275 x 175 x 90 mm (comprimento x largura x altura).

Desta forma, com base no auxílio da literatura, considera-se que as dimensões dos sacos seriam de dimensões 250 x 350 mm (comprimento x largura) tamanho suficiente para evitar danos mecânicos ao produto e facilitar a selagem ao embalar o produto. Os filmes foram cortados manualmente e foram seladas com o auxílio de uma seladora de mesa (Figura 12).



Fonte: O próprio autor (2021).

**Figura 12** – Produção de sacos plásticos biodegradáveis.

Os sacos foram analisados para verificar a presença de defeitos (furos, rasgos, problemas de selagem) e foram acondicionados em sacos aluminizados até o uso como embalagem para uvas ou para as análises de caracterização.

#### 4.4.2. PRODUÇÃO DOS SACHÊS LIBERADORES DE SO<sub>2</sub>

Os sachês foram produzidos com 100 x 100 mm (comprimento x largura), dimensão suficiente para conter o metabissulfito de sódio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e as pérolas de sílica gel (SiO<sub>2</sub>), de acordo com a Tabela 2. Os filmes biodegradáveis foram cortados manualmente e foram selados com o auxílio de um selador de mesa para produção dos sachês (Figura 13).



Fonte: O próprio autor (2021).

**Figura 13** – Produção de sachês plásticos biodegradáveis.

#### 4.5. CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS

##### 4.5.1. AVALIAÇÃO SUBJETIVA

Os filmes biodegradáveis produzidos por extrusão-sopro em balão foram avaliados subjetivamente de acordo com as seguintes características: capacidade de formação dos perfis cilíndricos de forma contínua no processo de extrusão

(processabilidade) e homogeneidade do material (presença de furos, cor e superfície irregular).

As classificações foram dadas pelos termos “deficiente”, “aceitável” e “bom”. Somente os filmes com boas características subjetivas foram utilizados para produzir as embalagens de uvas e os sachês contendo o ingrediente ativo.

#### 4.5.2. ESPESSURA

A espessura dos materiais foi determinada utilizando um micrômetro manual ( $\pm 0,001$  mm) (Starret, Brasil) em 5 pontos das amostras com dimensões 20 x 50 mm (comprimento x largura), e condicionadas por 48 h a 25 °C em umidade relativa (UR) de 53% (solução saturada de nitrato de magnésio,  $Mg(NO_3)_2$ ). Para a análise das propriedades mecânicas foram utilizadas as mesmas amostras do material, com o fim de garantir uma maior padronização nos análises.

#### 4.5.3. PROPRIEDADES MECÂNICAS

As propriedades mecânicas dos filmes flexíveis foram determinadas através de testes de tração utilizando um texturômetro TA.XT2i Plus (Stable Micro Systems, Inglaterra) de acordo com o método D882-02 da American Society for Testing and Material (ASTM, 2002). As propriedades determinadas foram a resistência máxima à tração, porcentagem de alongamento na ruptura e Módulo de Young.

Para análise, foram utilizadas as mesmas amostras utilizadas para a análise da espessura com dimensões 20 x 50 mm (comprimento x largura). A velocidade do ensaio foi de 0,80 mm/s e a distância inicial entre as garras de 30 mm. Antes da realização dos testes de tração, os corpos de as amostras foram previamente condicionados em dessecador a 25 °C por 48 horas em umidade relativa (UR) de 53 % (solução saturada de nitrato de magnésio,  $Mg(NO_3)_2$ ).

#### 4.5.4. PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

A permeabilidade ao vapor de água foi determinada pelo método gravimétrico de acordo com o método da ASTM E-96-(00) (2000) com algumas modificações. O filme, previamente condicionado por 48 h a 25 °C em umidade relativa (UR) de 53% (solução saturada de nitrato de magnésio,  $Mg(NO_3)_2$ ), foi fixado na abertura circular (60 mm de diâmetro) da cápsula de permeabilidade, empregando-se graxa de silicone para garantir a migração de umidade exclusivamente através do filme.

O interior da cápsula foi parcialmente preenchido com solução saturada de cloreto de magnésio,  $MgCl_2$  (33% UR a 25 °C), e o sistema foi introduzido no dessecador contendo solução saturada de cloreto de sódio,  $NaCl$  (75,3% UR a 25 °C), criando um gradiente de UR para a passagem de vapor de água para o interior da cápsula. Foram realizadas dez pesagens sucessivas, em intervalos de tempo de 12 horas. O ganho de massa ( $m$ ) foi graficado em função do tempo ( $t$ ), e então foram determinados o coeficiente angular ( $m/t$ ) e a taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) dada pela Equação 1:

$$TPVA = \left(\frac{m}{t}\right) \times \left(\frac{1}{A}\right) \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde A é a área de permeação do corpo de prova ( $m^2$ ).

Para cada formulação desenvolvida, o ensaio foi realizado em triplicata. A permeabilidade ao vapor de água foi calculada pela Equação 2:

$$PVA = \frac{\left(\frac{m}{t} \times \frac{1}{A} \times e\right)}{p_s \times \left(\frac{UR_1 - UR_2}{100}\right)} \quad [\text{Eq. 2}]$$

em que:

A - área de permeação do corpo de prova ( $m^2$ );

e - espessura do filme (m);

$p_s$  - pressão de saturação do vapor na temperatura de teste (Pa);

$UR_1$  - umidade relativa no interior do dessecador (%);

$UR_2$  - umidade relativa no interior da cápsula (%).

#### 4.5.5. ISOTERMAS DE SORÇÃO DE ÁGUA

As amostras com dimensões 20 x 20 mm foram condicionados e desidratadas por 7 dias em dessecador contendo cloreto de cálcio anidro ( $\text{CaCl}_2$ ), com a finalidade de diminuir a umidade dos filmes, mantendo a umidade relativa (UR) próxima a 0%. Após este período as amostras foram colocadas no equipamento gerador de isotermas Aquacorp (Decagon Devices, EUA) que opera pelo método de isotermas por ponto de orvalho dinâmico. As amostras foram colocadas no equipamento e foi realizado um ciclo de dessorção inicial para atingir a atividade de água mínima para iniciar o ensaio de adsorção. Foi realizada a varredura no modo de adsorção na faixa de atividade de água de 0,10 a 0,85, na temperatura de 25 °C.

As isotermas de sorção foram calculadas pelo modelo GAB (Guggenheim, Anderson e de Bôer) (Equação 3) utilizando o software Sorptrack 1.14 (Decagon Devices, EUA) que acompanha o equipamento. O programa Statistica 7.0 foi utilizado para realizar a modelagem.

$$X_w = \frac{C.K.m_0.aw}{[(1-K.aw)(1-K.aw+C.K.aw)]} \quad [\text{Eq.3}]$$

em que:

$X_w$  - umidade em base seca (g água/g sólido);

$aw$  - umidade da água (UR/100);

$m_0$  - monocamada molecular dada em g água/g sólido;

$C$  - constante relacionada ao calor de sorção da camada molecular;

$K$  - parâmetro calor de sorção da multicamada.

#### 4.5.6. PERDA DE MASSA EM ÁGUA

A perda de massa em água (PMA) foi determinada de acordo com Olivato et al. (2012) com modificações. As amostras foram previamente dessecadas por três dias em dessecador contendo cloreto de cálcio anidro ( $\text{CaCl}_2$ ) (0% UR). Após a

pesagem em balança analítica BEL (Piracicaba, Brasil), os materiais foram imersos em 20 mL de água destilada, por 48 h a 25 °C. As amostras foram então removidas e secas a 105 °C em estufa por 4 h, e a massa da amostra condicionada após o tratamento utilizada para determinar a perda de massa em água (%). As determinações foram realizadas em triplicata. A perda de massa em água foi obtida pela Equação 4:

$$PMA = \left( \frac{msi - msf}{msi} \right) \times 100 \quad [\text{Eq. 4}]$$

Onde PMA é a perda de massa em água, msi é a massa seca inicial e msf, a massa seca final.

#### 4.5.7. DENSIDADE

As triplicatas de cada formulação, com dimensões de 20 x 20 mm, foram cortadas e condicionadas por 7 dias em dessecador contendo cloreto de cálcio anidro (CaCl<sub>2</sub>) (0% UR) para serem desidratadas. Após este período, as amostras foram pesadas e, em seguida, sua massa e área geométrica foram determinadas. Os resultados obtidos são utilizados para o cálculo da densidade dos materiais, sendo expressos em g/cm<sup>3</sup>.

