

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Área de concentração: Fruticultura de Clima Temperado



Dissertação

Avaliação da qualidade Pós-Colheita em Maçãs Minimamente Processadas

Alvaro Batista de Oliveira

Pelotas, 2021

Avaliação da qualidade Pós-Colheita em Maçãs Minimamente Processadas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de conhecimento: Fruticultura de Clima Temperado).

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Celso de Mello Farias

Coorientadores:

Dr. Rufino Fernando Flores Cantillano

Dr. Flavio Gilberto Herter

Prof. Dr. Mateus da Silveira Pasa

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

O48a Oliveira, Alvaro Batista de

Avaliação da qualidade Pós-Colheita em Maçãs
Minimamente Processadas / Alvaro Batista de Oliveira ;
Paulo Celso de Mello Farias, orientador. — Pelotas,
2021.

84 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia
Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. *Malus domestica*. 2. Coberturas comestíveis. 3.
Minimamente processado. 4. Escurecimento enzimático -
Aditivos. I. Farias, Paulo Celso de Mello, orient. II. Título.

CDD : 634.11

Avaliação da qualidade Pós-Colheita em Maçãs Minimamente Processadas

Data da defesa: 31 de agosto de 2021, às 08h30 horas.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Paulo Celso de Mello Farias (Orientador)
Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo.

Profa. Dra. Caroline Farias Barreto
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

Profa. Dra. Elessandra da Rosa Zavareze
Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Universidade Federal do Rio Grande.

Dra. Marines Batalha Moreno Kirinus

Aos meus pais, Danilo Sidinei de
Oliveira e Jalva Maria Batista de
Oliveira.

À os meus irmãos Harrison B. O. e
Camerina B. O. e à minha namorada
Camila G. N..

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por transformar mais um sonho em realidade, guiar meu caminho, iluminar meus passos, as pessoas que me rodeiam e por tudo que me proporcionou a cada dia.

Com isso, agradeço aos meus pais Danildo, Jalva e aos meus irmãos, porque a eles devo tudo, pois sem eles não teria chegado tão longe.

A minha namorada pelo apoio, companheirismo, paciência, incentivo, ensinamentos e os conselhos.

Aos meus orientadores e coorientadores, professor Dr. Paulo Celso de Mello Farias, pesquisador Dr. Rufino Fernando Flores Cantillano, pesquisador Dr. Flavio Gilberto Herter e o professor Dr. Mateus da Silveira Pasa, pelo incentivo, pelos ensinamentos, os conselhos e pela amizade.

A amiga Núbia Marilin Lettnin Ferri, do Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita e de Tecnologia de Alimentos da Embrapa Clima Temperado pela ajuda e auxílio nas horas de sufoco.

Aos amigos e colegas da graduação e pós-graduação, que participaram desta fase da minha vida, me incentivando e me apoiando, além da amizade e os ensinamentos.

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Fruticultura pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Embrapa Clima Temperado, pela disponibilização de sua estrutura, onde meu trabalho de mestrado pode ser executado.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado.

Portanto, deixo meu agradecimento a todos que de alguma forma participaram desta etapa da minha vida, muito obrigado.

“Nas grandes batalhas da vida o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer”

Mahatma Gandhi

RESUMO

Nos últimos anos o mercado alimentício vem sofrendo alterações, como por exemplo o surgimento de novas demandas, sendo uma delas a procura por frutas e hortaliças minimamente processadas. Assim, maçãs minimamente processadas necessitam de técnicas para manter a qualidade dos frutos durante a conservação e o período de prateleira, deste modo, podemos utilizar aditivos para assegurar a qualidade das frutas por mais tempo de armazenamento. A partir disso, objetivou-se avaliar as características físico-químicas e fitoquímicas de maçã cultivar Monalisa minimamente processada sob a aplicação de diferentes antioxidantes e coberturas comestíveis. Dessa forma, a presente dissertação traz dois artigos, elaborados nos anos de 2019 e 2021, na unidade Sede da Embrapa Clima Temperado em Pelotas-RS, os quais foram intitulados de “Qualidade de maçãs 'Monalisa' minimamente processadas com agentes antioxidantes” e “Qualidade de maçãs 'Monalisa' minimamente processadas com agente antioxidante e coberturas comestíveis”. As fatias de maçãs foram submetidas a soluções contendo os seguintes tratamentos no primeiro artigo: água destilada, ácido L-ascórbico 2 %, ácido eritorbico 3 %, eritorbato de sódio 5 %, ácido kójico 0,07 %, ácido cítrico, associados com cloreto de cálcio 2 % e para o segundo artigo foram água destilada, amido de milho ceroso 6 %, fécula de mandioca 3 %, adjuntos com eritorbato de sódio 5 % e cloreto de cálcio 1 %. De maneira que, verificou-se no primeiro artigo que ao longo do período de armazenamento que o tratamento eritorbato de sódio 5 % e ácido eritórbico 3 % combinados com cloreto de cálcio 2 % apresentaram melhor desempenho na avaliação fitoquímica, demonstrando menor atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase. Na avaliação da taxa respiratória, somente o antioxidante eritorbato de sódio 5 % com cloreto de cálcio 2 % teve o principal destaque, pois apresentou maior taxa respiratória de CO₂ e menor taxa respiratória de O₂, retardando o amadurecimento das frutas de maçãs. Em relação ao segundo artigo, observou-se que o tratamento com água destilada e eritorbato de sódio 5 % adjuntos com cloreto de cálcio 1 % foi o de melhor desempenho durante o período de 9 dias, pois averiguou-se o decréscimo (menor escurecimento da polpa) da atividade das duas enzimas (polifenoloxidase e peroxidase), ainda que, amido de milho ceroso 6 %, fécula de mandioca 3 % e amido de pinhão 3 %, todos acrescidos de eritorbato de sódio 5 % com de cloreto de cálcio 1 % também retardaram o escurecimentos das frutas de maçãs em períodos específicos, 0,6 e 9 dias. Portanto, neste estudo o tratamento eritorbato de sódio 5 % em conjunto com água destilada e cloreto de cálcio 2 % ou 1 %, foram aditivos com potencial e eficiência para retardar o amadurecimento de frutas minimamente processadas durante o período que foi armazenado.

Palavras-Chave: *Malus domestica*, Minimamente processado, Aditivos, Coberturas Comestíveis, Escurecimento enzimático

ABSTRACT

In recent years, the food market has undergone changes, such as the emergence of new demands, one of which is the demand for minimally processed fruits and vegetables. Thus, minimally processed apples need techniques to maintain fruit quality during conservation and shelf life, so we can use additives to ensure fruit quality for longer storage time. From this, the objective was to evaluate the physicochemical and phytochemical characteristics of minimally processed apple cultivar Monalisa under the application of different antioxidants and edible coatings. Thus, this dissertation brings two articles, prepared in 2019 and 2021, at the Headquarters of Embrapa Clima Temperado in Pelotas-RS, which were entitled "Quality of 'Monalisa' apples minimally processed with antioxidant agents" and "Quality of minimally processed 'Monalisa' apples with antioxidant agent and edible coatings". The apple slices were subjected to solutions containing the following treatments in the first article: distilled water, 2% L-ascorbic acid, 3% erythorbic acid, 5% sodium erythorbate, 0.07% kojic acid, citric acid, associated with chloride of calcium 2% and for the second article were distilled water, waxy corn starch 6%, cassava starch 3%, adjuncts with sodium erythorbate 5% and calcium chloride 1%. So, it was found in the first article that throughout the storage period that the treatment of sodium erythorbate 5% and erythorbic acid 3% combined with calcium chloride 2% showed better performance in the phytochemical evaluation, showing lower activity of the polyphenol oxidase enzymes and peroxidase. In the evaluation of respiratory rate, only the antioxidant sodium erythorbate 5% with calcium chloride 2% had the main highlight, as it presented higher respiratory rate of CO₂ and lower respiratory rate of O₂, delaying the ripening of apple fruits. Regarding the second article, it was observed that the treatment with distilled water and 5% sodium erythorbate adjuncts with 1% calcium chloride was the best performer during the 9-day period, as the decrease was verified (less darkening of the pulp) of the activity of the two enzymes (polyphenoloxidase and peroxidase), although waxy corn starch 6%, cassava starch 3% and pineapple starch 3%, all added with 5% sodium erythorbate with 1% calcium chloride also delayed the browning of apple fruits in specific periods, 0.6 and 9 days. Therefore, in this study, the 5% sodium erythorbate treatment together with distilled water and 2% or 1% calcium chloride were additives with potential and efficiency to delay the ripening of processed minimal fruits during the period they were stored.

Keywords: *Malus domestica*, Minimal processing, Additions, Edible Toppings, Enzymatic browning.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1. Quantificação da atividade enzimática polifenoloxidase (unidade por grama de fruta fresca por minuto (UAE.g-1.min-1)), em maçãs cv. Monalisa minimamente processadas, tratadas com diferentes agentes antioxidantes (A, ALA, AE, ES, AK e AC) e armazenadas por 0, 3, 6 e 9 dias em câmara refrigerada a 4 °C e U.R. de 90 % - 95%. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2019. 66

Tabela 2. Quantificação da atividade enzimática peroxidase (unidade por grama de fruta fresca por minuto (UAE.g-1.min-1)), em maçãs cv. Monalisa minimamente processadas, tratadas com diferentes agentes antioxidantes (A, ALA, AE, ES, AK e AC) e armazenadas por 0, 3, 6 e 9 dias em câmara refrigerada a 4 °C e U.R. de 90 % - 95%. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2019. 66

Tabela 3. Taxa respiratória (porcentagem de O₂) em maçãs cv. Monalisa minimamente processadas, tratadas com diferentes agentes antioxidantes (A, ALA, AE, ES, AK e AC) e armazenadas por 0, 3, 6 e 9 dias em câmara refrigerada a 4 °C e U.R. de 90 % - 95%. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2019. 67

Tabela 4. Taxa respiratória (porcentagem de CO₂) em maçãs cv. Monalisa minimamente processadas, tratadas com diferentes agentes antioxidantes (A, ALA, AE, ES, AK e AC) e armazenadas por 0, 3, 6 e 9 dias em câmara refrigerada a 4 °C e U.R. de 90 % - 95%. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2019. 68

ARTIGO 2

Tabela 5. Quantificação da atividade enzimática polifenoloxidase (unidade por grama de fruta fresca por minuto (UAE.g-1.min-1)), em maçãs cv. Monalisa minimamente processadas, tratadas com agente antioxidantes e coberturas comestíveis (ES + A, ES + FM, ES + AS, ES + AM e ES + AP) e armazenadas por 0, 3, 6 e 9 dias em câmara refrigerada a 4 °C e U.R. de 90 % - 95%. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2019. 82

Tabela 6. Quantificação da atividade enzimática peroxidase (unidade por grama de fruta fresca por minuto (UAE.g-1.min-1)), em maçãs cv. Monalisa minimamente processadas, tratadas com agente antioxidantes e coberturas comestíveis (ES + A, ES + FM, ES + AS, ES + AM e ES + AP) e armazenadas por 0, 3, 6 e 9 dias em câmara refrigerada a 4 °C e U.R. de 90 % - 95%. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2019. 82

SUMÁRIO

1. Introdução e Justificativa	13
2. Projeto de Pesquisa	16
2.1. Introdução e Justificativa	16
2.2. Revisão Bibliográfica.....	19
2.3. O consumo de frutas no Brasil	19
2.4. Caracterização das frutíferas de clima temperado.....	20
2.5. Cultura da Macieira	21
2.6. Cultura Do Pêssego	22
2.7. Produtos Minimamente Processados	23
2.8. Escurecimento Enzimático.....	25
2.9. Agentes Antioxidantes	27
2.10. Armazenamento sob refrigeração	29
2.11. Revestimentos comestíveis	30
2.11.1 Alginato de sódio	31
2.11.2 Amido de milho ceroso.....	31
2.11.3 Amido de Pinhão	32
2.11.4 Fécula de mandioca	33
2.12. Objetivos, Hipóteses e Metas	34
2.12.1. Objetivo	34
2.12.2. Objetivos específicos.....	34
2.12.3. Hipóteses	34
2.12.4. Metas	34
2.13. Material e Métodos.....	35
2.13.1. Análises físico-químicas.....	37
2.14. Referências bibliográficas	45
3. Relatório de Campo:	49
4. Artigo Desenvolvido.....	51
Efeito de Agentes Antioxidantes na Qualidade De Maçãs 'Monalisa' Minimamente Processadas	52
Resumo	52
Abstract.....	53
Introdução.....	53
Resultados e Discussão	58
Conclusão	62
Referências Bibliográficas	62
5. Artigo Desenvolvido.....	69

Qualidade De Maçãs 'Monalisa' Minimamente Processadas Com Antioxidantes e Coberturas Comestíveis.....	70
Resumo	70
Abstract.....	71
Introdução.....	71
Resultados e Discussão	76
Conclusões	78
Referências Bibliográficas	79
6. Conclusão Geral.....	84
7. Referências Bibliograficas Geral	84

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Na agricultura brasileira uma das áreas de importância agrícola é a fruticultura, a qual, além de estar presente em todos os estados, apresenta também um relevante papel na parte econômica e social, pois estima-se que 13 milhões de pessoas trabalham de forma direta ou indireta neste setor (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2021).

Apesar de o Brasil ser um país com clima tropical em predominância, há também espaço para a fruticultura de clima temperado, sendo que está possuindo uma distribuição superior à 151 mil ha com espécies frutíferas (NACHTIGALL, 2016). Essas espécies podem ser descritas como de hábito caducifólio, com um único surto de crescimento anual, apresentam maior resistência às baixas temperaturas, necessidade de temperatura média anual entre 5°C e 15°C para o crescimento e desenvolvimento, assim como necessidade de acúmulo de número de horas frio abaixo de 7,2°C para superação do estágio de dormência (FACHINELLO et al., 2011).

Nos últimos anos o mercado alimentício vem sofrendo alterações, como por exemplo o surgimento de umas novas demandas, sendo uma delas a procura por frutas e hortaliças minimamente processadas, tendo em vista o desejo do consumidor por alimentos que mantenham seu frescor e características próximas ao produto *in natura* (SANTOS et al., 2012). Logo, considerando o aumento crescente da demanda em questão, se obtém uma perspectiva de expansão para produtos minimamente processados (PMP), de forma a buscar a entrega de alimentos atrativos e prontos ao consumo (SILVA et al., 2011).

Entre os produtos que apresentam potenciais de serem comercializados minimamente processados, as frutas são pouco encontradas neste tipo de mercado, sendo os mais comuns abacaxis, mamão, melão e melancia, havendo espaço para novos estudos (DANTAS, 2007).

Deste modo, existem diferentes cultivares de maçãs (*Malus domestica* Borkh), a Monalisa é portadora de alta resistência genética à sarna (*Venturia inaequalis*), à mancha foliar de *Glomerella* (*Colletotrichum. gloeosporioides*) e ao ácaro vermelho da macieira (*Panonychus. ulmi*). Possui também boa tolerância ao oídio (*Podosphaera. leucotricha*) e à podridão amarga (*Glomerella cingulata*). Também possui um requerimento de frio hibernal de médio/baixo, menor do que a cultivar Gala do qual descende. Apresenta alta precocidade em iniciar a

produção, alto potencial produtivo, frutos de coloração vermelha compacta, sem 'russeting', sabor doce e levemente ácido. A colheita normalmente ocorre no final do mês de janeiro, semelhante a cultivar Gala. A perspectiva com esta cultivar é estender sua produção em zonas de menor necessidade de frio, reduzir a utilização de agroquímicos por abranger uma grande resistência a pragas e doenças, além de também apresentar uma uniformidade na produção e uma coloração exuberante, característica muito importante para aceitação do consumidor (DENARDI; CAMILO; KVITSCHAL, 2013).