### 4.6. CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UVAS DE MESA BENITAKA (*Vitis vinifera* L.) EMPREGANDO EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS E SACHÊS BIODEGRADÁVEIS LIBERADORES DE SO<sub>2</sub>

#### 4.6.1. DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

Uvas de mesa 'Benitaka' (*Vitis vinifera* L.) embaladas em sacos plásticos biodegradáveis sem perfuração e contendo sachês de plástico biodegradável

liberadoras de SO<sub>2</sub> foram acondicionadas em caixas de papelão e armazenadas em câmara frigorífica a  $1 \pm 1$  °C. As variáveis avaliadas foram: incidência de mofo cinzento nas bagas, perda de massa de cacho, escurecimento da ráquis, degrana e branqueamento das bagas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições para cada tratamento, consistindo de combinações de sachês liberadores de SO<sub>2</sub> e de um tratamento sem sachê (controle), de acordo com a Tabela 2.



Fonte: O próprio autor.

**Figura 14** – Cachos da uva 'Benitaka' embalados em sacos plásticos com sachês liberadores de SO<sub>2</sub>.

Os tratamentos consistiram em 2 kg de cachos de uvas 'Benitaka' para cada tratamento, embalados em sacos plásticos biodegradáveis sem perfuração, contendo no interior um sachê (Figura 14). As uvas embaladas e contendo um

sachê foram acondicionados em caixas de papelão ondulado com as dimensões 275 x 175 x 90 mm (comprimento x largura x altura). O tratamento controle foi semelhante aos demais tratamentos, mas sem a utilização do sachê.

#### 4.6.2. EMBALAGEM E ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DAS UVAS

Após serem colhidos, os cachos foram limpos e suas bagas danificadas e desuniformes foram eliminadas. Em seguida, os cachos foram padronizados de acordo com a sua aparência e massa (400 a 800 g), e foram dispostos em sacos plásticos com capacidade para 2 kg, junto com um sachê liberador de SO<sub>2</sub> de acordo com seu tratamento (Figura 15). Não foi necessário realizar o inóculo de *Botrytis cinerea* pois as uvas foram obtidas de uma videira com histórico de ocorrência de mofo cinzento sem nenhum tratamento antifúngico.



Fonte: O próprio autor.

**Figura 15** – Etapas de embalagem das uvas.

A embalagem das uvas seguiu os seguintes passos (Figura 15): A: Acomodação do saco plástico biodegradável na caixa de papelão; B: Acomodação de cachos de uvas embaladas no interior do saco; C: Colocação de um sachê liberador de SO<sub>2</sub> sobre as uvas no interior do saco plástico biodegradável; D: Fechamento do saco plástico biodegradável; E: Fechamento com lacre; F: Fechamento da caixa para o armazenamento em câmara.

Em seguida, as caixas de papelão corrugado foram dispostas em câmara refrigerada a  $1 \pm 1$  °C com umidade relativa do ar a 90% (Figura 16). Cada caixa foi etiquetada de acordo com os tratamentos e suas respectivas repetições; as caixas foram empilhadas de acordo com as instruções do fabricante das caixas de papelão (ADAMI S/A), em duas seções e de forma aleatória.



Fonte: O próprio autor.

**Figura 16** – Armazenamento das caixas de uva 'Benitaka' em câmara refrigerada em temperatura de  $1 \pm 1$  °C.

### 4.6.3. AVALIAÇÕES

As uvas dos cinco tratamentos foram avaliadas aos 30 e 45 dias após o início do armazenamento refrigerado, em que foram analisadas as seguintes variáveis: incidência de mofo cinzento nas bagas, perda de massa de cacho, escurecimento da ráquis, degrana e branqueamento das bagas. Após os 45 dias de armazenamento a  $1 \pm 1$  °C, as uvas embaladas foram armazenadas por 3 dias a temperatura ambiente ( $22 \pm 1$  °C) e as variáveis descritas anteriormente foram novamente avaliadas, com exceção da perda de massa dos cachos, pois após 45 dias de armazenamento, foram retiradas amostras para medir o teor de sólidos solúveis e a acidez total.

A incidência de podridão cinzenta nas bagas foi quantificada pela fórmula (YOUSSEF; ROBERTO, 2014):

$$\text{Incidência (\% de bagas infectadas)} = \frac{\text{número de bagas infectadas}}{\text{número total de bagas do cacho}} \times 100$$

A perda de massa dos cachos foi determinada por meio da pesagem dos cachos no momento inicial de armazenamento e no momento de cada avaliação, de acordo com Youssef; Roberto (2014):

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{\text{massa inicial} - \text{massa no momento da avaliação}}{\text{massa inicial}} \times 100$$

O escurecimento da ráquis foi avaliada por meio de avaliação visual conforme a metodologia descrita por Ngcobo et al. (2013), atribuindo-se notas de acordo com o nível de escurecimento (Figura 17), sendo 1 (fresco e verde); 2 (levemente marrom); 3 (significativamente marrom) e 4 (severamente marrom).



Fonte: MÜHLBEIER (2020).

**Figura 17** – Escurecimento da ráquis. 1: fresco e verde. 2: leve escurecimento. 3: escurecimento significativo. 4: escurecimento severo.

A degrana dos cachos foi avaliada por meio da contagem das bagas soltas de cacho dentro da caixa, e expresso em porcentagem.

O branqueamento das bagas foi quantificado conforme a fórmula descrita por Henríquez e Pinochet (2016):

$$\text{Branqueamento das bagas (\%)} = \frac{\text{número de bagas com branqueamento}}{\text{número total de bagas do cacho}} \times 100$$

#### 4.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando-se o software Statistica 7.0® (StatSoft, EUA), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância ( $p < 0,05$ ).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS PRODUZIDOS POR EXTRUSÃO SOPRO EM BALÃO UTILIZANDO BLENDS DE AMIDO, GLICEROL E PBAT

Para produzir o filme biodegradável foi utilizada a formulação F3 (50 g de PBAT/100 g mistura, 35 g de amido/100 g mistura e 15 g de glicerol/100 g mistura) (Tabela 2), pois essa formulação apresentou a melhor processabilidade durante a extrusão por sopro em balão. As análises das propriedades mecânicas foram realizadas em filme antes de ser utilizado como embalagem de uva, denominado “filme novo” e em filme após uso como embalagem, denominado “filme usado”.

#### 5.1.1. ESPESSURA, PERDA DE MASSA EM ÁGUA E DENSIDADE

A espessura, perda de massa em água e a densidade de filmes biodegradáveis são mostrados na Tabela 3.

**Tabela 3** – Espessura, perda de massa em água e densidade dos filmes novos e usados.

Amostra	Espessura (mm)	Perda de massa em água (% PMA)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Filme Novo	0,111 ± 0,007 a	15,9 ± 0,2 a	1,223 ± 0,020 a
Filme Usado	0,108 ± 0,006 a	14,0 ± 1,1 a	1,165 ± 0,027 a

Filme Novo – filme com 50 g PBAT/ 100 g, 35 g amido/100 g, 15 g glicerol/100 g; Filme Usado – filme com 50 g PBAT/ 100 g, 35 g amido/100 g, 15 g glicerol/100 g

Resultados expressos como média (± desvio padrão).

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

De acordo com a análise de variância, não houve diferença significativa da espessura, perda de massa em água e densidade entre os filmes biodegradáveis novos e usados, ou seja, os filmes mantiveram as características dimensionais e a perda de massa em água após o seu uso com embalagem de uvas, demonstrando a estabilidade do filme após o seu uso em condições de alta umidade relativa e baixas temperaturas.

Quanto maior a densidade do filme, maior a quantidade de material utilizada para produzi-los, aumentando o custo do material. Kormin et al. (2017) produziram materiais injetados de polietileno de baixa densidade (PEBD) (densidade em torno de  $0,9188 \text{ g/cm}^3$ ) com duas fontes de amido diferentes e avaliaram as densidades desses materiais. Segundo os autores, a densidade dos materiais aumentou com o aumento da proporção de amido na mistura, provavelmente devido à fraca ligação entre o amido e o PEBD, pois o amido termoplástico é hidrofílico e o PEBD é hidrofóbico, e o mesmo comportamento pode ser sugerido para filmes com PBAT e amido.

Brandelero et al. (2012) produziram filmes por extrusão de sopro de balão, e a formulação controle teve uma composição semelhante à deste estudo (amido termoplástico de mandioca/PBAT 65/35 m/m). A espessura média foi de  $200 \mu\text{m}$  e a densidade média foi de  $1,34 \text{ g/cm}^3$ , superior ao relatado no presente trabalho, provavelmente devido ao maior teor de amido termoplástico, 65% contra 50% da nossa formulação.

Os filmes biodegradáveis utilizados pra embalagem de uva podem ser considerados relativamente estáveis em água pois a perda de massa em água variou de 14 a 15,9%, sendo uma característica atrativa, uma vez que os materiais à base de amido são altamente higroscópicos e, conseqüentemente, muito sujeitos a perda de massa em água (MALI et al., 2005).

### 5.1.2. PROPRIEDADES MECÂNICAS

A resistência à tração dos filmes variou entre 8,8 e 9,5 MPa e o alongamento variou de 604 a 609% (Tabela 4) e não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre

eles, ou seja, seu uso em condições de alta umidade relativa e baixas temperaturas não afetaram a resistência e o alongamento do filme, mantendo suas propriedades mecânicas, com exceção do Módulo de Young, que aumentou após o uso. Este aumento foi devido ao envelhecimento do filme, com aproximação das cadeias dos polímeros, aumentando a interação entre elas e, conseqüentemente, causando um aumento da rigidez do material.

**Tabela 4** – Propriedades mecânicas dos filmes biodegradáveis novos e usados.

Amostra	Propriedade mecânica		
	Resistência à tração (MPa)	Alongamento na ruptura (%)	Módulo de Young (MPa)
Filme Novo	8,8 ± 0,3 a	604 ± 32 a	45,0 ± 0,9 a
Filme Usado	9,5 ± 0,3 a	619 ± 29 a	74,4 ± 5,4 b

Filme Novo – filme com 50 g PBAT/ 100 g, 35 g amido/100 g, 15 g glicerol/100 g; Filme Usado – filme com 50 g PBAT/ 100 g, 35 g amido/100 g, 15 g glicerol/100 g

Resultados expressos como média (± desvio padrão).

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

De acordo com estudos realizados por Brandelero, Grossmann, Yamashita (2011), os filmes biodegradáveis produzidos por extrusão soprada com misturas de amido termoplástico de mandioca e PBAT, com proporções semelhantes às utilizadas neste trabalho, tinham uma resistência à tração em torno de 4 MPa e um alongamento na ruptura de cerca de 50%. Olivato et al. (2011) obtiveram valores de 6 MPa para resistência à tração, alongamento de 150% e Módulo de Young em torno de 55 MPa para filmes com misturas de amido termoplástico e PBAT (55/45 p/p) produzidos por extrusão soprada.

Os resultados das propriedades mecânicas citados por Brandelero, Grossmann, Yamashita (2011), em comparação com os resultados desta pesquisa mostram que o filme desenvolvido é notadamente mais resistente, manipulável e flexível para posterior aplicação como sistemas de embalagem ativos sujeitos a

alterações na umidade e temperatura. Em comparação aos estudos realizados por Dias (2020), em filmes biodegradáveis multicamadas com misturas de amido termoplástico de mandioca e PBAT contendo pó de chá verde e pó de flor de hibisco e posterior aplicação como embalagem ativa de alimentos, obteve resultados de resistência à tração dos filmes entre 4,8 e 4,9 MPa, devido ao impacto da adição de novos componentes na formulação de um filme que pode afetar as propriedades mecânicas do material, um alongamento na ruptura variou de 3 a 5% que foi inferior em comparação com os resultados na presente investigação, bem como o Módulo de Young em torno de 23,2 e 36,8 Mpa.

### 5.1.3. PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos filmes variou de 5,3 a 6,6 x 10<sup>-11</sup> g m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> Pa<sup>-1</sup> (Tabela 5), havendo diferença significativa entre as amostras antes e após o uso como embalagem de uvas, entretanto essa diferença, do ponto de vista prático não é importante, pois tanto antes como após o uso, o filme pode ser considerado altamente permeável ao vapor de água. Essa diferença pode ser devido ao envelhecimento do filme, conforme discutido anteriormente, devido à aproximação das cadeias dos polímeros e, conseqüentemente, reduzindo a permeação do vapor de água através do filme.

**Tabela 5** – Permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos filmes biodegradáveis novos e usados.

<b>Amostra</b>	<b>PVA (x10<sup>11</sup>) (g m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> Pa<sup>-1</sup>)</b>
Filme Novo	6,6 ± 0,2 a
Filme Usado	5,3 ± 0,3 b

Filme Novo – filme com 50 g PBAT/ 100 g, 35 g amido/100 g, 15 g glicerol/100 g; Filme Usado – filme com 50 g PBAT/ 100 g, 35 g amido/100 g, 15 g glicerol/100 g

\* Resultados expressos como média (± desvio padrão) x 10<sup>11</sup> para PVA.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Em outros estudos com filmes formulados com PBAT e amido de mandioca em proporções semelhantes ao presente trabalho Müller, Yamashita e Laurindo (2008) relataram PVA de  $9,5 \times 10^{-11} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$  e Dias (2020) de  $5,2 \times 10^{-11} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ , ou seja, semelhantes aos determinados no presente trabalho. Brandelero, Grossmann e Yamashita (2012) para filmes produzidos a partir de blendas PBAT e amido, contendo Tween 80 e óleo de soja na matriz, relataram PVA de  $2,8 \times 10^{-12} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ , para um gradiente de 32-64% UR, sendo essa diferença devido a presença de óleo na matriz, tornando o material mais hidrofóbico.

#### 5.1.4. ISOTERMAS DE SORÇÃO DE ÁGUA

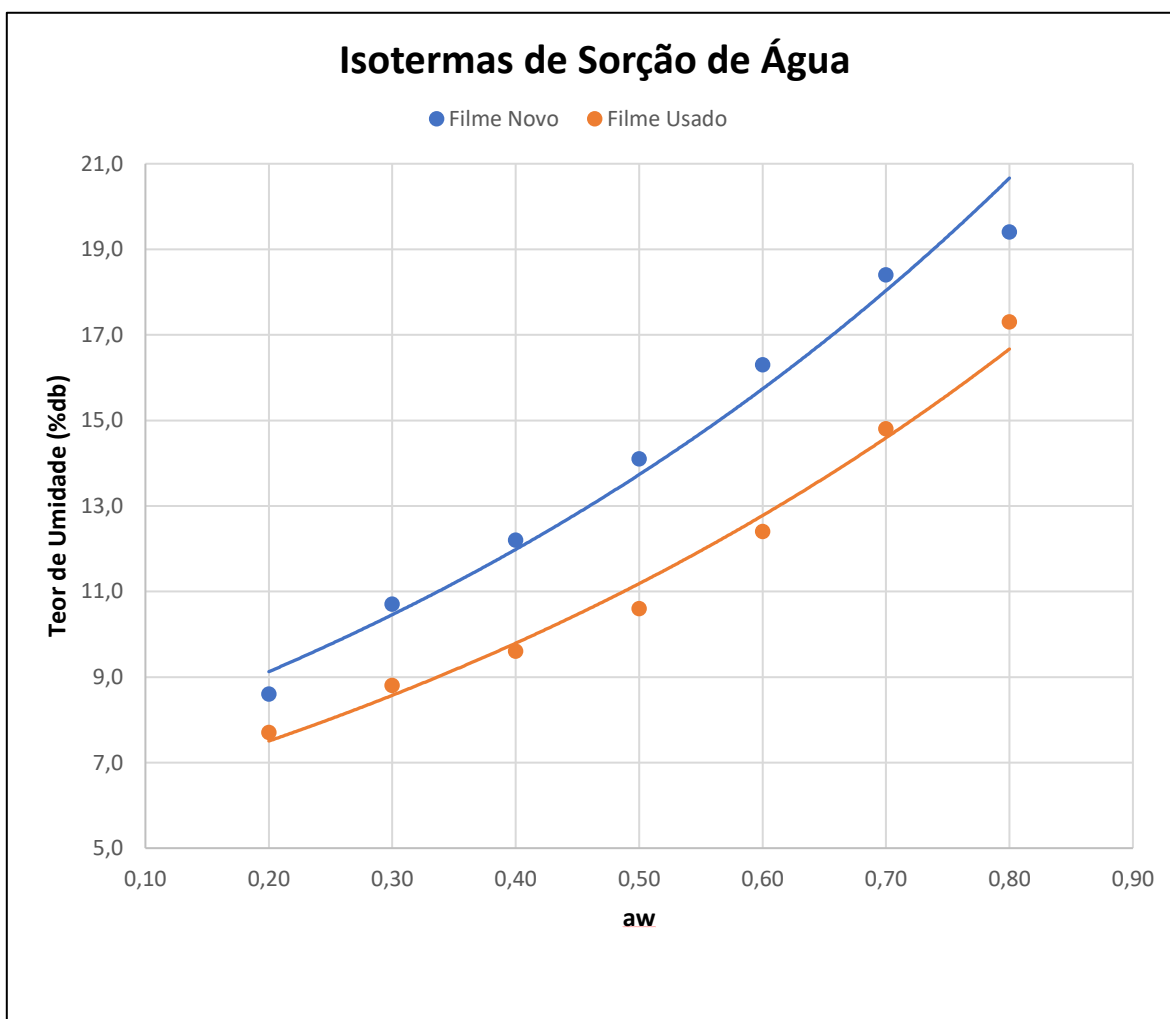
Os parâmetros obtidos através da modelagem das isotermas de sorção de água dos filmes Novo e Usado, usando o modelo de GAB estão apresentados na Tabela 6, também foi gerado um gráfico mais limpo (Figura 18) onde pode ser visto que antes como após o uso, dos filmes Novo e Usado podem ser considerados com boa relação entre o teor de umidade (%db) e a atividade da água ( $a_w$ ), mas o teor de umidade no material usado diminui quando é usado e sujeito a mudanças de temperatura e umidade. O ajuste do modelo aos dados foi considerado satisfatório devido ao valor do coeficiente de determinação ter sido próximo de 1, e similar aos obtidos por outros pesquisadores da área de biofilmes. É apresentada uma breve comparação dos resultados obtidos por outros pesquisadores com resultados muito semelhantes usando amido de mandioca.