A maçã cv. 'Monalisa' também é caracterizada por ser crocante, suculenta, além de apresentar uma boa aceitabilidade na Europa, sendo um dos maiores consumidores do mundo. Assim, esta cultivar ganhou espaço por conta do melhoramento genético, adaptação climática e qualidade físico-química, assim indicando uma variedade com grande potencial de conservação e comercialização. Deste modo, a pesquisa é fundamental para o analisar e desenvolver novos produtos (YOKOTA, 2019).

As frutas de maçã, que apresentam parâmetros qualitativos inferiores (diâmetro, coloração e aparência), mesmo tendo suas características nutricionais adequadas, são as que têm menor valor agregado para a venda *in natura*, em função disso, geralmente apresentam um maior tempo de armazenamento devido à dificuldade para comercialização. Uma alternativa para minimizar esses problemas, é a venda da maçã minimamente processada (MP), pois agrega valor ao produto. Segundo Marins et al. (2014), os consumidores destes produtos MP são supermercados, hotéis, restaurantes, "fast-foods" e aquelas pessoas que desejam praticidade e dispõem de pouco tempo para preparar seus alimentos. Além disso, o processamento desses produtos nas regiões produtoras tem contribuído para a diversificação das indústrias regionais, reduzindo as perdas pós-colheita, melhorando o manejo dos resíduos, facilitando o transporte e eliminando problemas de ordem fitossanitária (SILVA et al., 2011). Os minimamente processados podem representar uma forma de aproveitar excedentes de produção, agregar valor ao produto e ainda propiciar a conveniência durante o consumo (DANTAS, 2007).

O preparo destes produtos tem por característica uma série de etapas, dentre elas, as operações de seleção, lavagem, sanitização, descasque, corte, centrifugação, embalagem, armazenamento, comercialização, entre outros

(RIBEIRO, 2015). No entanto, essas etapas podem diminuir a sua vida-útil, além de provocar o escurecimento enzimático (PEREIRA et al., 2010). Sendo assim, o controle destas reações é de grande importância para este setor econômico, já que ocorrem em muitos vegetais e frutas, podendo afetar negativamente os atributos de cor, gosto, sabor e valor nutricional (HOLDERBAUM et al., 2010; IOANNOU; GHOUL, 2013). Em trabalhos realizados com maçãs, Seifert (2015) observou que, as alterações na cor da polpa ocorrem devido à quantidade de compostos fenólicos presentes nestas frutas, pois as injúrias como o corte e outros danos mecânicos que podem ocorrer durante o processamento mínimo (PM) permitem a penetração de oxigênio. Este fato resulta em um rápido escurecimento devido à oxidação dos compostos fenólicos, onde as quinonas são polimerizadas com outras quinonas ou os próprios compostos fenólicos, originando pigmentos castanhos (SOUSA et al., 2016). Normalmente os substratos fenólicos envolvidos na reação de escurecimento, como o ácido 5-cafeoilquínico, estão separados da enzima polifenoloxidase em organelas intactas, separadas (vacúolos e plastos) e, por isso, o escurecimento não ocorre (SANTOS, 2019).

No entanto, os minimantes processados têm uma vida-útil relativamente curta se comparados com o produto *in natura*, devido aos danos na integridade dos tecidos, o que ocasiona aumento do seu metabolismo. Esses danos nos tecidos e o aumento do metabolismo desencadeiam o escurecimento enzimático, perda de textura, perda d'água, produção de sabores e odores indesejáveis (PERERA et al., 2010; SEIFERT, 2017).

Na tentativa de retardar a atividade enzimática da PFO e da enzima peroxidase (PO), faz-se necessário, o tratamento dos produtos minimamente processados por imersão em agentes (antioxidantes) após o corte. Estes produtos químicos devem estar autorizados para uso em alimentos, de acordo com a Portaria SES nº 90, 13 de fevereiro de 2017, na qual, complementa a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (SECRETARIA DA SAÚDE, 2017). Essa é a maneira mais comum e eficiente para controlar os fenômenos de escurecimento sem a perda das características físico-químicas, nutritivas, sensoriais e microbiológicas.

Para atender a demanda dos consumidores, a produção e o consumo de maçãs minimante processadas deverá continuar a crescer, à medida que mais

consumidores exigem alimentos frescos, nutritivos e convenientes para o consumo. No entanto, a indústria ainda enfrenta desafios importantes para a manutenção da qualidade e segurança dos produtos de processamento mínimo, sendo um deles o escurecimento enzimático.

Possuem diversos estudos utilizando agentes antioxidantes e coberturas comestíveis em produtos minimamente processados, visando obter um mercado diferente, preservar os parâmetros qualitativos e aumentar a tempo de vida útil desta fruta, exemplos: Ribeiro (2015) avaliou o efeito antioxidantes em maçãs da cultivar Fuji minimamente processadas, tratadas com L-cisteína, eritorbato de sódio e concluiu que não houve perdas significativas na qualidade das maçãs ao longo dos nove dias de armazenamento; Barreto et. al. (2016) observou a conservação de maçãs da cultivar Fuji Suprema MP com aditivos químicos e destacou ácido ascórbico e isoascorbato de sódio, os quais, inibiram o escurecimento da polpa no nono dia de armazenamento. Seifert (2017) realizou o MP em maçãs da cultivar Gala, utilizando eritorbato de sódio (ES) e coberturas comestíveis, destacando esta associação de ES com fécula de mandioca, pois proporcionou bons resultados na avaliação sensorial e também no retardamento do escurecimento enzimático.

Assim, métodos mais eficazes devem ser desenvolvidos para controlar simultaneamente o escurecimento enzimático e também podem dificultar o crescimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos em maçãs MP (LUO et al., 2011).

Deste modo, o estudo visou avaliar as características físico-químicas de maçã cultivar Monalisa minimamente processada sob a aplicação de diferentes antioxidantes e coberturas comestíveis. E também, proporcionar ao consumidor produtos convenientes ao consumo, com vida útil prolongada e semelhante à fruta *in natura*.

2. Projeto de Pesquisa

Título: Avaliação em Pós-colheita de Frutas de Clima Temperado.

2.1. Introdução e Justificativa

A fruticultura é um ramo da agricultura muito importante no Brasil, estando

presente em todos os estados, tendo um importante papel econômico e social, pois se estima 13 milhões de pessoas que trabalham de forma direta e indireta no setor (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2019). Em um país com a predominância de clima tropical, existe também espaço para a fruticultura de clima temperado, apresentando uma distribuição de 151.732 ha de espécies frutíferas de clima temperado (Frutas de clima temperado, 2019). As espécies de clima temperado podem ser descritas como de hábito caducifólio, com um único surto de crescimento anual, apresentam maior resistência às baixas temperaturas, necessidade de temperatura média anual entre 5°C e 15°C para o crescimento e desenvolvimento, assim como necessidade de acúmulo de número de horas frio abaixo de 7,2°C para superação do estágio de dormência (FACHINELLO et al. 2008).

A procura por frutas e hortaliças minimamente processadas vem crescendo no mercado alimentício, tendo em vista o desejo do consumidor por alimentos que mantenham seu frescor e características próximas ao produto in natura (Processamento Mínimo de Hortaliças e Frutas, 2020). Devido a essa demanda crescente, aumenta a perspectiva para a expansão de produtos minimamente processados (PMP) como alternativa para produzir produtos alimentícios atrativos e prontos para o consumo (SILVA et al., 2011).

Na cadeia produtiva da maçã e pêsego, as frutas que não se enquadram nas categorias superiores (tamanho, cor, aparência), mesmo tendo as mesmas características nutricionais são as que têm menor valor agregado para a venda in natura e maior o tempo de armazenamento devido à dificuldade de comercialização. Uma alternativa para minimizar esses problemas, é a venda da maçã minimamente processada (MP), pois agrega valor ao produto. Segundo Teixeira et al. (2001), os consumidores destes produtos MP são supermercados, hotéis, restaurantes, "fast-foods" e aquelas pessoas que desejam praticidade e dispõem de pouco tempo para preparar seus alimentos. Além disso, o processamento desses produtos nas regiões produtoras tem contribuído para a diversificação das indústrias regionais, reduzindo as perdas pós-colheita, melhorando o manejo dos resíduos, facilitando o transporte e eliminando problemas de ordem fitossanitária (SILVA et al., 2011). Os minimamente processados podem representar uma forma de aproveitar excedentes de produção, agregar valor ao produto e ainda propiciar a conveniência durante

consumo (Processamento Mínimo de Hortaliças e Frutas, 2020).

O preparo destes produtos tem por característica uma série de etapas, dentre elas, as operações de seleção, lavagem, sanitização, descasque, corte, centrifugação, embalagem, armazenamento, comercialização, entre outros (MORETTI, 1999; CENCI, 2011). No entanto, essas etapas podem diminuir a sua vida-útil (PERERA et al., 2010), além de provocar o escurecimento enzimático. Sendo assim, o controle destas reações é de grande importância para a indústria hortícola, já que ocorrem em muitos vegetais e frutas, podendo afetar negativamente os atributos de cor, gosto, sabor e valor nutricional (HOLDERBAUM et al., 2010; IOANNOU; GHOU, 2013). Em trabalhos realizados com maçãs, Dogan e Dogan, (2004) observaram que, as alterações na cor da polpa ocorrem devido à grande quantidade de compostos fenólicos presentes nestas frutas, pois as injúrias como o corte e outros danos mecânicos que podem ocorrer durante o processamento mínimo (PM) permitem a penetração de oxigênio, resultando em um rápido escurecimento devido à oxidação dos compostos fenólicos, onde as quinonas são polimerizadas com outras quinonas ou os próprios compostos fenólicos, originando pigmentos castanhos (MURATA et al., 1995). Normalmente os substratos fenólicos envolvidos na reação de escurecimento, como o ácido 5-caffeoilquínico, estão separados da enzima polifenoloxidase em organelas intactas (vacúolos e plastos, respectivamente) e, por isso, o escurecimento não ocorre (SANTOS, 2019).

No entanto, os MP têm uma vida-útil relativamente curta se comparados com o produto *in natura*, devido aos danos na integridade dos tecidos, o que ocasiona aumento do seu metabolismo. Esses danos nos tecidos e o aumento do metabolismo desencadeiam o escurecimento enzimático, perda de textura, perda d'água, produção de sabores e odores indesejáveis (MARSELLÉS-FONTANET; MART'IN-BELLOSO et al., 2007; PERERA et al., 2010) e maior suscetibilidade ao crescimento de microrganismos (PEREIRA, 2017).

O escurecimento enzimático na maçã é muito acentuado devido à grande quantidade de compostos fenólicos e enzimas presentes nesta fruta, (Dogan; Dogan, 2004). As injúrias como o corte e outros danos mecânicos que podem ocorrer durante o PM permitem a penetração de oxigênio, que resulta em um

rápido escurecimento devido à oxidação dos compostos fenólicos. Normalmente, os substratos fenólicos naturais necessários para esta reação, como o ácido 5-cafeoilquínico, estão separados da enzima polifenoloxidase (PFO) em organelas intactas (vacúolos e plastos, respectivamente) e, por isso, o escurecimento não ocorre (WHITAKER; VORAGEN; WONG, 2003).

Existem estratégias para a inibição da atividade enzimática da PFO e da enzima peroxidase (PO), sem a adição de agentes químicos, mas estes não são suficientemente eficientes (KUMAR et al., 2012). Por isso, faz-se necessário o tratamento dos produtos minimamente processados por imersão em agentes (antioxidantes) após o corte. Essa é a maneira mais comum e eficiente para controlar os fenômenos de escurecimento sem a perda das características físico-químicas, nutritivas, sensoriais e microbiológicas. Para atender à demanda dos consumidores, a produção e o consumo de maçãs minimamente processadas deverá continuar a crescer, à medida que mais consumidores exigem alimentos frescos, nutritivos e convenientes para o consumo. No entanto, a indústria ainda enfrenta dois desafios importantes para a manutenção da qualidade e segurança dos produtos de processamento mínimo, são eles: controle de microrganismos e escurecimento enzimático.

Assim, métodos mais eficazes devem ser desenvolvidos para controlar simultaneamente o escurecimento enzimático e o crescimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos em maçãs MP (LUO et al., 2011).

Sendo assim, o presente projeto visa avaliar as características físico-químicas de maçã, cv. Monalisa e pêssegos, cvs. Kampai e Citrino minimamente processados sob a aplicação de diferentes antioxidantes. Este trabalho visa também proporcionar ao consumidor produtos convenientes ao consumo, com vida útil prolongada e semelhante à fruta *in natura*.

2.2. Revisão Bibliográfica

2.3. O consumo de frutas no Brasil

A fruticultura brasileira vive um de seus momentos mais dinâmicos, pois o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo. A estimativa de produção chega a 37 milhões de toneladas, obtendo 33 milhões de reais em valores brutos e o setor detém cerca de 16% de toda a mão de obra do agronegócio brasileiro,

ou seja, são milhões de empregos gerados. Entretanto, no que se refere à exportação, o país ocupa a 23ª posição, apenas 3% do que é produzido é exportado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES E EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS, 2019; REVISTA RURAL, 2019).

Tendo em vista, a área territorial somada às condições edafoclimáticas favoráveis justificam a potencialidade que o país apresenta para a produção, e conseqüentemente, a expansão da atividade frutícola no país.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (2002) e com a nova Roda dos Alimentos, deve-se consumir diariamente entre três a cinco porções de fruta, dependendo das necessidades de cada pessoa. É importante consumir diferentes tipos de fruta. A fruta é uma peça fundamental numa alimentação saudável que deve ser consumida diariamente. Estes alimentos fornecem vitaminas, minerais (potássio, zinco, cálcio, magnésio, etc.), diferentes fibras alimentares, compostos protetores (flavonóides) que ajudam a regular o organismo (FRUTAS CLASSE, 2019).

2.4. Caracterização das frutíferas de clima temperado

Plantas frutíferas ao serem classificadas de acordo com o clima, são divididas em três grupos: frutíferas de clima tropical, que são frutíferas de regiões mais quentes, necessitando de temperatura média anual entre 22°C e 30°C, frutíferas de clima subtropical, que possuem como característica a exigência de temperatura média anual entre 15°C e 22°C e frutíferas de clima temperado, que possuem exigência de temperatura média anual entre 5°C e 15°C. Esses três grupos de frutíferas são cultivados no Brasil, sendo que as frutíferas de clima temperado possuem enorme expressão no sul do país, onde as temperaturas médias anuais são inferiores às demais regiões (FACHINELLO et al., 2008).

As frutíferas de clima temperado são descritas como plantas que possuem um mecanismo de resistência às baixas temperaturas chamado dormência. Esse mecanismo consiste em a planta cessar seu crescimento durante o outono e entrar em repouso durante o período do inverno, quando as temperaturas estiverem baixas, saindo desse repouso somente no final do inverno, quando as condições ambientais estiverem favoráveis às novas brotações, (HERTER et al.,

2002).

O grupo das frutíferas de clima temperado se adapta bem em condições climáticas similares às encontradas no mediterrâneo. Essas condições ocorrem em vários locais no mundo, como por exemplo, o centro do Chile, Califórnia (EUA), nos Estados Unidos, Sul da Europa, Oriente médio, entre outras. Essas regiões possuem estações do ano bem definidas, proporcionando às frutíferas de clima temperado um ciclo de desenvolvimento bem estabelecido, com duas fases marcantes, sendo elas a fase hibernar (dormência), e a fase de crescimento vegetativo (a partir da brotação primaveril), sendo estas as condições de clima mais adequadas para o desenvolvimento das frutíferas de clima temperado (PETRI et al., 2012; SCHMITZ, 2014).