**Tabela 6** – Isotermas de sorção de água dos filmes biodegradáveis novos e usados.

Amostra	Parâmetros do modelo GAB			
	C	k	$m_o$ (g água/100 g sólidos)	$R^2$
Filme Novo	15,3	0,61	10,7	0,99
Filme Usado	11,8	0,68	8,2	0,99

Filme Novo – filme com 50 g PBAT/ 100 g, 35 g amido/100 g, 15 g glicerol/100 g; Filme Usado – filme com 50 g PBAT/ 100 g, 35 g amido/100 g, 15 g glicerol/100 g

Costa (2008) obteve para filme produzido a partir de blenda de amido termoplástico de mandioca: PBAT (70:30) um valor de  $m_w$  igual a 7,3 g água/100 g sólidos, sendo que o ATp continha 20% de glicerol. Já Müller et al. (2008), para filme elaborado com 100% de ATp contendo 30% de glicerol, obtiveram valor de  $m_w$  igual a 9,4 g água/100 g sólidos (ambos a 90% UR). Estes valores foram similares aos determinados para filmes de PBAT, amido de milho e glicerol (PBAT 50% e ATp 50%), elaborados neste trabalho.



Fonte: O próprio autor.

**Figura 18** – Gráfico limpo da modelagem das isotermas de sorção de água dos filmes Novo e Usado usando o modelo de GAB.

## 5.2. OCORRÊNCIA NATURAL DE *BOTRYTIS CINEREA* - SAFRA DE VERÃO DE 2020 EM UVAS DE MESA BENITAKA EMBALADAS EM SACOS PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS CONTENDO SACHÊS LIBERADORES DE SO<sub>2</sub>

### 5.2.1. INCIDÊNCIA DE MOFO CINZENTO NAS BAGAS

Após 30 e 45 dias de armazenamento em câmara refrigerada a  $1 \pm 1$  °C, os cachos de uva 'Benitaka' submetidos aos tratamentos com os sachês liberadores de SO<sub>2</sub> tiveram menor incidência, ou mesmo ausência de mofo cinzento quando comparados o tratamento controle, composta somente pelo saco biodegradável (Tabela 7).

**Tabela 7** – Incidência de mofo cinzento em uvas de mesa 'Benitaka' após 30 e 45 dias de armazenamento em câmara refrigerada a 1 °C e após 3 dias em temperatura ambiente ( $22 \pm 1$  °C), embaladas a granel em caixas de papelão e sacos plásticos biodegradáveis com diferentes sachês liberadores de SO<sub>2</sub>.

Tratamento	Incidência de mofo cinzento (% de bagas com sintomas)		
	30 dias a 1 °C	45 dias a 1 °C	3 dias a 22 °C sem embalagem
Controle	2,38 ± 0,19 b	4,60 ± 0,51 b	7,15 ± 1,58 b
Tratamento 1	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 a
Tratamento 2	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 a
Tratamento 3	0,17 ± 0,17 a	0,17 ± 0,17 a	0,34 ± 0,34 a
Tratamento 4	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 a	0,17 ± 0,17 a

Resultados expressos como média ( $\pm$  desvio padrão).

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Depois de armazenadas por 45 dias a 1 °C, as uvas foram retiradas das embalagens plásticas e mantidas 3 dias só dentro das caixas de papelão a temperatura ambiente para simular uma situação de venda no varejo sem refrigeração.

A ausência de sintomas de mofo cinzento das uvas embaladas com sachê contendo metabissulfito de sódio durante o armazenamento refrigerado foi devido a liberação de SO<sub>2</sub>. A propriedade hidrofílica da sílica gel controlou a liberação do SO<sub>2</sub> ao longo da armazenagem pois diminuiu a disponibilidade de água para que o metabissulfito reagisse e liberasse o SO<sub>2</sub> de forma rápida.

A ação fumigante do SO<sub>2</sub> evita a germinação dos esporos em crescimento ativo e conseqüentemente, o melhor desempenho no controle do mofo cinzento. Além disso, como os cachos da uva de mesa 'Benitaka' estavam embalados em sacos plásticos biodegradáveis, a embalagem reteve o SO<sub>2</sub> criando uma microatmosfera adequada à ação do SO<sub>2</sub>, mas sem causar injúrias fisiológicas devido ao possível acúmulo CO<sub>2</sub> ou falta de O<sub>2</sub>, ou seja, os sacos plásticos biodegradáveis agiram como uma embalagem de atmosfera modificada.

Nos tratamentos em que foram utilizados os sachês liberadores de SO<sub>2</sub>, verificou-se incidência da doença nos tratamentos 3 e 4 com 0,34% e 0,17% de bagas com sintomas respectivamente, mas não diferindo significativamente dos tratamentos 1 e 2 e diferindo do tratamento controle, que apresentou maior incidência da doença com 7,15% (Tabela 7).

De acordo com Chervin et al. (2012) e Smilanick et al. (1990), a infecção por *B. cinerea* muitas vezes permanece latente, e as uvas devem ser expostas continuamente ao gás, a fim de controlar a doença por eliminação periódica do micélio em crescimento. Entretanto no caso das uvas embaladas com sachês liberadores de SO<sub>2</sub>, a incidência de podridão após a retirada da embalagem e mantidas 3 dias a temperatura ambiente foi muito baixa ou inexistente, ou seja, provavelmente evito a germinação expressiva dos esporos ativos devido a ação antifúngica do SO<sub>2</sub>.

O regulamento n° 543/2011 da União Europeia (EU) (EUROPEAN COMMISSION, 2019), estabelece regras para a importação de frutas e hortaliças no Anexo 1 desse regulamento, a United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), estabelece as normas sobre o comércio e controle de qualidade de uvas frescas a serem exportadas para a UE (UNECE, 2019). Nessa normativa, fica estabelecido que as uvas frescas podem conter defeitos superficiais leves, não

devendo apresentar sinais de apodrecimento ou deterioração que as tornem impróprias ao consumo, no entanto, não estão definidos limites de incidência de podridões.

### 5.2.2. PERDA DE MASSA DE CACHO

Os resultados da perda de massa das uvas armazenadas por 30 e 45 dias a 1 °C resultou sem diferenças significativas estatisticamente entre os tratamentos, sendo verificada perda gradual ao longo do armazenamento em que a maior média foram observadas nos tratamentos 3 e 4 aos 45 dias de armazenamento em câmara refrigerada com médias de 5,20% e 5,82% (Tabela 8).

**Tabela 8** – Perda de massa (%) na uva de mesa ‘Benitaka’ após 30 e 45 dias de armazenamento a 1 °C, embaladas a granel em caixas de papelão e sacos plásticos biodegradáveis com diferentes sachês liberadores de SO<sub>2</sub>.

Tratamento	Perda de massa (%)	
	30 dias a 1 °C	45 dias a 1 °C
Controle	3,37 ± 0,30 a	4,62 ± 0,81 a
Tratamento 1	3,42 ± 0,47 a	4,75 ± 0,45 a
Tratamento 2	3,52 ± 0,80 a	4,95 ± 0,80 a
Tratamento 3	3,85 ± 0,24 a	5,20 ± 0,28 a
Tratamento 4	4,20 ± 1,17 a	5,82 ± 0,97 a

Resultados expressos como média (± desvio padrão).

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Após 45 dias de armazenamento refrigerado, verificou-se que a média de perda de massa do tratamento controle foi menor às dos tratamentos com sachês liberadores de SO<sub>2</sub>, confirmando a necessidade do uso da combinação desses materiais de embalagem para proporcionar melhor conservação pós-colheita da uva de mesa ‘Benitaka’ durante o armazenamento refrigerado (LITCHER et al., 2011).