2.5. Cultura da Macieira

A macieira é uma frutífera de clima temperado da família Rosaceae, é uma das frutíferas mais importantes nas regiões de clima temperado ao redor do mundo. Existe um consenso da maior parte dos pesquisadores de que o centro de origem da frutífera está na Ásia Central, pois essa região é a área no mundo que apresenta a maior diversidade genética de macieira (BARRACOSA et al., 2008).

O maior produtor mundial de maçãs é a China, que produz anualmente cerca de 43,88 milhões de toneladas. O Brasil é o décimo primeiro maior produtor mundial, sendo que a produção anual do país é de aproximadamente 1.1 milhão de toneladas (ANUÁRIO HF, 2016; HORTIFRUTI/CEPEA, 2018). Os principais países produtores estão situados nos continentes da Ásia e da Europa. Na América do Sul, o país que apresenta maior produção é o Chile, seguido pelo Brasil. O Chile é o maior produtor sul-americano, e além da alta produção, apresenta também alta produtividade (48,79 t/ha). O Brasil apresenta uma produtividade inferior ao Chile (37,74 t/ha), porém, essa produtividade é superior as (18,64 t/ha), produzidas pela China, maior produtor mundial (FAO, 2016).

Para que seja possível o cultivo de macieira em uma determinada região, é indispensável que a mesma apresente temperaturas baixas e contínuas ao longo do inverno, sendo esse o principal fator que limita a expansão da cultura da macieira no Brasil. Quando a macieira é cultivada em uma região onde a

necessidade de frio da cultivar não é atendida, a cultura apresenta problemas no seu desenvolvimento como, por exemplo, floração e brotação deficiente, abertura de gemas de forma escalonada, baixa produção e uma menor longevidade das plantas (CARDOSO et al., 2013).

A produção de maçã brasileira está concentrada nos estados do Sul (99,3%), sendo que os estados de Santa Catarina, que produz 50,88% da maçã brasileira, e o Rio Grande do Sul, que produz 46,05%, são os grandes responsáveis pela soberania dos estados do Sul na produção de maçã (IBGE, 2017). A maior produtividade é encontrada no estado de Santa Catarina, onde a produtividade média anual é de 39,37 t/ha, sendo o único estado com uma produtividade média superior à média nacional (IBGE, 2017).

O cultivo em escala comercial da macieira começou no Brasil na década de 1970. Desde então, estudos vêm sendo realizados para melhorar o cultivo da macieira no país, através do melhoramento genético, que vem buscando selecionar cultivares mais adaptadas às condições climáticas encontradas em locais de menor altitude (PETRI et al., 2002; GABARDO et al., 2016). Cerca de 90% da produção brasileira de maçã tem como base as cultivares Gala e Fuji e seus clones, porém, essas cultivares estão restritas a plantios em locais de maior altitude e acúmulo de frio, sendo que quando cultivadas em locais de maior temperatura apresentam baixa produção, com frutos de baixa qualidade (GABARDO et al., 2016).

Devido às qualidades organolépticas que agradam o paladar do consumidor brasileiro (FIORAVANÇO et al., 2010), as cultivares Gala, Fuji e seus clones mutantes são as principais cultivares de maçã produzidas no Brasil. No Rio Grande do Sul a cultivar Gala e seus clones representa 66,0 % da produção total de maçãs, seguida pelas cultivares Fuji 27,35 %, Eva 2,39 % e as outras cultivares representam 4,64 % das maçãs produzidas neste estado (AGAPOMI, 2015).

2.6. Cultura Do Pêssego

O pessegueiro (*Prunus persica* L. Batsh) é uma árvore nativa da China e sul da Ásia, pertencente à família Rosaceae. No Brasil a história do pêssego iniciou em 1532, marcada pelo plantio das primeiras mudas, na capitania de São

Vicente. A produção comercial da fruta iniciou em São Paulo e espalhou-se por outros seis estados, mas foi no Rio Grande do Sul, em função das condições naturais favoráveis, que ocorreu a maior concentração da produção (TODA FRUTA, 2016).

A expansão da produção ocorreu, a partir dos anos 60, nos estados do sul, onde predomina o clima temperado considerado preferencial para a cultura. Nesse período a oferta nacional atendia apenas 20% do que era consumido pelos brasileiros. Os 80% restantes eram importados, principalmente da Argentina (MANDAIL, 2007).

Atualmente a maior ocorrência na produção de pêssego é nas regiões Sul e Sudeste. Sendo os principais estados produtores: Rio Grande do Sul, São Paulo, Santa Catarina, Paraná e Minas Gerais, responsáveis por 99,9% do volume nacional em 2017. Entre os principais estados produtores, Santa Catarina e Rio Grande do Sul registraram os maiores incrementos (+48,4%) e (+46,2%) respectivamente, entre 2017 e 2016 (SEAPA, 2019).

A produção brasileira de pêssego foi de 219,598 mil toneladas, em 2018 (IBGE). Na região sul do Brasil o clima não favoreceu os pomares de pêssego e a expectativa de produção não passou das 35 mil toneladas (AGRONOVAS, 2019).

O pêssego é considerado uma das frutas mais populares e consumidas no mundo. Esta fruta se caracteriza por ser altamente perecível, apresentando um repentino amadurecimento, provocando senescência após a colheita, afetando severamente a qualidade, tendo sua vida de prateleira limitada à temperatura ambiente (RAZAVI; HAJILOU, 2016). Em função das características naturais do pêssego, pode ter usos e destinos distintos, tanto para o consumo in natura como processado em forma de geleias, sucos, etc., com isso, levou a uma crescente demanda de alimentos frescos, sem aditivos, com alto valor nutricional e principalmente com propriedades antioxidantes. Portanto, as frutas e hortaliças minimamente processadas ou recém-cortadas apresentam uma oportunidade de mercado na indústria de processamento de alimentos (PALHARINI, 2015).

2.7. Produtos Minimamente Processados

O aumento no consumo de frutas e hortaliças minimamente processadas vem crescendo no mercado alimentício, tendo em vista o desejo do consumidor por alimentos que mantenham seu frescor e características próximas ao produto in natura (JUNQUEIRA et al., 2009; OMS-LIU et al., 2010). Com esta tendência, aumenta a perspectiva para a expansão de produtos minimamente processados (PMP), como alternativa na oferta de produtos alimentícios atrativos e prontos para o consumo (SILVA et al., 2011).

Os produtos processados têm contribuído em regiões produtoras para diversificação das indústrias regionais, reduzindo as perdas pós-colheita, melhorando o manejo dos resíduos, facilitando o transporte e eliminando problemas fitossanitários (SILVA et al., 2011). Além disso, o processamento mínimo (PM) da maçã representa uma forma de aproveitar excedentes de produção, agregar valor ao produto e ainda propiciar a conveniência durante o consumo (VILAS-BOAS et al., 2009).

No PM possui uma série de etapas, dentre elas as operações de seleção, lavagem, sanitização, descasque, corte, centrifugação, embalagem, armazenamento, comercialização, entre outras (CENCI, 2011). No entanto, mesmo após todas as etapas citadas anteriormente, o consumidor exige produtos com atributos de qualidade, como aparência, textura, valor nutritivo e sabor, similares aos produtos in natura (SOLIVA-FORTUNY, 2001). Esses atributos de qualidade são fundamentais, pois determinam a intenção de compra e valor do produto final (BASTOS, 2006).

A tecnologia de PM apresenta dois propósitos: primeiro, manter o produto com características de fresco, disponibilizando-o numa forma conveniente e sem perdas na sua qualidade nutricional; segundo, o produto deve apresentar uma vida de prateleira suficientemente longa para tornar sua distribuição viável aos consumidores (AHVENAINEN, 1996).

Alguns fatores pré-colheita que mais afetam a qualidade de frutas minimamente processadas são: a espécie do fruto, as práticas de cultura, o crescimento e o estado de maturação. Após a colheita, os fatores de maior influência são: manuseio, estocagem, técnicas de processamento, sanitização, embalagem e temperatura de armazenamento (ROSA, 2004).

Devido às acentuadas mudanças no estilo de vida das pessoas, nos últimos anos, tem-se verificado maior interesse na produção de frutos e hortaliças minimamente processados (BEAULIEU et al., 1997). O aumento na produção e no consumo de frutas MP pode ser explicado pelo estilo de vida de consumidores modernos, juntamente com a opção pelo consumo de produtos naturais, devido aos benefícios que estes trazem à saúde. A tendência deste mercado de minimamente processados vem a crescer se os consumidores acreditarem na segurança e na qualidade destes alimentos. Para isso, devem existir cuidados especiais no que diz respeito à preservação da qualidade na cadeia de comercialização, a manutenção da cadeia do frio e logística adequada, adequação de equipamentos e disponibilidade de tecnologias para implementação das indústrias de processamento, e programas de certificação que garantam a qualidade e a segurança dos produtos (ROLLE, 2010).

O consumidor exige produtos com atributos de qualidade, como aparência, textura, valor nutritivo e sabor, similares aos produtos frescos (SOLIVA-FORTUNY, 2001). Esses atributos de qualidade determinam o seu valor para o consumidor (BASTOS, 2006). Outra peculiaridade dos MP é a sua projeção de vida útil, esta pode variar de acordo com os diferentes tipos de produtos. Esta variação se limita entre sete e vinte dias quando armazenados em temperatura apropriada (WATADA, 1999).

Nesses produtos, o controle da temperatura é uma das principais técnicas utilizadas para minimizar o efeito do corte, além disso, a temperatura da sala de processamento e da água de sanitização devem ser próximas de 0°C, a baixa temperatura reduz a taxa respiratória, produção de etileno e perdas sensoriais (WONG et al., 1994; ARRUDA, 2002;). Mesmo assim, o principal problema dos PMP é o escurecimento enzimático, este afeta a cor da superfície do fruto, um importante atributo de qualidade, pois os consumidores costumam julgar a qualidade de frutos minimamente processados com base na sua aparência (BRECHT et al., 2004; JANG, 2011;).

2.8. Escurecimento Enzimático

O escurecimento enzimático na maioria das vezes é indesejado em frutas e hortaliças, pois pode diminuir a qualidade, características nutricionais e sensoriais destes produtos (WHITAKER, 1995; JANG; MOON, 2011). A

conservação da cor natural é um fator importante que determina a qualidade e aceitação de frutos e hortaliças MP (GORNY et al., 1999). As modificações na coloração durante a colheita, pós-colheita, processamento e armazenamento causam queda na qualidade, quando não controlados, tornando-se um grande desafio na elaboração desses produtos (GIRNER et al., 2002). Estas alterações são indesejáveis e são aceleradas por danos mecânicos nas células, causados pelas operações de descasque e corte, o que permite o contato das enzimas com o substrato (CASSARO, 2000; RAHMAN et al., 2011).

As injúrias como o corte e outros danos mecânicos que podem ocorrer durante estas etapas permitem a penetração de oxigênio, que resulta em um rápido escurecimento devido à oxidação dos compostos fenólicos. Normalmente os substratos fenólicos naturais necessários para esta reação, como o ácido 5-cafeoilquínico, estão separados da enzima polifenoloxidase (PFO) em organelas intactas (vacúolos e plastos, respectivamente) e, por isso, o escurecimento não ocorre (WONG, 2003). De acordo com Tomás-Barberán e Espín (2001), as enzimas peroxidase (POD) e PFO são relevantes na degradação oxidativa dos compostos fenólicos, pois quando ocorre o rompimento das organelas onde se encontram armazenados estes compostos, eles entram em contato e pode ocorrer a produção de polímeros de coloração marrom (melaninas). Apesar dos muitos esforços realizados com a utilização de tratamentos físicos que permitam a inibição da atividade enzimática da PFO e POD, sem a adição de agentes químicos, estes não são suficientemente eficientes (KUMAR et al., 2012).

Alguns fatores que exercem influência sobre o escurecimento enzimático de frutas e hortaliças estão as cultivares utilizadas (CHANG et al., 2000), as concentrações de PFO, os teores de compostos fenólicos, o pH, a temperatura e a disponibilidade de oxigênio no tecido vegetal. Neste contexto, a compreensão dos detalhes que envolvem o processo do escurecimento enzimático é necessária para que seu controle possa ser realizado (WHITAKER, 1995).

Uma alternativa para inativação das enzimas pode ser realizada através de tratamentos térmicos, no entanto estes levam a alterações de textura do produto, e por consequência a perda de qualidade do mesmo (ALTUNKAYA; GÖKMEN, 2009) ou através de agentes redutores, que atualmente são os métodos mais efetivos no controle do escurecimento enzimático (MARTINEZ,

1995).

2.9. Agentes Antioxidantes

Os agentes antioxidantes são um conjunto heterogêneo de substâncias formadas por vitaminas, minerais, pigmentos naturais e outros compostos vegetais. Fazem parte deste grupo ainda, enzimas, agindo como bloqueadores do efeito danoso dos radicais livres. De acordo com diversos autores os antioxidantes são substâncias que bloqueiam a ação dos radicais livres, uma vez que impedem a oxidação de outras substâncias químicas que ocorrem nas reações metabólicas (TIRZITIS; BARTOSZ, 2010).

Os tratamentos com aditivos (antioxidantes) visam minimizar o escurecimento enzimático e prolongar a vida de prateleira de produtos minimamente processados. Alguns aditivos de importância agroindustrial são ácido ascórbico, o eritorbato de sódio, ácido eritórbico, ácido kójico, ácido cítrico e o cloreto de cálcio. Estes podem ser utilizados sozinhos ou em combinação em diversos produtos, como em maçãs (MOREIRA, 2005), peras (MILLER, 1998), batatas (JIANG; FU 1998), repolho (SALATA, et al., 2014), pêssegos (COSTA et al., 2011).

Os aditivos que minimizam o escurecimento enzimático podem ser divididos em duas classes, os que agem sobre as enzimas e aqueles que agem sobre os produtos da reação (HAREL, 1979).

O ácido eritórbico e o eritorbato de sódio são estereoisômeros dos ascorbatos e funcionam de modo similar aos antioxidantes. Devido à sua estrutura eno-diol, os eritorbatos são fortes agentes redutores (admissão de oxigênio) e previnem ou minimizam as deteriorações oxidativas do sabor e da cor de alimentos. A reação com o oxigênio é catalisada por traços de cobre e, em alguns casos, por ferro na solução (HORNIG, 1981; GREATS FOODS BRASIL, 2015).

O ácido cítrico é um ácido orgânico fraco, que se pode encontrar nos citrinos. É usado como conservante natural (antioxidante), sendo conhecido também como acidulante, dando um sabor ácido e refrescante na preparação de alimentos e de bebidas. Em bioquímica, é importante o seu papel como

intermediário do ciclo do ácido cítrico, de forma que ocorre no metabolismo de quase todos os seres vivos. É ainda usado como produto de limpeza ecológico (DUARTE et. al, 2012).

O ácido ascórbico ou vitamina C (ascorbato, quando na forma ionizada) é uma molécula usada na hidroxilação de várias reações bioquímicas nas células. A sua principal função é a hidroxilação do colágeno, a proteína fibrilar que dá resistência aos ossos, dentes, tendões e paredes dos vasos sanguíneos. Além disso, é um poderoso antioxidante, sendo usado para transformar as espécies reativas de oxigênio em formas inertes (DAVID, 2005).

O ácido kójico é um metabólito secundário sintetizado por vários microrganismos, em especial fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Acetobacter* e *Penicillium* (RODRIGUES et al., 2011). É produzido a partir de um processo de fermentação, envolvendo vários tipos de substratos que atuam como fonte de carbono (MOHAMAD et al., 2010). Foi isolado pela primeira vez a partir de fungos do gênero *Aspergillus* em 1907 e é uma substância cristalina altamente solúvel em água, etanol e acetona (GOMES et al., 2001). Possui uma ampla variedade de aplicações. Em relação à aplicabilidade biológica, ele é comercializado no Japão há muitos anos como aditivo alimentar para vegetais e frutos do mar. Também é encontrado em baixos níveis em comidas tradicionais japonesas como molho de soja ou sakê (NOHYNEK, 2004). Além disso, é utilizado nos alimentos como antioxidante e intensificador de sabores (MOHAMAD et al., 2010). SON et al., (2001) relataram que o ácido kójico mostrou uma atividade inibitória no escurecimento enzimático em pedaços de maçã minimamente processadas. Alguns autores propuseram que o ácido kójico atua como um agente redutor, bem como um inibidor da atividade enzimática (CHEN et al., 1991). De acordo com esses autores, o ácido kójico mostrou efeito inibidor competitivo na oxidação do ácido clorogênico e catecol pela PFO de batata e maçã.

Os sais de cálcio, principalmente o cloreto e o lactato, têm sido utilizados geralmente em combinação com agentes antioxidantes, na prevenção da perda de firmeza de frutas e hortaliças inteiras e também minimamente processadas. Esta perda de firmeza acelerada é uma característica notável de frutos MP. As paredes celulares de tais produtos sofrem modificações em seus componentes

estruturais, devido à ação de enzimas hidrolíticas (celulases e pectinases) resultando no amaciamento dos seus tecidos (ARAÚJO et al., 2010). As soluções de sais de cálcio ajudam a manter a parede celular em bom estado agindo conforme segue: os íons de cálcio ligam-se às cadeias de pectina, formando pontes entre elas, aumentando sua força e formando pectato de cálcio (ENGELBRECHT, 1986). Por esse motivo o cálcio contribui para a preservação da firmeza da polpa de frutas e hortaliças frescas bem como minimamente processadas. Além disso, o cloreto de cálcio pode ser utilizado no controle do escurecimento de MP, pois inibe a enzima polifenoloxidase pela interação do íon cloreto com o cobre do centro ativo desta enzima (BARRET, 2002).

2.10. Armazenamento sob refrigeração

Em 2018, o Brasil exportou 877,5 mil toneladas de frutas, in natura e processadas. Os países importadores compraram mais de 95 milhões de toneladas, movimentando cerca de US\$ 135 bilhões (4,9% acima de 2017) (ABRAFRUTAS, 2019). Tendo em vista isto, é importante que o armazenamento das maçãs seja adequado, a fim de que haja oferta deste fruto durante todo o ano com suas qualidades preservadas (KERBAUY, 2008).

O armazenamento destes frutos visando à manutenção da qualidade ocorre controlando-se basicamente a temperatura, que diminui a velocidade com que ocorrem as reações bioquímicas na célula, dentre elas a respiração e a síntese de etileno, bem como o desenvolvimento de microrganismos (MOSTAFAVI et al., 2013). Neste contexto, o uso de baixas temperaturas no armazenamento das maçãs diminui a velocidade do metabolismo, contribuindo para manter as características físico-químicas, a qualidade sensorial e a segurança alimentar dos frutos (CHITARRA, 2005; BRACKMANN, 2010; BRACKMANN, 2011). O tempo de armazenamento é determinado pelo potencial genético da cultivar, pelo estágio de maturação das maçãs no momento da colheita, e pelas condições de armazenamento.

O armazenamento refrigerado (AR) é o sistema mais comumente realizado para o prolongamento da vida útil dos frutos, principalmente em clima temperado, baseia-se na combinação de baixas temperaturas, geralmente de -1 a 4°C, com alta umidade relativa do ar (UR), geralmente superior a 85 % (FACHINELLO, 1996; CHONG et al., 2013).

A redução da temperatura diminui o metabolismo durante o armazenamento, porém uma redução excessiva pode levar ao colapso das células, tornando os frutos suscetíveis à ocorrência de distúrbios (BRACKMANN et al., 2010). Entretanto, esse sistema permite um período de conservação não muito longo devido ao rápido amadurecimento, à alta incidência de podridões e aos distúrbios fisiológicos dos frutos (BULENS et al., 2012).

O armazenamento refrigerado, também pode ser realizado, nestas mesmas condições nos produtos derivados de maçã e de pêssegos, sendo ele o minimamente processado, fator importante no retardamento da perda de qualidade, na perda das características nutricionais, na diminuição da contaminação microbiológica, na manutenção e na qualidade sensorial dos mesmos (BRECHT, 1995). Contudo, é muito importante que estes produtos sejam mantidos sob refrigeração, a fim de proporcionar a manutenção e o prolongamento do tempo de estocagem, minimizando as injúrias provocadas pelo processamento (SILVA et al., 2003).

2.11. Revestimentos comestíveis

Usualmente, os procedimentos de conservação pós-colheita, empregados, estão quase na sua totalidade centrados na cadeia de frio e em boas práticas de armazenamento. Contudo, um novo segmento tecnológico vem ganhando espaço nesta área que é o desenvolvimento de revestimentos comestíveis protetores, que aplicados diretamente sobre as frutas possibilitam elevar o tempo de conservação permitindo uma maior flexibilidade de manuseio e comércio (FORATO; BRITO, 2009).

Os revestimentos comestíveis são finas camadas envolvendo o alimento que desempenham importante papel na sua preservação (MCHUGH, 2000). A diferença entre revestimentos e filmes comestíveis reside no fato de que os revestimentos são aplicados na forma líquida sobre o alimento, normalmente através de imersão ou aspensão na solução filmogênica, que pode ser uma matriz de carboidratos, proteínas, lipídeos ou uma combinação desses componentes. Já os filmes comestíveis são moldados em forma de folhas, que posteriormente são utilizadas como embalagem para o produto (FALGUERA et al., 2011). No decorrer dos anos, o interesse pela aplicação de revestimentos comestíveis em alimentos altamente perecíveis tem aumentado devido às

vantagens que esse tipo de método de conservação apresenta, como descrito em uma série de estudos (ORIANI et al., 2014).

Estes revestimentos podem atuar como uma embalagem alternativa, apresentando vantagens em relação às sintéticas, uma vez que são produzidas a partir de materiais comestíveis de fontes naturais. Além disso, os revestimentos são bons carreadores de ingredientes ativos como antioxidantes, sabores, compostos bioativos e antimicrobianos (CAMPOS; GERSCHENSON; FLORES, 2011). Um bom revestimento deve dar à fruta o brilho, a aparência atrativa e reduzir a perda de peso, por meio da redução da respiração normal das frutas, sem provocar condições de anaerobiose (BALDWIN; HAGENMAIER; BAI, 2012). Além disso, estudos demonstram que revestimentos são capazes de proteger os produtos de danos mecânicos e contaminação microbológica, promovendo manutenção da boa aparência e evitando perda excessiva de voláteis desejáveis (PAVLATH; ORTS, 2009).

2.11.1 Alginato de sódio

O alginato é um copolímero linear constituído de ácidos α -L-gulurônicos e β -D-manurônicos com ligações 1- \rightarrow 4. O material varia extensamente em termos de sua proporção entre os resíduos manurônicos (M) e gulurônicos (G) bem como em sua estrutura sequencial e grau de polimerização. Desta forma, o material pode apresentar sequências alternadas de resíduos MG e blocos constituídos de dois ou mais resíduos M ou G (DRAGET, 2005). Esse copolímero é amplamente utilizado em alimentos, cosméticos, medicamentos e também encontra aplicação na indústria têxtil e de papel. Atualmente, vem sendo utilizado em aplicações inovadoras na área médica e farmacêutica (TAYLOR, 2011; ADNEN SANAA et al. 2013; CHAN, MOONEY, 2013; ALBOOFETILEH et al., 2014; WANG et al., 2014).

O alginato proporciona alta viscosidade aparente, mesmo com baixas concentrações, devido ao seu alto peso molecular e rígida estrutura. Uma de suas propriedades é a capacidade de formar géis termoestáveis fortes ao reagir com cátions polivalentes, principalmente íons cálcio (ANDRADE, 2008).

2.11.2 Amido de milho ceroso

O milho ceroso é um tipo de milho caracterizado pelo seu amido rico em

amilopectina (98-99%) e o seu teor de amilose (1-2%). O amido de milho ceroso comum contém, aproximadamente, 73% de amilopectina e 27% de amilose. A amilopectina é um carboidrato de alto peso molecular, passa pelo estômago com bastante rapidez, e de forma geral, a sua estrutura é facilmente hidrolisada pelas enzimas digestivas, fornecendo energia de forma rápida e proporcionando um índice glicêmico alto (LINEBACK, 1984).

Em um estudo da ação de revestimento comestível à base de amido de milho ceroso e antioxidantes na conservação de inhame minimamente processado foi verificado, por exemplo, que em até 12 dias de armazenamento os produtos dos tratamentos com revestimento comestível obtiveram menor perda, e que o revestimento comestível foi eficaz em reduzir a taxa respiratória do produto durante o período de armazenamento (FURTADO, 2013). Botrel et al. (2010), também avaliaram a influência do revestimento de amido de milho ceroso na conservação pós-colheita de pera 'Williams' minimamente processada, e verificaram que amostras de pera revestidas permaneceram significativamente mais firmes que as amostras controle e com inibição do escurecimento enzimático. Dessa forma, os autores afirmam que a vida de prateleira de pera minimamente processada pode ser mantida por mais tempo com o uso desse revestimento.

O amido de milho ceroso apresenta boa estabilidade e alta solubilidade; é relativamente fácil de gelatinizar, produz um líquido viscoso claro. Além disso, o amido composto por amilopectina tem menos tendência a retrogradar-se, sendo então mais estável (WEBER, 2009).

2.11.3 Amido de Pinhão

O pinhão é à semente do pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*), que hoje, está em risco de extinção e encontra-se sob proteção ambiental. A escolha é devido à sua quantidade de amido presente nessa semente, assim como à sua importância econômica, cultural e ambiental para o sul do Brasil. O amido é o que se encontra em maior proporção na semente (aproximadamente 36% em base úmida, 71,84% em base seca). Para isolar o amido de pinhão pode-se utilizar apenas água como solvente de extração, utilizando condições brandas e sem adição de qualquer substância química (DAUDT, 2012; MOREIRA, 2018).

Além da importância comercial da madeira do pinheiro, Ribeiro (2000), citou a importância histórica do pinhão, como fonte de alimentos para tribos indígenas, caçadores, coletores, pescadores. Ainda hoje, o pinhão, constitui um dos alimentos tradicionais de alto teor calórico, consumido cozido ou assado. Estudos recentes tentaram dar a esta semente outras utilidades, como matéria-prima para elaboração de novos produtos, tais como, misturas para sopas, biscoitos, agentes encapsulante (SPADA, 2011).

Os filmes à base de amido são descritos como inodoro, insípido, incolor e exibem permeabilidade muito baixa ao oxigênio em baixa umidade relativa (UR). As propriedades de barreira à umidade de filmes à base de amido foram encontradas relativamente pobres comparados às das ceras comestíveis ou das películas de polietileno de baixa densidade. O desenvolvimento de filmes comestíveis e revestimentos de polissacarídeos solúveis em água também trouxe a valorização de subprodutos agrícolas (MATHEW; ABRAHAM, 2008; SPADA, 2014).

2.11.4 Fécula de mandioca

A mandioca, uma das principais fontes de amido utilizada industrialmente, é cultivada ao longo de todo território brasileiro e de outros países tropicais e se destaca como uma fonte barata e abundante de amido (MATSUI et al., 2004). Assim como a mandioca, a fécula de mandioca pode ser produzida e adquirida a baixo custo, sendo um dos polissacarídeos mais abundantes no Brasil. Sua composição nativa constitui-se de 87,6 % de amido, 14,9 % de umidade, 0,5 % de fibras e 0,2 % de matéria-graxa, açúcares, cinzas e proteínas, e possui pH de 5,6 (HENRIQUE; CEREDA; SARMENTO, 2008).

Segundo Moorthy (2004), a fécula de mandioca é de fácil extração em relação aos amidos de outras fontes. Mali et al. (2004), destacam ainda a menor taxa de retrogradação, maior clareza de pasta, baixa temperatura de gelatinização e estabilidade do gel como vantagens da fécula de mandioca em relação aos amidos de outras fontes, o que a torna uma fonte promissora na elaboração de revestimentos e filmes comestíveis, como relatado por diversos autores (SOUZA; DITCHFIELD; TADINI, 2010; OJEDA; SGROPPO; ZARITZKY, 2014). Além disso, a fécula de mandioca é um ótimo material para revestimentos comestíveis devido à capacidade de reduzir as taxas de respiração e perda de

água (CHIUMARELLI; HUBINGER, 2012). Os revestimentos comestíveis produzidos a partir desse tipo de amido são baratos, inodoros, incolores, não possuem sabor, são atóxicos e biodegradáveis, além de apresentarem barreira ao oxigênio (PARETA; EDIRISINGHE, 2006).

2.12. Objetivos, Hipóteses e Metas

2.12.1. Objetivo

Avaliar os sistemas de conservação pós-colheita em maçãs e pêssegos utilizando técnicas de processamento mínimo, com agentes antioxidantes e coberturas comestíveis, mantendo a qualidade físico-química e compostos bioativos destas frutas minimamente processadas.

2.12.2. Objetivos específicos

- Avaliar o tempo de vida de prateleira dos minimamente processados;
- Avaliar a qualidade físico-químicas das maçãs MP acrescidas de coberturas comestíveis e agente antioxidante;
- Avaliar a qualidade físico-química de pêssegos MP, com aplicação de antioxidante;
- Avaliar os teores de compostos bioativos nas frutas minimamente processadas;

2.12.3. Hipóteses

- Aplicação de antioxidantes, ainda que em reduzidas concentrações, sobre superfície da maçã e de pêssegos em gomos, reduz seu escurecimento.
- Aplicação de diferentes revestimentos comestíveis (fécula de mandioca, alginato de sódio, amido de milho ceroso e amido de pinhão) sobre a superfície da maçã em fatias (no formato de gomos), influencia de forma distinta suas características físico-químicas.

2.12.4. Metas

- Buscar o prolongamento da vida de prateleira dos frutos minimamente processados, indicando um período de estocagem que seja efetivo.
- Identificar a presença de pelo menos um composto bioativo em frutas de maçã e pêssego.
- Publicar dois artigos, resultados deste estudo, a periódicos científicos de considerável fator de impacto.

2.13. Material e Métodos

Este trabalho será realizado no Núcleo de Alimentos/Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Clima Temperado, localizado na BR 392 km 78, em Pelotas- RS.

O experimento será conduzido com maçãs cultivar Monalisa do pomar comercial da empresa Rasip Agropastoril S/A, localizada na Rodovia BR 116, Km 33, s/n - Zona Rural, Vacaria – RS, Brasil (50°56'02 "S, 28°30'14" W e 900m de altitude) em duas etapas. Também será realizado com pêssegos de cultivares Kampai e Citrino do pomar do Sr. João Carlos Bender e do Sr. Dari Bosembeker, localizados na BR 392, Colônia Maciel na zona rural em Pelotas- RS, Brasil, em uma terceira etapa do experimento.