Como consequência da perda de massa, destaca-se o murchamento das bagas, que ocorre quando a perda atinge cerca de 4 a 5%, afetando assim a aparência e a firmeza ideais para o consumo (GORGATTI NETTO et al., 1993). Quando as uvas são armazenadas em condições adequadas de temperatura e umidade relativa, as perdas por desidratação se tornam pequenas (BRACKMANN; MAZARO; WACLAWOVSKY, 2000). Contudo, mesmo controlando esses fatores, os cachos continuam a perder água, principalmente devido às condições microclimáticas criadas nas embalagens durante o armazenamento refrigerado (MDUDUZI et al., 2012).

Como já citado, os componentes da embalagem também afetam a transmissão de vapor de água, sendo que quanto menor a taxa de transmissão, maior a umidade relativa no interior da embalagem, o que reduz a transpiração e, conseqüentemente, a perda de massa (CIA et al., 2010; ZAGORY; KADER, 1988). A perda de água e, conseqüentemente a perda de massa, são importantes fatores de degradação da qualidade de uvas de mesa, traduzindo-se principalmente em secagem e escurecimento da ráquis e amolecimento das bagas, que facilitam a degrana (BLEINROTH, 1993; BRACKMANN; MAZARO; WACLAWOVSKY, 2000; LYDAKIS; AKED, 2003; RIZZUTI et al., 2015).

### 5.2.3. ESCURECIMENTO DA RÁQUIS

Em relação ao escurecimento da ráquis dos cachos de uva 'Benitaka' após 30 dias a 1 °C, as menores pontuações, ou seja, menor escurecimento, foram observadas para os tratamentos que utilizaram sachês liberadores de SO<sub>2</sub>, enquanto que o tratamento composto somente pelo bolsão plástico biodegradável (controle) resultou na maior média (Tabela 9).

**Tabela 9** – Avaliação do escurecimento da ráquis dos cachos de uva de mesa ‘Benitaka’ após 30 e 45 dias a 1 °C e após 3 dias a temperatura ambiente a 22 °C, embaladas a granel em caixas de papelão e sacos plásticos biodegradáveis com diferentes sachês liberadores de SO<sub>2</sub>.

Tratamento	Escurecimento da ráquis*		
	30 dias a 1 °C	45 dias a 1 °C	3 dias a 22 °C sem embalagem
Controle	1,00 ± 0,00 a	2,00 ± 0,00 b	3,25 ± 0,25 b
Tratamento 1	1,00 ± 0,00 a	1,00 ± 0,00 a	1,50 ± 0,28 a
Tratamento 2	1,00 ± 0,00 a	1,00 ± 0,45 a	1,25 ± 0,25 a
Tratamento 3	1,50 ± 0,28 a	1,50 ± 0,58 a	1,50 ± 0,28 a
Tratamento 4	1,25 ± 0,25 a	1,25 ± 0,45 a	1,25 ± 0,25 a

\* Escala de notas visuais de escurecimento da ráquis: 1 - fresco e verde; 2 – ligeiramente marrom; 3 - significativamente marrom; e 4 - severamente marrom (Ngcobo et al., 2013).

Resultados expressos como média (± desvio padrão).

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Após 45 dias a 1 °C e 3 dias em temperatura ambiente sem embalagem plástica biodegradável, os cachos de uva do tratamento controle continuaram tendo as maiores pontuações de escurecimento da ráquis, porém as ráquis ainda estavam próximas da condição de fresco verde.

Em geral, as notas variaram entre 1,00 e 3,25 (Tabela 9). Esses valores, com vistas à comercialização, não colocariam as uvas em posição de inaptas ao consumo, pois a aparência dos cachos é afetada quando a ráquis está severamente marrom (NELSON, 1983), o que não foi observado nesse trabalho.

O gás SO<sub>2</sub>, além de controlar fungos, influencia em fenômenos fisiológicos, como na manutenção da cor verde dos engaços e turgidez das bagas (MANSOUR et al., 1984; NELSON, 1983), e isto se deve à ação inibidora do SO<sub>2</sub> sobre o mecanismo catalítico de algumas enzimas que favorecem o processo da respiração (GORGATTI NETO et al., 1993).

De acordo com Ahmed et al. (2018), após 50 dias de armazenamento refrigerado, foi possível observar que cachos de uva ‘Itália’ embalados com folhas

de SO<sub>2</sub> de liberação dupla fase resultaram no menor escurecimento da ráquis, quando comparados ao tratamento composto somente pelo bolsão plástico microperfurado. Após 7 dias em temperatura ambiente, neste trabalho não foram verificadas diferenças estatísticas entre os tratamentos com sachês liberadores de SO<sub>2</sub>, sendo que todas as ráquis se apresentaram um pouco escurecidas.

#### 5.2.4. DEGRANA DAS BAGAS

Na avaliação de degrana das bagas dos cachos de uvas 'Benitaka', armazenadas 30 dias a 1 °C (Tabela 10), a porcentagem de bagas desprendidas dos engaços variou de 0,34 a 1,19% e não houve diferença entre os tratamentos, o mesmo ocorrendo após 45 dias a 1 °C (1,70 a 2,72%) e 3 dias a temperatura ambiente a 22 °C (2,38 a 5,44%). Desta forma os tratamentos com sachês liberadores de SO<sub>2</sub> não afetaram a degrana em relação ao tratamento controle.

**Tabela 10** – Degrana das bagas dos cachos de uva de mesa 'Benitaka' após 30 e 45 dias a 1° C e após 3 dias a temperatura ambiente a 22 °C, embaladas a granel em caixas de papelão e sacos plásticos biodegradáveis com diferentes sachês liberadores de SO<sub>2</sub>.

Tratamento	Degrana (%)		
	30 dias a 1 °C	45 dias a 1 °C	3 dias a 22 °C sem embalagem
Controle	0,34 ± 0,19 a	1,87 ± 0,42 a	2,38 ± 0,44 a
Tratamento 1	1,19 ± 0,51 a	2,55 ± 1,05 a	5,44 ± 2,20 a
Tratamento 2	0,68 ± 0,00 a	1,70 ± 0,43 a	3,23 ± 0,17 a
Tratamento 3	1,02 ± 0,43 a	1,87 ± 0,75 a	4,25 ± 0,97 a
Tratamento 4	0,51 ± 0,17 a	2,72 ± 0,83 a	5,10 ± 2,18 a

Resultados expressos como média (± desvio padrão).

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

De acordo com o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação de uvas finas de mesa destinadas ao mercado de frutas frescas – Anexo 2 da Instrução Normativa nº 001 de 01 de fevereiro de 2002, os limites aceitos para degrana são de, no máximo, 5% (BRASIL, 2002).

Levando em consideração a lei de padronização vigente, as uvas de mesa 'Benitaka' de todos os tratamentos avaliados na safra de verão 2020, apresentaram níveis de degrana dentro da tolerância permitida aos 45 dias de armazenamento em câmara refrigerada, após 3 dias em temperatura ambiente apenas os tratamentos 1 e 4, com exceção do tratamento controle, na safra de verão de 2020 (Tabela 10).

A degrana, apesar de ser considerada um defeito nos cachos de uvas, dependendo da intensidade ou posicionamento de ocorrência, pode muitas vezes passar despercebida pelo consumidor. Em cachos da uva de mesa 'Niágara Rosada', avaliados de acordo com a aparência visual, degranas de 0, 5, 10 e 15% não apresentaram diferença entre si quanto à preferência do consumidor, evidenciando que a falta de bagas é menos percebida e menos grave para o cliente final (GOMES; FERRAZ; CIPOLLI, 2013).

#### 5.2.5. BRANQUEAMENTO DAS BAGAS

Na avaliação do branqueamento das bagas dos cachos de uvas 'Benitaka', armazenadas 30 dias a 1 °C (Tabela 11), a porcentagem variou de 0 a 6,64%. As uvas dos tratamentos contendo sachês liberadores de SO<sub>2</sub> não diferiram estatisticamente entre si, ao contrário do tratamento controle, que não apresentou branqueamento. O mesmo comportamento ocorreu com as uvas armazenadas 45 dias a 1 °C, cuja porcentagem de branqueamento variou de 0 a 22,13% e de 0 a 33,43% nas uvas mantidas 3 dias a temperatura ambiente a 22 °C, sem a embalagem plástica biodegradável.

**Tabela 11** – Branqueamento das bagas dos cachos de uva de mesa 'Benitaka' após 30 e 45 dias a 1 °C e após 3 dias a temperatura ambiente a 22 °C, embaladas a granel em caixas de papelão e sacos plásticos biodegradáveis com diferentes sachês liberadores de SO<sub>2</sub>.

Tratamento	Branqueamento das bagas (%)		
	30 dias a 1 °C	45 dias a 1 °C	3 dias a 22 °C sem embalagem
Controle	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
Tratamento 1	5,62 ± 1,12 a	17,37 ± 2,68 a	20,94 ± 1,87 a
Tratamento 2	4,94 ± 0,51 a	22,13 ± 3,10 a	33,43 ± 3,55 a
Tratamento 3	6,64 ± 0,93 a	17,54 ± 3,61 a	25,88 ± 8,37 a
Tratamento 4	5,61 ± 1,95 a	15,32 ± 2,26 a	27,76 ± 2,12 a

Resultados expressos como média (± desvio padrão).

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A geração dos ácidos H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pelo SO<sub>2</sub>, após entrar em contato com o vapor de água, podem induzir o branqueamento de bagas (CRISOSTO; MITCHELL, 2002; DEL SOLAR et al., 2000). Quando apenas a coloração das bagas é afetada, o branqueamento é classificado como defeito leve por lesão de SO<sub>2</sub>, com limite máximo de 12%. No entanto, esse defeito progride, e a área da baga afetada pode ficar mole e às vezes surgem rachaduras. Nesta fase, o branqueamento é classificado como defeito grave por lesão de SO<sub>2</sub>, sendo aceito o limite de, no máximo, 4% (USDA, 1999).

Os cachos de uvas 'Benitaka' submetidas aos tratamentos com sachês liberadores de SO<sub>2</sub>, após 45 dias a 1 °C apresentaram níveis superiores ao limite aceitável de branqueamento entre 15,32 e 22,13% e aos 3 dias em temperatura ambiente níveis de branqueamento entre 20,94 e 33,43%. Desta forma seria necessário reduzir a quantidade de ingrediente ativo nos sachês e/ou aumentar a permeabilidade ao SO<sub>2</sub> das embalagens plásticas biodegradáveis através de microperfurações, diminuição da espessura ou alterações nas formulações dos materiais.

## 6. CONCLUSÕES

Os filmes biodegradáveis de PBAT, amido e glicerol tiveram boa processabilidade no processo de produção por extrusão-sopro em balão. Os filmes apresentaram propriedades mecânicas adequadas para serem utilizados para embalagem de uvas e para produção de sachês que continham metabissulfito de sódio e sílica-gel.

O sistema de embalagem ativa biodegradável foi efetivo para inibir o desenvolvimento de podridão cinzenta durante o armazenamento de uvas de mesa a 1 °C e umidade relativa acima de 90% por 30 e 45 dias e 3 dias em temperatura ambiente a 22 °C.

O uso de sachês biodegradáveis liberadores de SO<sub>2</sub>, durante o armazenamento refrigerado, provou ser um método eficiente no controle de podridões em uvas de mesa, especialmente do mofo cinzento causado pelo fungo *Botrytis cinerea*, sendo importante sua utilização quando se tem por objetivo exportar a uva de mesa, ou mesmo armazená-la por períodos prolongados para comercialização no mercado interno.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, S. et al. Proposal of double-cropping system for 'BRS Isis' seedless grape grown in subtropical area. **Scientia Horticulturae**, v. 251, p. 118-126, 2019.

ALMEIDA, A. C.S.; SERRA, E. A viticultura em Marialva-PR – a utilização de mão de obra familiar na cadeia de produção da uva. **Geoiingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, v. 5, n. 1, p. 3-17, 2013.

ANESE, R. de O.; FRONZA, D. **Fisiologia pós-colheita em fruticultura**. Santa Maria: UFSM, Colégio Politécnico: Rede e-Tec Brasil, 2015. 130 p.

ANTONIOLLI, L.; LIMA, M. A. C. de. **Boas práticas de fabricação e manejo na colheita e pós-colheita de uvas finas de mesa**. Circular Técnico. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008. 13 p.

ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; AGUAYO, E.; ARTÉS, F. Alternative atmosphere treatments for keeping quality of 'Autumn seedless' table grapes during long-term cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 31, n. 1, p. 59-67, 2004.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) D882-02. **Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting**. Annual book of American standard testing methods: Philadelphia ASTM, 2002.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) E96-00. **Standard test methods for water transmission of material**. Annual book of American standard testing methods: Philadelphia: ASTM, 2000.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). - E 96-95: **Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Material**, in: Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, ASTM (1995).

AUGER, S. J. Efecto de bajas concentraciones de anhídrido sulfuroso en el control de Botrytis en post-cosecha de uva de mesa y niveles de residuo com respecto a la tolerancia por el mercado norteamericano. In: \_\_\_\_\_. **Manejo de plagas y enfermedades en frutales y uva de mesa**. Santiago: Universidad de Chile, n. 30, 1989. p.139-145.

BANZATO, J.; MOURA, R. A. **Embalagem, unitização e containerização**. 3. ed. São Paulo: IMAM, 1997. 354 p.

BASTIOLI, C., **Biodegradable material for various applications**. Biopolymers: General Aspects and Special Applications, Steinbuchel, Alexa, 10, 2003.

BASTIOLI, C., **Global status of the production of biobased packaging materials**. Starch-Stärke, 53 (8), pp. 351-355, 2001.

BENATO, E. A. Tecnologia, fisiologia e doenças pós-colheita de uvas de mesa. In: POMMER, C. V. **Uva**: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 635-723.

BLEINROTH, E. W. In: GORGATTI NETTO, A. et al. **Uva para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: Embrapa – SPI (FRUPEX, 2), 1993. 40 p.

BORDIN, M. R. **Embalagem para frutas e hortaliças**. Boletim de tecnologia e desenvolvimento de embalagens. [S.l.]: Informativo CETEA, v. 10, n. 2, abr./ maio/ jun. 1998. 4 p.

BOTELHO, R. V.; PIRES, E. J. P. Viticultura como opção de desenvolvimento para os Campos Gerais. In: II ENCONTRO DE FRUTICULTURA DOS CAMPOS GERAIS, 2009, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2009. p. 40-54.

BGM MÁQUINAS PARA PLÁSTICOS, **Extrusora piloto de monorroscas BGM, modelo EL-25**, Brasil. 2021. Disponível em: <  
<http://www.radarindustrial.com.br/empresa/52771/bgm-maquinas-para-plasticos.aspx/>> Acesso em: 09 jul. 2021.

BRASIL. Instrução normativa n. 1 de 1º de fevereiro de 2002. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação da uva fina de mesa. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF., 2002. Seção 1. 7 p.

BRANDELERO, R. P. H.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M. V. E. O efeito do surfactante tween 80 sobre a hidrofobicidade, permeação de vapor de água e as propriedades mecânicas de amido de mandioca e filmes de mistura de poli (adipato-co-tereftalato de butileno) (PBAT). **Polímeros de Carboidrato**, v. 82, pág. 1102-1109, 2010.

BRANDELERO, R. P. M.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Efeito do método de produção da blenda nas propriedades mecânicas e estruturais de

filmes de amido biodegradáveis produzidos por extrusão por sopro. **Polímeros de carboidratos**, v. 86, pág. 1384-1390, 2011.

CAIXETA, L.V. **Uva Benitaka é resultante de mutação da uva Italia**. 2021. Disponível em:< <https://agro20.com.br/uva-benitaka/>> Acesso em: 09 jul. 2021.

CALVO-GARRIDO, C. et al. Microbial Antagonism Toward Botrytis Bunch Rot of Grapes in Multiple Field Tests Using One *Bacillus ginsengihumi* Strain and Formulated Biological Control Products. **Plant Science**, v. 10, p. 105, 2019.

CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. especial, p. 144-149, 2011.

CAMILI, E. C. et al. Avaliação de quitosana, aplicada em pós-colheita, na proteção de uva 'Itália' contra *Botrytis cinerea*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 215-221, 2007.

CARTER, M. Q. et al. Survival of foodborne pathogens on commercially packed table grapes under refrigerated transit condition. **Food Microbiology**, Estados Unidos, v. 72, n. 2, p. 199-205. 2018.

CASTRO, J. V. de; PARK, K. J.; HONÓRIO, S. L. Emprego de embalagens para conservação pós-colheita de uvas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n.1, p. 35-40, 1999.

CASTRO, J. V. de; PARK, K. J.; HONÓRIO, S. L. Determinação de curvas de resfriamento de uvas 'Itália' em dois sistemas de acondicionamento. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 20, n. 1, p. 34-44, 2000.

CENCI, S. A.; SOARES, A. G.; FREIRE JUNIOR, M. **Manual de perdas pós-colheita em frutos e hortaliças**. Documentos. Rio de Janeiro: Embrapa-CTAA, n. 27, 1997. 29 p.