As maçãs passarão por seleção, com o objetivo tornar o lote uniforme quanto ao grau de maturação e ausência de danos mecânicos visíveis ou podridão. Após seleção será aplicado 1-MCP nas frutas de maçã, posteriormente as frutas serão acondicionadas em caixas de 18 kg. Serão transportadas em caminhão baú, sem exposição direta à luz solar, por aproximadamente 6 horas, até a unidade da Embrapa Clima Temperado (Pelotas-RS), onde ficarão armazenadas em câmara fria à 4°C ± 4°C e 90 % ± 5 % de UR até serem preparadas e analisadas .

Os frutos de pêssego serão coletados e selecionados com o objetivo de tornar o lote uniforme e sem danos mecânicos e transportados em um veículo da Universidade Federal de Pelotas UFPel, desde a propriedade dos produtores até a Embrapa,. As condições de armazenamento dos pêssegos serão as mesmas adotadas para as frutas de maçã.

O delineamento experimental será representado por pós-processamento

no período de estocagem, simulando o prazo de validade (0, 3, 6, 9) para maçã (em uma primeira e segunda etapa) e (0, 3, 6, 9, 12 dias) para pêssego (em uma terceira etapa), contendo aditivos químicos [água destilada, como controle, ácido L-ascórbico (ALA), ácido eritórbico (AE), eritorbato de sódio (ES), ácido Kójico (AK), ácido cítrico (AC), juntamente com cloreto de cálcio (CC)]. A partir dos resultados destes experimentos, em uma segunda etapa, serão aplicadas somente nas maçãs, coberturas comestíveis (alginato de sódio, amido de pinhão, amido modificado e fécula de mandioca) juntamente com o antioxidante que apresentar melhor desempenho na primeira etapa do experimento com as maçãs.

As maçãs e os pêssegos serão submetidos aos processos de sanitização, preparo das amostras, tratamentos e análises descritas a seguir. Para ambas as etapas, em primeiro lugar, será realizada a sanitização das maçãs e dos pêssegos mergulhando-os em uma solução de hipoclorito de sódio 200 ppm, com pH 6,5 (o pH deste meio foi ajustado com HCl 1 N) durante 10 minutos à temperatura ambiente. Após, as maçãs e os pêssegos serão retirados e cortados em fatias longitudinais (no formato de gomos), em seguida retirar a parte central com as sementes e o caroço do pêssego, deixando apenas a epiderme.

Posteriormente, em uma primeira etapa, as fatias de maçãs serão novamente imersas por um minuto em cada um dos seguintes tratamentos (T): T1: (Controle) água destilada + cloreto de cálcio 2 % (A+CC); T2: ácido L-ascórbico 2 % + cloreto de cálcio 2 % (ALA+CC); T3: Ácido eritórbico 3 % + cloreto de cálcio 2 % (AE+CC); T4: Eritorbato de sódio 5% + cloreto de cálcio 2 % (ES+CC) ; T5: Ácido kójico 0,07 % + 2 % de cloreto de cálcio (AK+CC) e T6: Ácido Cítrico 2 % + 2 % de cloreto de cálcio(AC+CC).

Em uma segunda etapa, as fatias de maçãs serão imersas no antioxidante de melhor desempenho (AMD) da primeira fase e imersas nas coberturas comestíveis nos tratamentos T0: (Controle) água destilada + antioxidante de melhor desempenho + cloreto de cálcio 1 % (A+AMD+CC); T1: Antioxidante de melhor desempenho + cloreto de cálcio 1 % + fécula de mandioca 3% (AMD+CC+FM); T2: Antioxidante de melhor desempenho + cloreto de cálcio 1% + alginato de sódio 3% (AMD+CC+ AS); T3: Antioxidante de melhor desempenho + cloreto de cálcio 1 %+ amido modificado 6% (AMD+CC+AM); T4: Antioxidante

de melhor desempenho + cloreto de cálcio 1 % + amido de pinhão 3% (AMD+CC +AP).

Em uma terceira etapa, os pêssegos serão submetidos aos mesmos processos de sanitização das maçãs e novamente imersos por um minuto em cada um dos seguintes tratamentos (T): T1: (Controle) água destilada + cloreto de cálcio 2 % (A+CC); T2: Ácido Cítrico 1% + cloreto de cálcio 2 % (AC+CC); T3: Eritorbato de sódio 5% + cloreto de cálcio 2 % (ES+CC); T4: Ácido eritórbico 5% + cloreto de cálcio 2 % (AE+CC) ; T5: Ácido kójico 0,07 % + 2 % de cloreto de cálcio (AK+CC) e T6: ácido L-ascórbico 1% + cloreto de cálcio 2 % (AA+CC).

A seguir, os frutos serão retirados e colocados em escuradores por 5 minutos para retirar o excesso de solução. Após, coloca-se um número de fatias de maçã e de pêssego em bandeja de polietileno cobertas com filme PVC esticável (9 micra), sendo as fatias armazenadas em quatro (maçã) e cinco (pêssego) períodos: 0 dias (E0), 3 dias (E3), 6 dias (E6), 9 dias (E9) e 12 dias (E12) em câmara fria a uma temperatura aproximada de 4 °C e UR de \pm 90 %, simulando o tempo de comercialização do produto.

A temperatura e a UR das câmaras serão monitoradas por sistema informatizado. Para cada tratamento serão realizadas 3 repetições, obtendo 12 bandejas para primeira e segunda etapa, por período, totalizando 72 e 48 bandejas de frutas de maçãs. Para as frutas de pêssegos também serão realizadas 3 repetições para cada tratamento, obtendo 15 bandejas, por período, totalizando 90 bandejas de frutas de pêssegos.

2.13.1. Análises físico-químicas

2.13.1.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Determinado através de método eletrométrico, com o auxílio de um potenciômetro (pHmetro) – diretamente dos sucos de maçã e pêssego obtidos através de centrifuga de frutas - da marca Quimis modelo Q400A (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

2.13.1.2 Sólidos Solúveis Totais (SST)

Serão obtidos mediante leitura dos sucos da maçã e pêssego utilizando-se refratômetro digital portátil, com correção automática de temperatura, da

marca ATAGO, modelo PAL-1, sendo o resultado expresso em °Brix (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

2.13.1.3 Acidez total titulável (ATT)

Será utilizado 5,0 mL de suco de maçã e 2 mL de suco de pêssego (obtidos através de centrifuga de frutas), adicionados a 90mL de água destilada. Depois, será realizada a titulação da amostra com o auxílio de uma bureta digital Brand® contendo solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 M até atingir o ponto de viragem no pH 8,1. A acidez titulável será expressa em gramas de ácido málico por $g \cdot 100^{-1}$ g de polpa (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

2.13.1.4 Açúcares redutores e não redutores

Determinados através de espectrofotometria segundo metodologia adaptada de Maldonade et al. (2013). Serão pesados em Becker de 250,0 mL– 1,5 gramas de maçã fresca, e adicionada água destilada até completar 150,0 mL - com balão volumétrico, homogeneizando em mixer por 3 minutos. A amostra será filtrada com auxílio de algodão. Retirar 0,5 mL do sobrenadante e fazer o teste de ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS). Para quantificação dos açúcares não redutores, como a sacarose, é necessário fazer uma hidrólise da amostra. Neste caso, retira-se 2,0 mL do sobrenadante e adiciona-se 2,0 mL de HCl 2 M à mistura, e aquecendo em banho-maria em ebulição por 10 minutos. Resfria-se a amostra em banho de gelo e acrescenta-se 2,0 mL de NaOH 2M agitando-a. Retira-se 0,5 mL do sobrenadante para se fazer o teste de DNS.

2.13.1.4.1 Teste de DNS: procedimento de determinação de açúcares redutores

Pipeta-se 0,5 mL da amostra em um tubo de ensaio adicionado de 0,5 mL do reagente DNS. Posteriormente, é aquecido em banho-maria a 100,0 °C durante 5 minutos. Resfria-se o tubo em banho de gelo por 5 minutos. Adiciona-se 8,0 mL da solução de tartarato duplo de sódio e potássio. Leitura da absorbância realizada em comprimento de onda máximo de 540 nm. Resultados expressos em $g \cdot 100^{-1}$ g de fruta fresca.

2.13.1.5 Firmeza da Polpa

Mensurada de acordo com Melo; Vilas Boas; Justo (2009) utilizando

penetrômetro eletrônico TA-XT plus 40855 com ponteira de 2 mm de diâmetro, profundidade de penetração de 5mm, velocidade de pré-teste de 1,0 mm/s⁻¹; teste de 2,0 mm/s⁻¹; pós-teste de 10,0 mm/s⁻¹ e força de 5 kg. A leituras serão realizadas na porção mediana das fatias de maçã com o resultado sendo expresso em Newton (N);

2.13.1.6 Perda de massa

Para avaliação da perda de massa será registrado o peso da fruta no dia de aplicação do tratamento (Pi) e no dia da avaliação (Pf). A porcentagem de perda de massa dá-se pela seguinte fórmula: Perda de massa (%) = (Pi-Pf) /Pi*100, mensurada conforme Pereira et al. (2006).

2.13.1.7 Avaliação da cor

A avaliação da cor de superfície das maçãs e pêssegos minimamente processados será realizada nas duas faces das fatias: epiderme (coloração externa da fatia). Será utilizado o colorímetro Minolta CR-400, com sistema de leitura CIE 'L*a*b*', proposto pela Comissão Internationale de l'Eclairage (CIE), onde L* expressa a luminosidade (L*=0-preto e L*=100-branco) e a* e b* são responsáveis pela cromaticidade (+a*=vermelho e -a*=verde; +b*=amarelo e -b*=azul). Com esses parâmetros, serão avaliadas as coordenadas cilíndricas Cromaticidade (C*) pureza ou intensidade da cor (1.1), tonalidade (h°) – cor propriamente dita (1.2) (convertido em graus) de acordo com Bible; Singha, (1993) e o Índice de Escurecimento (IE) (1.3), calculado de acordo com Palou et al., (1999). As equações saturação (croma), tonalidade (h°) e IE seguem abaixo:

$$[1.1] \text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$[1.2] \text{Hue} = \text{arctan}(a^*/b^*)$$

$$[1.3] \text{IE} = \frac{[100(X-0,31)]}{0,172} \text{ em que: } X = \frac{[a^* + 1,75L^*]}{5,645L^* + a^* - 3,02b^*}$$

2.13.1.8 Taxa respiratória

Avaliada conforme Pinela et al. (2016), onde a maçã e o pêssego serão cortados de forma longitudinal em fatias e acondicionadas em bandejas de polietileno expandido 4 a 15 a 15 (altura x largura x largura) e recoberta por filme de policloreto de vinila (PVC) de 9 micra. Durante os 4 ou 5 períodos de avaliação serão realizados furos no filme de PVC para retirada de uma porção dos gases,

em seguida recobrando os furos com fita adesiva. O teor de CO₂ e O₂ contido no interior da embalagem será avaliado com auxílio de um analisador portátil de gases Oxybaby 6.0, WITT-GASETECHNIK, D-58454 Witten Germany, previamente calibrado por amostragem do ar atmosférico. Os valores serão expressos em percentagem.

2.13.1.9 Compostos fenólicos totais (CFT)

A determinação dos compostos fenólicos totais será realizada através método de Folin-Ciocalteu, o qual baseia-se na transferência de elétrons, em meio alcalino, dos compostos fenólicos para complexos fosfotúngsticos/fosfomolibdênicos, formando complexos azuis que podem ser facilmente mensurados por espectrofotometria numa faixa de 700 a 765 nm (AINSWORTH, GILLESPIE, 2007; MAGALHÃES et al., 2008).

Os compostos fenólicos totais serão quantificados pelo protocolo descrito por Swain e Hillis (1959). Para extração, será homogeneizada 2,5 g de amostra, triturada em 10 mL de metanol (P.A.), em seguida, homogeneizada com o auxílio de um vortex da marca Velp® Científica, por aproximadamente 1 minuto ou até a amostra ficar completamente homogeneizada. Após, será centrifugada a 3.200G em centrífuga EPPENDORF – Centrifuge 5810 R, a uma temperatura de 1 °C por 30 minutos. O sobrenadante será coletado e armazenado em eppendorfs sob temperatura de -18 °C. Para composição das amostras que serão levadas para leitura em espectrofotômetro, será utilizado 70 µL desse sobrenadante + 180 µL de metanol, 4 mL de água ultrapura e 250 µL do reagente Folin-Ciocalteu (0,25 N), após 3 minutos, a solução será neutralizada com 500 µL de solução de Na₂ CO₃ 1 M. As amostras serão mantidas no escuro por 2 horas. A leitura da absorbância será realizada em espectrofotômetro MOLECULAR DEVICES-spectramax 190, comprimento de onda máximo de 725 nm. O ácido clorogênico será utilizado como padrão para construção da curva de calibração. O teor de compostos fenólicos totais será expresso em mg de ácido clorogênico.100⁻¹ g de fruta fresca.

2.13.1.10 Atividade antioxidante (AA)

Determinada através de espectrofotometria segundo metodologia adaptada de Brand-Williams et al. (1995). Este método é baseado na captura do

radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorvância a 515 nm. A extração será semelhante com aquela utilizada para os compostos fenólicos totais de onde serão utilizados 60 µL do sobrenadante, 190 µL de metanol e 3750 µL de DPPH diluído. Após 2 horas e 30 minutos será realizada a leitura em espectrofotômetro MOLECULAR DEVICES-spectramax 190, comprimento de onda máximo de 515 nm. Os resultados serão expressos em mg Trolox.100 g⁻¹ de fruta fresca.

2.13.1.11 Atividade enzimática

A determinação da atividade enzimática da PFO e PO de frutas de maçã será realizada em espectrofotômetro de acordo com protocolo adaptado de (MATSUNO; URITANI,1972; CAMPOS; SILVEIRA, 2003). O extrato para essas análises será preparado utilizando 6 gramas da amostra fresca diluindo em 20 mL de tampão fosfato pH 7,0 contendo 1% de polivinilpirrolidona PVPP, sendo posteriormente triturada com auxílio de ultra turrax. O extrato será centrifugado e posteriormente coletado do sobrenadante para análise de proteína e enzimática.

2.13.1.11.1 Polifenoloxidase (PFO)

Em tubos de falcon de 15 mL, serão adicionados 1 mL do extrato enzimático da fruta de maçã e também 3,6 mL de tampão fosfato pH 6,5 + 1 mL de pirocatecol na concentração de 0,1 M, sendo posteriormente as amostras levadas para incubação a 30°C por 30 minutos, depois serão imediatamente resfriadas em banho de gelo por 10 minutos. A leitura será realizada em espectrofotômetro a 395 nm de absorvância e os resultados expressos em gramas de polpa fresca por minuto (UAE.g⁻¹.min⁻¹).

2.13.1.11.2 Peroxidase (PO)

Em tubos de falcon de 15 mL, retirar-se uma alíquota de 3 mL de extrato enzimático e adiciona-se uma solução contendo 5 mL de tampão fosfato citrato 0,02 M, pH 5, 0,5 mL de peróxido de hidrogênio 30% e 0,5 mL de guaiacol. Após, a solução deve ser incubada a 30 °C por 5 minutos e imediatamente resfriada em banho de gelo por 10 minutos. A leitura será realizada em espectrofotômetro no comprimento de onda de 470 nm, e os resultados serão expressos em gramas de polpa fresca por minuto (UAE.g⁻¹.min⁻¹).