COSTA, D. L. M. - "Produção por extrusão de filmes de alto teor de amido termoplástico com poli (butileno adipato co-tereftalato) (PBAT)", **Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina**, Brasil (2008).

CHAMPA, H. Pre and postharvest practices for quality improvement of table grapes (*Vitis vinifera* L.). **Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka**, Colombo, v. 43, n. 1, p. 3-9, 2015.

CHAVES, J. - Conservação pós-colheita da uva fina de mesa 'Benitaka' com diferentes folhas geradoras de SO<sub>2</sub> e filmes plásticos em câmara refrigerada. **Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Londrina**, Brasil, p 22, 2019.

CHERVIN, C.; WESTERCAMP, P.; MONTEILS, G. Ethanol vapours limit Botrytis development over the postharvest life of table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 36, n. 3, p. 319-322, 2005.

CHERVIN, C.; AKED, A.; CRISOSTO, C. H. Grapes. In: RESS, D., FARRELL, G., ORCHARD, J. **Crop Post-Harvest: Science and Technology**. 3<sup>th</sup> ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2012. p. 187–211.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças. In: \_\_\_\_\_. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. p. 235-293.

CHOUDHURY, M. M.; COSTA, T. S. da. Colheita e pós colheita. In: LEÃO, P. C. S. **Cultivo da Videira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. p. 61-66.

CORRÊA, S. C.; BOLIANI, A. C. O cultivo de uva de mesa no Brasil e no mundo e sua importância econômica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE UVAS DE MESA, 2000, Ilha Solteira. **Anais...** Cultura de uvas de mesa do plantio à comercialização. Ilha Solteira: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. p.1-19.

CRISOSTO, C. H. et al. Maintaining Table Grape Post-Harvest Quality for Long Distant Markets. **International Symposium on Table Grape Production**. Enology and Viticulture, v. 1, p. 195-199, 1994.

CRISOSTO, C.H.; SMILANICK, J.L.; DOKOOZLIAN, N.; Table grapes suffer water loss, stem browning during cooling delays. **California Agriculture**, Davis, v. 55, n. 1, p. 39-42, 2001.

CRISOSTO, C. H.; GARNER, D.; CRISOSTO, G. Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from Botrytis but accelerate rachis browning of 'Redglobe' table grapes. **Postharvest Biology and Tecnology**, Amsterdam, v. 26, n. 2, p. 181-189, 2002.

CRISOSTO, C. H., MITCHELL, F. G. Postharvest handling systems: table grapes. In: KADER, A. A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Oakland: University of California, 2002. p. 357-363.

EUROPEAN UNION - COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION. NO 543/2011 of 7 June 2011. Laying down detailed rules for the application of Council Regulation (EC) No 1234/2007 in respect of the fruit and vegetables and

processed fruit and vegetables sectors. **Official Journal of the European Union**, v. 50, 2011. p. 1-163.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex Standard for Table Grapes (Codex Stan 255-2007)**. Amended 2011. 2007. Disponível em :< [https://freshquality.eu/cms/upload/files/Marketing\\_standards/CXS\\_255\\_table\\_grapes.pdf](https://freshquality.eu/cms/upload/files/Marketing_standards/CXS_255_table_grapes.pdf)>. Acesso em: 16 ago. 2019.

FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J. P. et al. Quality of two table grape guard cultivars treated with single or dual-phase release SO<sub>2</sub> generators. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, Quedlinburg, v. 82, n. 2, p. 1-8, 2008.

GABLER, F. M. et al. Integration of continuous biofumigation with *Muscodor albus* with pre-cooling fumigation with ozone or sulfur dioxide to control postharvest gray mold of table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 55, p. 78–84, 2010.

GIOVANINNI, E. **Manual de Viticultura**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 259p.

GUERRA, C.C. Colheita e destino da produção. In: KUHN, G.B. **Uva para processamento**. Produção. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2003. p. 123-125.

HAMERSKI, L.; REZENDE, M. J. C.; SILVA, B. V. Usando as Cores da Natureza para Atender aos Desejos do Consumidor: Substâncias Naturais como Corantes na Indústria Alimentícia. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 5, n. 3, p. 394-420, 2013.

HENRÍQUEZ, J. L.; PINOCHET, S. Impact of ventilation area of the liner bag, in the performance of SO<sub>2</sub> generator pads in boxed table grapes. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 1144, p. 267-272. 2016.

IBGE. **Tabela 1618**: área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto das lavouras. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>>. Acesso em: 18 jul. 2019.

KADER, A. A. Fruit maturity ripening and quality relationships. Proceedings International Symposium on Effect of Pre and Postharvest Factors on Storage of Fruits. **Acta Horticulturae**, New York, v. 485, p. 203-208, 1999.

KARACA, H.; SMILANICK, J. L. The influence of plastic composition and ventilation area on ozone diffusion through some food packaging materials. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 62, p. 85–88, 2011.

KISHINO, A. Y.; MARUR, C. J.; ROBERTO, S. R. Características da Planta. Classificação botânica e órgãos da planta e suas funções. In: KISHINO, A. Y.; CARVALHO, S. L. C. de; ROBERTO, S. R. **Viticultura Tropical: o sistema de produção de uvas de mesa do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2019. p. 155-166.

KISHINO, A. Y.; MARUR, C. J.; ROBERTO, S. R. Características da Planta. Variedades-copa e Porta-enxertos. In: KISHINO, A. Y.; CARVALHO, S. L. C. de; ROBERTO, S. R. **Viticultura Tropical: o sistema de produção de uvas de mesa do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2019. p. 201-249.

KLUGE, R. A. et al. Fatores que afetam a qualidade e a deterioração das frutas em pós-colheita. In: \_\_\_\_\_. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. p. 21-26.

\_\_\_\_\_. Distúrbios fisiológicos. In: \_\_\_\_\_. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. p. 105-144.

\_\_\_\_\_. Manejo pós-colheita de frutas de clima temperado. In: \_\_\_\_\_. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. p. 169-194.

KUHN, G. B. Descrição da planta. In: \_\_\_\_\_. **Uva para processamento**. Produção. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 24-26.

LEÃO, P. C. S. de.; SOARES, J. M. **Cultivo da videira**. Embrapa Uva e Vinho – Sistemas de Produção, 1 – 2a. edição. 2010. Disponível em: [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira\\_2ed/index.html](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira_2ed/index.html)> Acesso em: 01 jan. 2020.

LIGUORI, G. Effects of modified atmosphere packaging on quality parameters of minimally processed table grapes during cold storage. **Advances in Horticultural Science**, Florence, v. 29, n. 3, p. 152–154, 2015.

LIMA, M. A. C. de; CHOUDHURY, M. M. Colheita e manejo pós-colheita. In: LIMA, M. A. C. de; **Uva de mesa: Pós-colheita**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 31-48.

LIMA, M. A. C. de; **Tecnologias pós-colheita para conservação de uvas apirênicas produzidas no submédio do Vale do São Francisco**. In: CARVALHO, J. M. M. de (Org.). Livro Técnico-Científico. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009. p. 191-210.

LIMA, M. A. C. de; GUERRA, C. C. Colheita e pós-colheita. In: MOTOIKE, S.; BORÉM, A. **Uva: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2018. p. 163-185.

LORENZI, C. O. et al. Embalagens de HF: das “de sempre” para as sofisticadas. **Revista Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 12, n. 137, p. 8-26, 2014.

LUNARDI, R.; TERUEL, B.; NEVES, L. C. Armazenamento refrigerado e boas práticas na conservação de frutos. In: NEVES, L. C. (Org.). **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. Londrina: EDUEL, 2009. p. 59-86.

MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P.; LAZZAROTTO, J. J. A Viticultura de Mesa no Brasil. Produção para o Mercado Nacional e Internacional. **Territoires du vin** [Online], v. 9, p. 1-9, 2018. Disponível em: <<https://preo.u-bourgogne.fr/territoiresduvin/index.php?id=1546>>. Acesso em: 02 jan 2020.

MALI, S.; SAKANAKA, L. S.; YAMASHITA, F. & GROSSMANN, M. V. E. - **Carbohydr. Polym.**, 60, p.283 (2005). <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.01.003>

MESTRINER, F. **Design de embalagem: curso básico**. São Paulo: Pearson Makron Books, 2002.

MELGAREJO-FLORES, B. G. et al. Antifungal protection and antioxidant enhancement of table grapes treated with emulsions, vapors, and coatings of cinnamon leaf oil. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 86, n. 1, p. 321–328, 2013.

MELLO, L. M. R. de; Uvas - Desempenho do setor em 2018. In: Anuário HF 2019. **Revista Campo & Negócios**, [S.l.], 2019. p. 112-116.

MICHAILIDES, T. J.; ELMER, P. A. G. Botrytis gray mold of kiwifruit caused by Botrytis cinerea in the United States and New Zealand, **Plant Disease**, Minnesota, v. 84, n. 3, p. 208-223, 2000.

MOTOIKE, S.; BOREM, A. **Uva: do plantio à colheita**, Viçosa: UFV, 2018, 185 p.

MUÑOZ, V. et al. Effect of SO<sub>2</sub> for controlling *Botrytis cinerea* in Italia and Red Globe grapes stored at different temperatures. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. especial, p.100-105, 2000.

MUSTONEN, H. M. The efficacy of a range of sulfúur dioxide generating pads against Botrytis cinerea infection & on out-turn quality of Calmeria table grapes. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 32, n. 3, p. 389-393, 1992.

MÜLLER, C. M. O.; Yamashita, F. & Laurindo, J. B. - **Carbohydr. Polym.**, 72, p.82 (2008). <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.07.026>.

MÜHLBEIER, D.T. - Filmes plásticos e folhas geradoras de SO<sub>2</sub> no controle do mofo cinzento em uvas de mesa ‘Rubi’ armazenadas em cumbucas plásticas.

**Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Londrina**, Brasil, p 44, 2020.

NEGRÃO, C.; CAMARGO, E. **Design de Embalagem – Do Marketing à Produção**. São Paulo: Novatec, 2008.

NEVES, L. C. et al. Pós-colheita de frutos temperados. Pós-colheita de uvas de mesa. In: NEVES, L. C. (Org.). **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. Londrina: EDUEL, 2009. p. 355-367.

NIGRO, F. et al. Control of table grape storage rots by pre-harvest applications of salts. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 42, p. 142–149, 2006.

OIV, INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE. **Resolution Viti 1/2008**. Oiv Standard On Minimum Maturity Requirements For Table Grapes. 2008. Disponível em: < <http://www.oiv.int/public/medias/369/viti-2008-1-en.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2019.

OIV INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE. **Statistical Report on World Vitiviniculture**. 2019. Disponível em:< <http://www.oiv.int/public/medias/6782/oiv-2019-statistical-report-on-world-vitiviniculture.pdf>> Acesso em: 27 jul. 2019.

OLIVATO, J.B .; GROSSMANN, M.V.E .; YAMASHITA, F .; NOBREGA, M.M.; SCAPIM, M.R.S .; EIRAS, D .; PESSAN, L.A. Compatibilização de blends de amido-poli (butileno adipato co-tereftalato) em filmes soprados. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p. 1934–1939, 2011.

PALOU, L. et al. Minimum constant sulfur dioxide emission rates to control gray mold of coldstored table grapes. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, n. 2, p. 110-115, 2002.

PARISI, M. C. M.; HENRIQUE, C. M.; PRATI, P. **Doenças pós-colheita: um entrave na comercialização**. Informações tecnológicas. [S.l]: Apta Regional Pesquisa & Tecnologia, v. 12, n. 2, jul-dez 2015. 5 p.

DIAS, A. P. - Desenvolvimento de filmes biodegradáveis multicamadas para embalagens ativas de alimentos. **Dissertação de doutorado, Universidade Estadual de Londrina**, Brasil, p 54, 2020.

PEREIRA, G. E.; GUERRA, C. C.; MANFROI, L. Vitivinicultura e enologia. In: SOARES, J. M.; LEAO, P. C. de S. (Ed.). **A vitivinicultura no Semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. p. 679-724.

- PIRES, J. C. M. et al. Management of air quality monitoring using principal component and cluster analysis—Part I: SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub>. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 6, p. 1249-1260, 2008.
- POMMER, C. V.; MAIA, M. L. Introdução. In: POMMER, C. V. **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 11-36.
- POMMER, C. V.; TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P. Cultivares, melhoramento e fisiologia. In: POMMER, C. V. **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 109-294.
- PROTAS, J. F. da S.; CAMARGO, U. A. **Vitivinicultura Brasileira**. Panorama Setorial em 2010. Brasília: SEBRAE, 2011. 109 p.
- QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; PIRES, E. J. P. A videira. In: POMMER, C. V. **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 37-61.
- RETAMALES, J. et al. High-CO<sub>2</sub> controlled atmospheres reduce decay incidence in 'Thompson Seedless' and 'Red Globe' table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 29, n. 2, p. 177-182, 2003.
- RIBEIRO, I. J. A. Doenças e pragas. In: POMMER, C. V. **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 525-633.
- RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J.; MANFROI, L. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: Processamento de Uva – Vinho Tinto, Grapa e Vinagre**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 158p.
- ROBERTO, S. R. et al. Efeito da poda de frutificação sobre a fertilidade de gemas da videira 'Niagara Rosada' produzida fora de época no Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 23, n. 2, p.148, 2002.
- ROGERIO, A. Plantação videira de uvas. **Revista brasileira de viticultura e enologia**, Brasil, Rev. Bras. Vitic. Enol., n.11, p.10-17, 2019.
- ROSSI, E.; SANTOS, K. G. Óleo de uva para produção de biodiesel. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 3139-3145, 2014.
- SACHI, A. de T.; BIASI, L. A. Maturação dos frutos de quatro cultivares de uvas muscadínias em Pinhais, PR. **Scientia agraria**, v. 9, n. 2, p. 255-260, 2008.
- SARANTÓPULOS, C. I. G. L.; MORAES, B. B. **Embalagens ativas e inteligentes para frutas e hortaliças**. Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, 2009.

SILVA, L. M. L. R. Caracterização dos subprodutos da vinificação. **Millenium**, Viseu, v. 28, p. 123-133, 2003.

SILVA-SANZANA, C. et al. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on rachis quality of 'Red Globe' table grape variety. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 119, p. 33-40, 2016.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 709-753.

SMILANICK, J. L. et al. Factors influencing sulfite residues in table grapes after sulfur dioxide fumigation. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 41, n. 2, p. 131-136, 1990.

SOUSA, J. S. I. de; Origem da videira e da viticultura. In: \_\_\_\_\_. **Uvas para o Brasil**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 13-20.

\_\_\_\_\_. Nascimento e evolução da viticultura no Brasil. In: \_\_\_\_\_. **Uvas para o Brasil**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 21-40.

TESSMANN, D. J. et al. Doenças e seu manejo. In: KISHINO, A. Y.; CARVALHO, S. L. C. de; ROBERTO, S. R. **Viticultura Tropical: o sistema de produção de uvas de mesa do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2019. p. 453-548.

THOMPSON, J. R.; LATORRE, B. A. Characterization of *Botrytis cinerea* from Table Grapes in Chile Using RAPD-PCR. **The American Phytopathological Society - Plant Disease**, Santiago, v. 83, n. 12, p. 1090-1094, 1999.

VILPOUX, O. AND AVEROUS, L., **Starch-based plastics. Technology, Use and Potentialities of Latin American Starchy Tubers**, pp. 521-553, 2004.

WILLIAMSON, B. et al. *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. **Molecular Plant Pathology**, British, v. 8, n. 5, p. 561-580, 2007.

YAMASHITA, F. et al. Influência de diferentes embalagens de atmosfera modificada sobre a aceitação de uvas finas de mesa var. Itália mantidas sob refrigeração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 1-9, 2000.

YAMASHITA, F. Embalagem pós-colheita para frutos. In: NEVES, L. C. (Org.). **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. Londrina: EDUEL, 2009. p. 163-187.

YOUSSEF, K. et al. Control of *Botrytis* mold of the new seedless grape 'BRS Vitoria' during cold storage. **Scientia Horticulturae**, v. 193, p. 316-321, 2015.

YOUSSEF, K. et al. Synergistic effect of a novel chitosan/silica nanocomposites-based formulation against gray mold of table grapes and its possible mode of action. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 141, p. 247-258, 2019.

YU, L., DEAN, K. AND LI, L., **Polymer blends and composites from renewable resources**, *Progress in Polymer Science*, 31 (6), pp. 576-602, 2006.

ZAHAVI, T. et al. Biological control of *Botrytis*, *Aspergillus* and *Rhizopus* rots on table and wine grapes in Israel. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 2, p. 115-124, 2000.

ZOFFOLI, J. P. et al. Modified atmosphere packaging using chlorine gas generators to prevent *Botrytis cinerea* on table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 2, p. 135-142, 1999.

ZOFFOLI, J. P.; LATORRE, B. A. Table grapes: (*Vitis vinifera* L.). In: YAHIA, Elhadi. **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: volume 3** Coco to mango. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. p. 179-207.

ZUTAHY, Y. et al. Extended storage of 'Red Globe' grapes in modified SO<sub>2</sub> generating pads. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v. 50, n. 1, p. 12-17, 2008.