2.13.1.12 Análise Estatística

O delineamento experimental será inteiramente casualizado, com esquema fatorial composto por seis tratamentos (T) para primeira etapa e quatro tratamentos para segunda etapa com frutas de maçã (6 T com agentes antioxidantes, 4 T com coberturas comestíveis associadas ao antioxidante de melhor desempenho). Em uma terceira etapa com frutas de pêssego serão 6 tratamentos com agentes antioxidantes. As 3 etapas serão associadas a quatro e cinco períodos (dias) de armazenamento (0; 3; 6 e 9, maçã e 0; 3; 6; 9 e 12, pêssego), apresentando o esquema de 6 x 4; 4 x 4 (maçã) e 6 x 5 (pêssego). A unidade experimental será constituída por uma bandeja com oito fatias de maçãs e de pêssegos com três repetições e os dados das variáveis físico-químicas serão submetidos à análise de variância Anova ($p \leq 0,05$). Quando o efeito da seleção for significativo, realizar-se-á teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade de erro.

2.13.1.13. Resultados Esperados

A partir dos resultados com a utilização dos agentes antioxidantes e revestimentos comestíveis, espera-se obter eficiência na vida de prateleira de maçãs e pêssegos coletados no norte e no sul do Rio Grande do Sul. E desta forma, incrementar os estudos na área de frutos minimamente processados, incentivando o consumo e tanto o potencial comercial como econômico.

2.13.1.14. Custos

Tabela 1. Detalhamento dos custos estimados para execução do projeto

MATERIAIS DE CONSUMO				
MATERIAIS	un.	qtde.	Custo unit. (R\$)	Custo total (R\$)
MATERIAIS DE LABORATÓRIO	-	-	1.000,00	1.000,00
REAGENTES QUÍMICOS	-	-	3.350,00	3.350,00
MATERIAL DE ESCRITÓRIO	-	-	300	300
COMBUSTÍVEL E LUBRIFICANTE	L.	200	4,55	910,00
DIÁRIAS		2	190	380,00
Subtotal				5.940,00
OUTROS SERVIÇOS				
PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS EM PERIÓDICOS	un.	2	1.500,00	3.000,00
PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS	un.	4	350	1.400,00
BANNERS	un.	4	40	160
IMPRESSÃO DE MATERIAL E SERVIÇOS GRÁFICOS	-	-	-	200
Subtotal				4.760,00
TOTAL				10.700,00

2.13.1.15 Cronograma das Atividades

As atividades serão desenvolvidas no laboratório durante os anos de 2019 e 2020 com as frutas de maçã (etapas 1 e 2) e de pêssigo (etapa 3), que serão realizadas após coleta das frutas. Posteriormente, serão exercidas as atividades citadas na metodologia do trabalho. À medida que realizar todas as análises, serão iniciados os procedimentos de avaliação dos resultados e redação dos manuscritos.

MÊS/ETAPAS	2019										2020												2021		
	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	
ESCOLHA DO TEMA	X	X																							
LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
ELABORAÇÃO DO PROJETO		X	X	X	X																				
APRESENTAÇÃO DO PROJETO					X																				
COLETA DE DADOS		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X													
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS		X	X	X	X	X					X	X	X	X	X										
REDAÇÃO DO TRABALHO											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
REVISÃO E REDAÇÃO FINAL																					X	X	X	X	
ENTREGA DA DISSERTAÇÃO																						X	X	X	
DEFESA DA DISSERTAÇÃO																						X	X	X	

2.14. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS (ABRAFRUTAS), 2019. **Maior produtor de frutas do mundo**. Brasília/DF. Editora: copyright, 2019.

AGUAYO, Encarna; REQUEJO-JACKMAN, Cecilia; STANLEY, Roger; WOOLF, Allan. Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. **Postharvest Biology and Technology**, v. 57, p. 52–60, 2010.

AHVENAINEN, Raija. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v.7, 179-187 p. jun.1996.

ARAÚJO, Francisca Marta Machado Casado; MACHADO, Antônio Vitor; VILAS BOAS, Eduardo Valério Barros; CHITARRA, Adinilson Bosco. Caracterização de parede celular de melão minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** (Mossoró, RN), v. 5, n. 2, p. 46 – 53, 2010.

AZEVEDO, Pedro Serafim Rosa; DORNELES, Tayane Capeleto. **Estabilidade de Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) minimamente processado**. 2018.

AWAD, Mohamed; JAGER, Anton.; Van WESTING, Lucie. Marta. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit characterization of variation. **Science Horticultural**, v. 83, n. 3-4, p. 249-263, 2000.

BASTOS, Maria Socorro Rocha. Frutas minimamente processadas: aspectos de qualidade e segurança.59p. **Embrapa Agroindústria Tropical**. Fortaleza. 2006.

BLANSHARD, John; BATES, William; MUHR, Alan Haugh; *et al.* Small-angle neutron scattering studies of starch granule structure. **Carbohydrate Polymers**, v. 4, n. 6, p. 427–442, 1984.

BRACKMANN, Auri; CERETTA, Marcelo; PINTO, Josuel Alfredo Vilela; VENTURINI, Thiago Liberalesso; DAL COL LÚCIO, Alessandri. **Tolerância de maçã ‘Gala’ a baixas temperaturas durante o armazenamento**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 40, n. 9, p. 1909-1915, 2010.

BOTREL, Diego Alvarengaz; SOARES, Nilda Fatima Ferreira; CAMILLOTO, Geany Peruth; FERNANDES, Regiane Victoria Barros. **Revestimento ativo de amido na conservação pós-colheita de pera Williams minimamente processada**. Ciência Rural, v.40, n.8, 2010.

BULENS, Inge; VAN DE POEL, Bran; HERTOOG, Maarthen; DE PROFT, Pascoal. **Influence of harvest time and 1-MCP application on postharvest ripening and ethylene biosynthesis of ‘Jonagold’ apple**. Postharvest Biology and Technology, Amsterdam, v. 72, p. 11–19, Oct. 2012.

CANTILLANO, Rufino. Fernandes. Flores; RIBEIRO, Jardel Araujo; SEIFERT,

Mauricio; NOGUEIRA, Daiane. **Avaliação físico-química de pêssegos cv. Eldorado minimamente processados e armazenados sob refrigeração**. IX Simpósio de Alimentos para a Região Sul. Passo Fundo. 2015.

CENCI, Sergio Agostinho. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem**. Embrapa Agroindústria de Alimentos. Rio de Janeiro. 144 p. 2011.

CHITARRA, Maria Isabel Fernandes; CHITARRA, Adimilson Bosco. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. atual. eampl. v. 1, 783 p. UFLA, Lavras. 2005.

CHITARRA, Maria Isabel Fernandes; CHITARRA, Adimilson Bosco. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990, 320 p.

FACHINELLO, José Carlos.; PASA, Mateus Silveira; SCHIMITZ, Juliano Dutra; BETEMPS, Débora Leitzke. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira da Fruticultura**. 2011.

FIORAVANÇO, João Caetano; GIRARDI, César Luis; CZERMAINSKI, Ana Beatriz Costa; SILVA, Gilda Almeida; NACHTIGALL, Gilmar Ribeiro; OLIVEIRA, Paulo Ricardo Dias. **Cultura da macieira no Rio Grande do Sul: análise situacional e descrição varietal**. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, Agosto, doc. 71, p. 61. 2010.

FURTADO, Celso Monteiro. **Ação de revestimento comestível a base de amido e de antioxidante na conservação de inhame (*Dioscorea spp.*) minimamente processado**. 77f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão –SE, 2013.

PALHARINI, Maria; SANTOS, Claudia; SIMIONATO, Eliane. Dióxido de cloro no controle da microbiota e do escurecimento enzimático de vagem minimamente processada. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 181–188, 2015.

PEREIRA, Gabriella Martiniano; CARLSTROM, Paulo Fernando. **Microbiologia e a Microbiota Humana**. 2017.

MADAIL, João Carlos Medeiros; RAZEIRA, Maria do Carmo Bassols; BELARMINO, Luis Clovis. Economia do pêssego no Brasil. **Pessegueiro. Brasília, DF: EMBRAPA**, p. 687-704, 2014.

Mello, Loiva Maria Ribeiro. Anuário HF 2016. **Revista Campo & Negócios**, 73-74. 2016.

MOHAMAD, Rosfarizan; MOHAMED, Mohd Shamzi; SUHAILI, Nurashikin; SALLEH, Madihah Mohd; ARIFF, Arbakariya. Kojic acid: **Applications and development of fermentation process for production**. Biotechnol. Mol. Biol. Rev. 5(2): 24-37, 2010.

MOSTAFAVI, Hossein Ahari; MIRMAJLESSI, Seyed Mahyar; FATHOLLAHI, Hadi; SHAHBAZI, Samira; MIRJALILI, Seyed Mohammad. **Integrated effect of**

gamma radiation and biocontrol agent on quality parameters of apple fruit: An innovative commercial preservation method. Radiation Physics and Chemistry, v. 91, p. 193-199, Oct. 2013.

NACHTIGALL, Gilmar Ribeiro. Irrigação/fertirrigação em fruticultura de clima temperado no Brasil. In: Embrapa Uva e Vinho-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola**, 45. Florianópolis. Anais Jaboticabal: SBEA, 8p., 2016.

REDAÇÃO GLOBO RURAL 2018. **Produção de Frutas 2018**. São Paulo. Editora Globo S.A. 2019.

ROLLE, ROSA. **Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables: a technical guide**. Bangkok: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. p. 86. 2010.

SANTOS, Joana Silva; OLIVEIRA, Maria Beatriz Prior Pinto. Revisão: alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, p. 1-14, 2012.

SANTOS, Izabella Rodrigues Chaves dos. **Escurecimento enzimático em frutos: polifenoloxidase de atemóia (Annona cherimola Mill. X Annona squamosa L.)**. Aleph, p. 119 f., 2009.

SPADA, Jordana C.; DA SILVA, Everton M.; TESSARO, Isabel C. Production and characterization of pinhão starch biofilms. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 2014, 9.3: 365-369.

SILVA, E. O.; PINTO, P. M.; JACOMINO, A. P.; SILVA, L. T. Processamento mínimo de produtos hortifrutícolas. 71p. Documento 139. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza. 2011.

SOLIVA-FORTUNY, Robert; MIGUEL, Nuria Grigelmo; SRRANO, Isabel; GORINSTEIN, Shela; BELLOSO, Olga Martín. **Browning Evaluation of Ready-to-Eat Apples as affected by Modified Atmosphere Packaging**. J. Agric. Food Chemical. v. 49 3685-3690p. 2001.

VILAS-BOAS, Eduardo; KADER, Adel. **Effect of atmospheric modification, 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana**. Postharvest Biology and Technology, Amsterdam, v. 39, p. 155-162, 2006.

WEBER, Fernanda Hart; COLLARES-QUEIROZ, Fernanda Paula; CHANG, Yoon Kil. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 748-753, 2009.

Anuário Brasileiro de Horti & Fruti 2021 - Editora Gazeta . Disponível em: < <https://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2021/>>. Acessado 15 de julho de 2021.

Buscar | Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - SEAPA. Disponível em:

<<http://www.agricultura.mg.gov.br/index.php/component/search/?all=Perfil+da+fruticultura+2019&area=all>>. Acesso em: 18 dez. 2019.

Clima instável prejudica lavouras e produção de pêssego cai no RS. G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/agronegocios/globorural/noticia/2018/12/23/clima-instavel-prejudica-lavouras-e-producao-de-pesego-cai-no-rs.ghtml>>. Acesso em: 18 dez. 2019.

DAUDT, Renata Moschini. **Estudo das propriedades do amido de pinhão visando a sua utilização como excipiente farmacêutico.** 2012. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/56595>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Boletim Agropecuário Nº 31.** Disponível em: <http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/Boletim_agropecuario/boletim_agropecuario.pdf> Acesso em 20 de dezembro de 2019.

Fruta brasileira tipo exportação. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2019/07/05/fruta-brasileira-tipo-exportacao/>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

Frutas Classe - A importância das frutas na alimentação diária. Disponível em: <<http://www.frutasclasse.com/index.php/pt/sabia-que/105-a-importancia-das-frutas-na-alimentacao>>. Acesso em: 23 dez. 2019.

GREAT FOODS BRASIL. **Ácido eritórico e eritorbato de sódio.** Disponível em: <<http://www.eritorbatodesodio.com.br/eritorbato-de-sodio-2/>> Acesso em: 03 de dez. 2019.

HAMAMURA, Harumi. **Frutas de Clima Subtropical e Temperado.** Unisalesiano, 2019. Disponível em: <http://www.unisalesiano.edu.br/salaEstudo/materiais/p296820d7717/material1.pdf>. Acesso em: 26 de maio de 2020.

OMS | Publicações da OMS. WHO. Disponível em: <<https://www.who.int/eportuguese/publications/pt/>>. Acesso em: 23 dez. 2019.

PÊSSEGO. Disponível em: <<https://www.todafruta.com.br/pesego/>>. Acesso em: 18 dez. 2019.

REDAÇÃO. Quase metade da safra de pêssego está comprometida no RS. **Agro Novas.** Disponível em: <<http://www.agronovas.com.br/quase-metade-da-safra-de-pesego-esta-comprometida-no-rs/>>. Acesso em: 2 jun. 2020.

SPADA, Jordana Corralo. **Uso do amido de pinhão como agente encapsulante.** 2011. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/29404>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

TECNOLOGIA, Imagenet. **MAÇÃ/CEPEA: Retrospectiva 2018.** HF Brasil. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/maca-cepea-retrospectiva-2018.aspx>>. Acesso em: 17 dez. 2019.

WHO | OMS e FAO anunciam estratégia integrada para promover. WHO. Disponível em: <<https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/releases/pr84/en/>>. Acesso em: 23 dez. 2019.

3. Relatório de Campo:

O projeto de pesquisa foi executado no período compreendido entre maio de 2019 e novembro de 2019, em duas etapas que foram desenvolvidos na área de pós-colheita em fruticultura na Embrapa Clima Temperado em Pelotas, no estado do Rio Grande do Sul e desenvolvidos em dois artigos.

As frutas de maçã cultivar ‘Monalisa’ e frutas de pêsego cultivares ‘Citrino e Kampai’ estavam armazenados em câmara fria *in natura* em caixas de papelão e caixas de 18 litros, foram selecionadas e após processados e avaliados durante quatro períodos para frutas de maçãs e cinco períodos para frutas de pêsego (0 dias; 3 dias; 6 dias; 9 dias e 12 dias).

Etapa 1: Teve início em maio de 2019; o processo iniciou-se com a imersão das frutas de maçã para sanitização, corte e fatiamento, após imersas novamente no tratamento desejado, onde possuía diferentes antioxidantes, totalizando em 8 fatias por bandeja (de isopor), 18 bandejas em cada período e 72 bandejas totais em 4 períodos do experimento, após cada período foram realizadas as avaliações físico-químicas, fitoquímicas e compilação dos dados. A etapa teve seu andamento de acordo com o planejado sendo cumprido dentro do tempo esperado, relatando como único problema o baixo potencial dos antioxidantes em manter as mesmas condições iniciais das frutas por 9 dias, que veio por consequência reduzir o prazo de durabilidade das frutas.

Etapa 2: Seu início foi em junho de 2019; o processo iniciou-se com a imersão das frutas de maçã para sanitização, corte e fatiamento, após imersas novamente no tratamento desejado, onde havia antioxidante e coberturas

comestíveis, totalizando em 8 fatias por bandeja (de isopor), 15 bandejas em cada período e 60 bandejas totais em 4 períodos do experimento, após cada período foram realizadas as avaliações físico-químicas, fitoquímicas e compilação dos dados. A etapa teve seu andamento de acordo com o planejado sendo cumprido dentro do tempo esperado, relatando como único problema o baixo potencial dos antioxidantes e das coberturas comestíveis em manter as mesmas condições iniciais das frutas por 9 dias em todas as avaliações, que veio por consequência reduzir o prazo de durabilidade das frutas.

Etapa 3: Iniciou em outubro de 2019 e sua conclusão em novembro de 2019; o processo ocorreu com a imersão das frutas de pêssego das cultivares 'Citrino e Kampai' (cada cultivar, obteve o mesmo processo) no sanitizante, corte e fatiamento, após imersas novamente no tratamento desejado, onde existia diferentes antioxidantes, totalizando em 8 fatias por bandeja (de isopor), 15 bandejas em cada período e 75 bandejas totais em 5 períodos do experimento, após cada período foram realizadas as avaliações físico-químicas. A etapa não teve seu andamento de acordo com o planejado, havendo interrupção por falta de produtos para realização das análises fitoquímicas, e também por fechamento das instituições em função da pandemia, deste modo as avaliações fitoquímicas não foram realizadas nas frutas de pêssego, ficando essas avaliações a serem incluídas no artigo mais tardiamente ou incluídas em outro artigo.

Portanto, neste estudo foi efetuado dois artigos, analisando a qualidade de frutas de maçã minimamente processados.

4. Artigo Desenvolvido

Artigo a ser submetido na revista Brasileira de Fruticultura

1 Área: Fruticultura
2 **Efeito de Agentes Antioxidantes na Qualidade De Maçãs 'Monalisa'**
3 **Minimamente Processadas**

4 Alvaro Batista De Oliveira¹, Paulo Celso De Mello-Farias², Rufino Fernando
5 Flores Cantillano³, Flavio Gilberto Herter⁴, Mateus Da Silveira Pasa⁵

6 1 Engenheiro Agrônomo. Estudante de mestrado em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas. Este trabalho é parte da
7 dissertação de mestrado do primeiro autor. E-mail: abobatista@gmail.com.

8 2 Professor da Universidade Federal de Pelotas. E-mail: mellofarias@yahoo.com.br.

9 3 Pesquisador da Embrapa Clima Temperado. E-mail: fernando.cantillano@embrapa.br.

10 4 Professor da Universidade Federal de Pelotas. Email:flavioherter@gmail.com.

11 5 Professor da Universidade Federal de Pelotas. E-mail: mateus.pasa@gmail.com.

12 **RESUMO**

13 Os alimentos minimamente processados são uma alternativa para as frutas que não
14 se enquadram nas categorias superiores (tamanho, cor, aparência) para a venda *in*
15 *natura*, e também por possibilitar atender o desejo do consumidor. Com isso, surge
16 o objetivo em avaliar os sistemas de conservação pós-colheita em maçãs,
17 utilizando técnicas de processamento mínimo, com agentes antioxidantes,
18 mantendo a qualidade físico-química e compostos bioativos destas frutas
19 minimamente processadas. Foram utilizadas maçãs cv. Monalisa nas quais foram
20 avaliadas as características fitoquímicas e a taxa respiratória. As maçãs foram
21 sanitizadas com hipoclorito de sódio, cortadas em oito fatias longitudinais e em
22 seguida imersas por 1 minuto nos seguintes agentes antioxidantes: A: (Controle)
23 água destilada; ALA: ácido L-ascórbico 2 %; AE: Ácido eritórbito 3 %; ES:
24 Eritorbato de sódio 5%; AK: Ácido kójico 0,07 %; AC: Ácido Cítrico 2 %,
25 associados com 2 % de cloreto de cálcio (CC). Após, acondicionou-se 8 fatias em
26 bandeja de isopor envolta por filme de PVC esticável (9 micra de espessura) e
27 armazenou-se em câmara refrigerada a ± 4 °C e umidade relativa (U.R.) 90 % - 95
28 %. As avaliações fitoquímicas e a taxa respiratória foram realizadas com 0, 3, 6 e
29 9 dias de armazenamento. Os tratamentos aplicados ao longo do tempo de
30 armazenagem preservaram a qualidade das frutas. O tratamentos AE combinado
31 com CC mostrou melhor desempenho na quantificação enzimática
32 polifenoloxidase por 0, 6 e 9 dias, pois retardou o escurecimento da polpa, assim
33 como, ES em conjunto com CC no período de até 6 dias, e para atividade
34 peroxidase AE e ES, ambos com CC, destacaram-se no período de 0, 3 e 6 dias.
35 No dia 9, o aditivo ES apresentou a menor taxa respiratória de O₂, indicando uma
36 menor repiração da fruta. Para taxa repiração CO₂ o antioxidante ES destacou-se
37 com melhor resultado entre os aditivos.

38 **Palavras-Chave:** *Malus domestica*. Minimante processado. Antioxidantes.

39 Escurecimento enzimático.

40 ABSTRACT

41 Minimally processed foods are an alternative for fruits that do not fit into the
42 superior categories (size, color, appearance) for fresh sale, and also because
43 they make it possible to meet the consumer's desire. Thus, the objective arises
44 to evaluate the postharvest conservation systems in apples, using minimal
45 processing techniques, with antioxidant agents, maintaining the physicochemical
46 quality and bioactive compounds of these minimally processed fruits. Apples cv.
47 Monalisa in which the phytochemical characteristics and the respiratory rate were
48 evaluated. The apples were sanitized with sodium hypochlorite, cut into eight
49 longitudinal slices and then immersed for 1 minute in the following antioxidant
50 agents: A: (Control) distilled water; ALA: L-ascorbic acid 2%; AE: Erythorbic acid
51 3%; ES: 5% sodium erythorbate; AK: 0.07% kojic acid; AC: 2% Citric Acid,
52 associated with 2% Calcium Chloride (CC). Afterwards, 8 slices were placed in a
53 Styrofoam tray wrapped in stretchable PVC film (9 microns thick) and stored in a
54 refrigerated chamber at ± 4 °C and relative humidity (R.U.) 90% - 95%.
55 Phytochemical evaluations and respiratory rate were performed at 0, 3, 6 and 9
56 days of storage. The treatments applied over the storage time preserved the
57 quality of the fruit. Treatments AE combined with CC showed better performance
58 in the enzymatic quantification of polyphenoloxidase for 0, 6 and 9 days, as well
59 as ES together with CC for a period of 6 days, and for peroxidase activity AE and
60 ES, both with CC, stood out in the period of 0, 3 and 6 days. On day 9, the ES
61 additive had the lowest O₂ respiratory rate, indicating a lower respiration of the
62 fruit. For CO₂ respiratory rate, the antioxidant ES stood out with the best result
63 among the additives.

64 **Keywords:** *Malus domestica* Borkh. Minimal processing. Antioxidant Agents.
65 Enzymatic browning.

66 INTRODUÇÃO

67 A procura por frutas e hortaliças minimamente processadas vem
68 crescendo no mercado alimentício, tendo em vista o desejo do consumidor por
69 alimentos que mantenham seu frescor e características próximas ao produto in
70 natura (SANTOS, 2012; SILVA, 2017). Devido a essa demanda crescente,
71 aumenta a perspectiva para a expansão de produtos minimamente processados
72 (PMP) como alternativa para produzir alimentos atrativos e prontos para o
73 consumo (SILVA et al., 2011).

74 Na cadeia produtiva da maçã (*Malus domestica* Borkh), as frutas que
75 não se enquadram nas categorias superiores (tamanho, cor, aparência), mesmo
76 tendo as mesmas características nutricionais, são as que têm menor valor agregado
77 para a venda *in natura* e maior o tempo de armazenamento devido à dificuldade de

78 comercialização. Uma alternativa para minimizar esses problemas, é a venda da
79 maçã minimamente processada (MP), pois podem representar forma de, agrega
80 valor ao produto, aproveitar excedentes de produção e ainda propiciar a
81 conveniência durante consumo (RIBEIRO, 2016).

82 O preparo destes produtos tem por característica uma série de etapas,
83 dentre elas, as operações de seleção, lavagem, sanitização, descasque, corte,
84 centrifugação, embalagem, armazenamento, comercialização, entre outros
85 (CENCI, 2011; SEIFERT, 2017). No entanto, essas etapas podem diminuir a sua
86 vida-útil (PEREIRA et al., 2010), além de provocar o escurecimento enzimático.
87 Esses danos nos tecidos e o aumento do metabolismo desencadeiam o
88 escurecimento enzimático, perda de textura, perda d'água, produção de sabores e
89 odores indesejáveis (MARSELLÉS-FONTANET; MARTIN-BELLOSO et al.,
90 2007; PERERA et al., 2010).

91 Existem estratégias para a inibição da atividade enzimática da
92 polifenoloxidase (PFO) e da enzima peroxidase (PO), sem a adição de agentes
93 químicos, mas estes não são suficientemente eficientes (KUMAR et al., 2012). Por
94 isso, faz-se necessário o tratamento dos produtos minimamente processados por
95 imersão em agentes (antioxidantes) após o corte. Estes produtos químicos devem
96 estar autorizados para uso em alimentos, de acordo com a Portaria SES nº 90, 13
97 de fevereiro de 2017, na qual, complementa a Resolução da Diretoria Colegiada -
98 RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002, da Agência Nacional de Vigilância
99 Sanitária (ANVISA) (SECRETARIA DA SAÚDE, 2017). Essa é a maneira mais
100 comum e eficiente para controlar os fenômenos de escurecimento sem a perda das
101 características físico-químicas, nutritivas, sensoriais e microbiológicas. Para
102 atender a demanda dos consumidores, a produção e o consumo de maçãs
103 minimamente processadas deverá continuar a crescer, à medida que mais
104 consumidores exigem alimentos frescos, nutritivos e convenientes para o consumo.
105 No entanto, a indústria ainda enfrenta desafios importantes para a manutenção da
106 qualidade e segurança dos produtos de processamento mínimo, sendo um deles o
107 escurecimento enzimático.

108 Assim, métodos eficazes devem ser desenvolvidos para controlar

109 simultaneamente o escurecimento enzimático e também para dificultarem o
110 crescimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos em maçãs MP (LUO
111 et al., 2011), tal como, Barreto, (2017) ao avaliar coloração da fruta em maçã MP
112 tratadas com ácido ascórbico e ácido cítrico associado com isoascorbato observou
113 menor valor no parâmetro luminosidade a^* , indicando que estes aditivos são uma
114 alternativa para preservar a tonalidade da coloração das frutas. Para Ribeiro, (2015)
115 ao analisar o efeito de antioxidantes em maçã cv. Fuji tratados com ácido
116 eritórbico observou a menor atividade da enzima PFO apenas na avaliação
117 imediata após o processamento. Utilizando como tratamento eritórbato de sódio,
118 ácido kójico juntamente com cloreto de cálcio em pêssegos cultivar Eldorado MP,
119 Nogueira, (2015), os quais mantiveram as mesmas características nutricionais,
120 mantendo a qualidade inicial das frutas.

121 Sendo assim, o presente trabalho visou avaliar as características físico-
122 químicas e fitoquímicas de maçã cv. Monalisa MP sob a aplicação de diferentes
123 antioxidantes (ácido L-ascórbico, ácido eritórbico, ácido kójico e eritórbato de
124 sódio e cloreto de cálcio) quanto à inibição do escurecimento da polpa,
125 preservação das características físico-químicas, fitoquímicas e teste de vida de
126 prateleira de maçãs minimamente processadas, armazenadas em câmara
127 refrigerada.

128 **MATERIAL E MÉTODOS**

129 Este trabalho foi realizado no Núcleo de Alimentos/Laboratório de
130 Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Clima Temperado, localizado na BR 392 km
131 78, em Pelotas- RS.

132 O experimento foi conduzido com maçãs cultivar 'Monalisa' do pomar
133 comercial da empresa Rasip Agropastoril S/A, localizada na Rodovia BR 116, Km
134 33, s/n - Zona Rural, Vacaria – RS, Brasil (50°56'02" S, 28°30'14" W e 900m de
135 altitude). As maçãs passaram por seleção, como o objetivo tornar o lote uniforme
136 quanto ao grau de maturação e ausência de danos mecânicos visíveis ou podridão.
137 Após seleção e aplicação de 1-Metilciclopropeno (1-MCP), usado como um
138 regulador de crescimento vegetal sintético, as frutas foram acondicionadas em
139 caixas de 18 kg. Posterior, transportadas em caminhão baú, sem exposição direta

140 à luz solar, por aproximadamente 6 horas, até a unidade da Embrapa Clima
141 Temperado (Pelotas-RS), onde foram mantidas, através de sistema
142 computadorizado em câmara fria e à $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $90\% \pm 5\%$ de UR até serem
143 preparadas e analisadas.

144 O experimento foi representado por pós-processamento no período de
145 estocagem, simulando o prazo de comercialização (0, 3, 6, 9), contendo aditivos
146 químicos [água destilada como controle, ácido L-ascórbico (ALA), ácido
147 eritórbico (AE), eritorbato de sódio (ES), ácido kójico (AK), ácido cítrico (AC),
148 todos associados com cloreto de cálcio (CC)].

149 As maçãs foram submetidas aos processos de sanitização, preparo das
150 amostras, tratamentos e análises descritas a seguir. Em primeiro lugar, foi realizada
151 a sanitização das maçãs mergulhando-as em uma solução de hipoclorito de sódio
152 200 ppm, com pH 6,5 (o pH deste meio foi ajustado com HCl 1 N) durante 10
153 minutos à temperatura ambiente. Após, as maçãs foram retiradas e cortadas em
154 fatias longitudinais (no formato de gomos), em seguida retirou-se a parte central
155 com as sementes, deixando apenas a polpa.

156 Posteriormente, as fatias de maçãs foram novamente imersas por um
157 minuto em cada um dos seguintes tratamentos (T): A: (Controle) água destilada +
158 cloreto de cálcio 2 % (A); ALA: Ácido L-ascórbico 2 % + cloreto de cálcio 2 %
159 (ALA); AE: Ácido eritórbico 3 % + cloreto de cálcio 2 % (AE); ES: Eritorbato de
160 sódio 5% + cloreto de cálcio 2 % (ES); AK: Ácido kójico 0,07 % + 2 % de cloreto
161 de cálcio (AK) e AC: Ácido cítrico 2 % + 2 % de cloreto de cálcio (AC).

162 A seguir, os frutos foram retirados e colocados em escorredores por 5
163 minutos para remover o excesso de solução. Após, colocou-se um 8 fatias de maçã
164 em bandeja de polietileno cobertas com filme PVC esticável (9 micrometro), sendo
165 as fatias armazenadas em quatro períodos: 0 dias (E0), 3 dias (E3), 6 dias (E6) e 9
166 dias (E9) em câmara fria a uma temperatura aproximada de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ e UR de $\pm 90\%$,
167 simulando o tempo de comercialização do produto.

168 A temperatura e a umidade relativa (UR) das câmaras foram
169 monitoradas por sistema informatizado. Para cada tratamento foram realizadas 3

170 repetições, obtendo 18 bandejas, por período, totalizando 72 bandejas de frutas de
171 maçãs.

172 A determinação da atividade enzimática da Polifenoloxidase (PFO) e
173 Peroxidase (PO) de maçã minimante processada foi realizada em
174 espectrofotômetro MOLECULAR DEVICES-spectramax 190 de acordo com
175 protocolo adaptado de (URITANI, 1980; CAMPOS; SILVEIRA, 2003). O extrato
176 para essas análises foi preparado utilizando 6 gramas da amostra fresca diluindo
177 em 20 mL de tampão fosfato pH 7,0 contendo 1% de polivinilpirrolidona, sendo
178 posteriormente triturada com auxílio de ultra turrax. O extrato foi centrifugado e
179 posteriormente coletado do sobrenadante para análise enzimática.

180 A enzima PFO foi quantificada da seguinte forma: em tubos de Falcon
181 de 15 mL, foram adicionados 1 mL do extrato enzimático da polpa de maçã e
182 também 3,6 mL de tampão fosfato pH 6,5 + 1 mL de pirocatecol na concentração
183 de 0,1 M, sendo posteriormente as amostras levadas para incubação a 30°C por 30
184 minutos, depois foram imediatamente resfriadas em banho de gelo por 10 minutos.
185 A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 395 nm de absorbância e os
186 resultados expressos em gramas de polpa fresca por minuto ($\text{UAE.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

187 A enzima PO foi quantificada da seguinte forma: em tubos de Falcon
188 de 15 mL, retirou-se uma alíquota de 3 mL de extrato enzimático e adicionou-se
189 uma solução contendo 5 mL de tampão fosfato citrato 0,02 M, pH 5, 0,5 mL de
190 peróxido de hidrogênio 30% e 0,5 mL de guaiacol. Após, a solução deve ser
191 incubada a 30 °C por 5 minutos e imediatamente resfriada em banho de gelo por
192 10 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro no comprimento de onda
193 de 470 nm, e os resultados foram expressos em gramas de polpa fresca por minuto
194 ($\text{UAE.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

195 A taxa respiratória foi avaliada conforme Pinela et al. (2016), onde as
196 amostras, também acondicionadas em bandejas de isopor expandido 4 x 15 x 15
197 (altura x largura x largura) e recoberta por filme de policloreto de vinila (PVC) de
198 9 micra. Durante 4 períodos de avaliação foram realizados furos no filme de PVC
199 para retirada de uma porção dos gases, após cada período inutilizava amostra. O
200 teor de CO_2 e O_2 contido no interior da embalagem foram avaliados com auxílio

201 de um analisador portátil de gases Oxybaby 6.0, WITT-GASETECHNIK, D-
202 58454 Witten Germany, previamente calibrado por amostragem do ar atmosférico.
203 Os valores foram expressos em percentagem.

204 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com
205 esquema fatorial composto por seis tratamentos (T) com agentes antioxidantes e
206 quatro períodos de armazenamento, apresentando o esquema de 6 x 4. A unidade
207 experimental foi constituída por uma bandeja com oito fatias de maçãs com três
208 repetições e os dados das variáveis fitoquímicas foram submetidos à análise de
209 variância com o auxílio do programa R Studio 7.0. Quando foi observado efeito
210 significativo ($p \leq 0,05$), realizou-se o teste de comparação de médias (Tukey) ao
211 nível de 5% de probabilidade de erro e também por análise de regressão
212 polinomial.

213 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

214 Observou-se interação significativa entre os fatores período de
215 armazenamento e antioxidantes para a variável atividade enzimática da enzima
216 polifenoloxidase (PFO).

217 Conforme o fator tempo de armazenamento, observou-se diferença
218 significativa para a variável PFO nos tratamentos A, AE, AK e ES, menos para
219 ALA e AC (Tabela 1). Ocorreu uma redução linear para a atividade enzimática à
220 medida que o tempo de armazenamento aumenta para o tratamento controle (A) e
221 o inverso para AE, ou seja, um aumento linear de acordo com tempo de
222 armazenamento. Para os tratamentos ES e AK, observou-se equações quadráticas
223 demonstrando os valores de x (tempo de armazenamento) e y [atividade enzimática
224 polifenoloxidase em ($\text{UAE} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)], sendo para x mínimo ES (2,72) e para y
225 mínimo (900,88) e para x e y máximo AK (4,24) e (2194,09).

226 Para o fator tratamento com antioxidantes houve diferença significativa
227 entre os tratamentos aplicados para a variável atividade enzimática de
228 polifenoloxidase dentro de cada tempo de armazenagem (Tabela 1). No tempo zero
229 os tratamentos A e AC mostraram os valores maiores, diferindo do AE com o
230 menor valor. Em relação ao período de 3 dias de armazenamento, os valores mais

231 altos foram encontrados para os tratamentos A, AK e AC em relação aos
232 tratamentos ALA, AE e ES, e o tratamento ES apontou o menor valor, quando
233 comparado com os outros tratamentos. No sexto dia, o tratamento AK obteve o
234 maior valor em relação aos tratamentos A, ALA, AE e ES, já para o tratamento
235 AE encontrou-se o menor valor para este período. Para o dia (9), o tratamento AC
236 voltou a apresentar o valor mais elevado, contudo o menor valor foi AE.

237 Segundo QI et al. (2011), a atividade da enzima tende a aumentar com
238 o passar dos dias de armazenamento, porém Chiabrando & Giacalone (2012), no
239 seu estudo com tratamentos antioxidantes em maçã, utilizando ácido ascórbico 1
240 % e ácido cítrico 1 %, mencionam que seus resultados diminuíram o efeito da
241 atividade enzimática no decorrer do tempo de armazenamento.

242 Segundo Azevedo (2018), os tratamentos empregados na estabilidade
243 de Yacon minimamente processada, não mostraram diferença significativa durante
244 o período de nove dias de armazenamento para a enzima polifenoloxidase. Na
245 avaliação de maçãs comparando tempos de armazenamento, observou-se a redução
246 da atividade enzimática até o terceiro dia, resultado que corresponde com alguns
247 valores encontrados neste estudo (SEIFERT, 2017). Também Moreno (2016),
248 trabalhando com maçãs Fuji minimamente processadas, encontrou resultados
249 semelhantes com este estudo, porém com aditivo L-cisteína a 0,5% combinado
250 com cloreto de cálcio a 1%. A alta atividade da enzima polifenoloxidase, o alto
251 teor de compostos fenólicos e a exposição ao oxigênio ocorrem pelos processos
252 realizados, como: corte e fatiamento, acelerando a ocorrência do escurecimento,
253 desta forma, é importante a utilização de tratamentos antioxidantes para
254 preservação das frutas e retardar a ocorrência do escurecimento.

255 Observou-se interação significativa entre os tempos de armazenamento
256 e antioxidantes para a variável atividade da enzima peroxidase (PO) em maçãs
257 Monalisa minimamente processadas (Tabela 2).

258 Com relação ao fator tempo de armazenagem, houve diferença
259 significativa para todos os tratamentos aplicados (Tabela 2).

260 Com relação ao fator tratamento com antioxidantes, observou-se
261 diferença significativa entre os tratamentos aplicados para a variável PO dentro de

262 cada tempo de armazenagem, exceto para o nono dia (Tabela 2). No tempo zero, a
263 testemunha (A) apresentou o maior valor que os tratamentos ALA, AE, ES e AC,
264 havendo uma maior atuação da atividade enzimática, conseqüentemente maior o
265 escurecimento da fruta, AE e ES apresentaram os menores valores no tempo zero,
266 indicando a influência dos aditivos na preservação do escurecimento enzimático.
267 O terceiro dia os tratamentos A, ALA e AC apresentaram valores mais elevados
268 que os tratamentos antioxidantes AE e ES, enquanto que o menor valor encontrado
269 foi para o tratamento ES. Em seis dias de armazenagem, apenas o tratamento
270 controle (A) teve o maior valor de atividade enzimática PO, quando comparada
271 com AE, ES e AC.

272 De modo geral, a atividade da enzima peroxidase no decorrer dos dias de
273 armazenagem apresentou uma diminuição, podendo se dizer que os resultados
274 com os tratamentos aplicados foram satisfatórios, pois ocorreu a diminuição da
275 atividade de escurecimento ou descoloração dos tecidos, provindos de reações
276 catalisadas por essa enzima. Enquanto Seifert (2017), trabalhando com maçãs
277 minimamente processadas em diferentes tempos de armazenagem, obteve o
278 aumento da atividade nesta enzima no decorrer dos dias de armazenagem. Porém
279 os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com Ribeiro (2016), que
280 também observou a diminuição da atividade enzimática em maçãs Gala minimamente
281 processadas.

282 Observou-se interação significativa entre os fatores tempos de
283 armazenagem e os tratamentos antioxidantes para a variável da taxa respiratória
284 oxigênio (O_2) em maçãs 'Monalisa' minimamente processadas. (Tabela 3).

285 Considerando-se o fator tempo de armazenagem, houve diferença
286 significativa para os tratamentos AE, ES, AK e AC (Tabela 3). Os tratamentos
287 aplicados apontaram uma redução linear à medida que ocorre o aumento do tempo
288 de armazenagem, exceto A e ALA.

289 Em relação ao fator tratamento com antioxidantes, observou-se
290 diferença significativa entre os agentes aplicados para a variável O_2 apenas no
291 nono dia de avaliação (Tabela 3). Em nove dias de armazenagem, somente a
292 amostra controle (A) teve o maior valor do que os tratamentos AE, ES, AK e AC

293 e o agente ES que apresentou menor valor para este período.

294 Foi possível observar nos resultados da taxa respiratória de O₂ em maçã
295 Monalisa minimamente processadas para o último dia de avaliação, que o agente ES
296 foi eficiente no armazenamento das frutas de maçãs, mantendo o nível de O₂ em
297 menor concentração que o tratamento controle, além disso, de modo geral, notou-se
298 se uma queda dos valores de O₂ nas maçãs minimamente processadas. Felippin
299 (2019) trabalhando com escarola minimamente processada e Seifert (2017) em
300 maçãs minimamente processada também observaram resultados coerentes com
301 este estudo.

302 No armazenamento é necessária uma concentração mínima de O₂ para
303 promover a respiração normal, este nível mínimo para maçã é de 1%. Abaixo desse
304 nível ocorre a produção de compostos tóxicos (álcool e acetaldeído) para a célula,
305 e em consequência comumente ocorrem os distúrbios fisiológicos nas frutas, como
306 o escurecimento no interior do fruto, devido à falta de oxigênio presente na célula
307 (SILVA, 2000).

308 Não houve interação significativa entre os fatores tempo de
309 armazenamento e antioxidantes para variável CO₂ em maçãs ‘Monalisa’
310 minimamente processadas (Tabela 4), ocorrendo apenas interação significativa
311 isolada dos fatores.

312 Considerando-se o fator tempo de armazenamento, a porcentagem de
313 gás carbônico (CO₂) expressou uma equação quadrática com o valor de x mínimo
314 (tempo de armazenamento) de 3,77 e valor de y mínimo (porcentagem de CO₂) de
315 0,46 (Tabela 4).

316 Em relação ao fator tratamento, observou-se para a variável
317 porcentagem de CO₂, que o tratamento ES apresentou o maior valor e o tratamento
318 ALA o menor valor (Tabela 4).

319 Nos resultados encontrados por Seifert (2017) em maçãs Gala
320 minimamente processadas, em diferentes tempos de armazenamento, observou esta
321 mesma redução, no entanto, alguns valores foram superiores ao deste estudo.

322 Os frutos armazenados em câmara fria podem sofrer distúrbios com a
323 alta concentração de gás carbônico, apresentando uma retenção firme do produto

324 e alterações do sabor e aroma. Com isso, para maçã o nível máximo tolerado é de
325 2 % de CO₂ (SILVA, 2000), portanto este estudo está de acordo com máximo
326 tolerado.

327 Quanto maior a concentração de CO₂, e menor a de O₂, maior será o
328 retardamento da respiração e, conseqüentemente, será retardado o amadurecimento
329 do produto (CHITARRA, 2005).

330 **CONCLUSÃO**

331 De acordo com os tratamentos aplicados nas maçãs cultivar. Monalisa
332 minimamente processadas, ao longo do período de armazenamento, preservaram a
333 qualidade das frutas. Os tratamentos com ácido eritórbico 3 % e eritorbato de sódio
334 5 % combinados com cloreto de cálcio 2 % foram eficientes em retardar a atividade
335 enzimática polifenoloxidase por 9 dias. Na avaliação da taxa respiratória em 9 dias,
336 somente o antioxidante eritorbato de sódio 5 % com cloreto de cálcio 2 % teve o
337 principal destaque, pois apresentou menor taxa respiratória de O₂ e maior taxa
338 respiratória de CO₂, retardando o amadurecimento das frutas de maçãs.

339 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

340 AZEVEDO, P. S. R.; DORNELES, T. C. Estabilidade de Yacon (*Smallanthus*
341 *sonchifolius*) minimamente processado. 2018.

342 BARRETO, C.F.B., KIRINUS, M.B.M., SILVA, P.S., FARIAS, R.M.,
343 MALGARIM, M.B., MARTINS, C.R. Uso de aditivos na qualidade de maçãs
344 minimamente processadas. In: **II Congresso Brasileiro de Processamento**
345 **mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**, 002. Anais... Ponta Grossa
346 - PR. 2017.

347 CAMPOS, A. D.; SILVEIRA, E. L. Metodologia para determinação da peroxidase
348 e do polifenol oxidase em plantas. **Embrapa Clima Temperado-Comunicado**
349 **Técnico (INFOTECA-E)**, 2003.

350 CENCI, S. A. Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade

- 351 e sistemas de embalagem. Embrapa Agroindústria de Alimentos. Rio de Janeiro.
352 144 p. 2011.
- 353 CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças:
354 fisiologia e manuseio. 2. ed. atual. eampl. v. 1, 783 p. UFLA, Lavras. 2005.
- 355 CHIABRANDO, V.; GIACALONE, G. Effect of antibrowning agents on color
356 and related enzymes in fresh-cut apples during cold storage. *Journal of Food*
357 *Processing and Preservation*, 36: 133–140, Italy, 2012.
- 358 FELIPPIN, B. L. **Aditivos para a redução do escurecimento enzimático de**
359 **escarola minimamente processada**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de
360 São Paulo.
- 361 KUMAR, S.; MISHRA, B.; SAXENA, S.; BANDYOPADHYAY, N.; MORE, V.;
362 WADHAWAN, S.; HAJARE, S.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Inhibition of
363 pericarp browning and shelf life extension of litchi by combination dip treatment
364 and radiation processing. *Food Chemistry*, 131, 1223– 1232. 2012.
- 365 MARSELLÉS-FONTANET, A. R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Optimization and
366 validation of PEF processing conditions to inactivate oxidative enzymes of grape
367 juice. *Journal of Food Engineering* v. 83, p. 452–462, 2007.
- 368 MORAES, G. M. D.D.; LIMA, A. A.; FREITAS, A. T. C. Uso de galactomanana
369 da semente de *Caesalpinia pulcherrima* no revestimento de cenoura minimamente
370 processada. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 1, p. 51-56, 2020.
- 371 MORENO, M. B.; CANTILLANO, R. F. F.; ROMBALDI, C. V.; MANICA-
372 BERTO, R. Qualidade de maçã ‘Fuji’ minimamente processada sob
373 armazenamento refrigerado e tratamento com aditivos. **Revista Brasileira de**
374 **Fruticultura**, v. 38, n. 4, 2016.
- 375 PERERA, N.; GAMAGE, T. V.; WAKELING, L.; GAMLATH, G. G. S.;
376 VERSTEEG, C. Colour and texture of apples high pressure processed in pineapple
377 juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Berlin, v. 11, n. 3,

378 p. 39-46, 2010.

379 PINELA, J.; BARREIRA, J. C. M.; BARROS, L.; ANTONIO, A. L.;
380 CARVALHO, A. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; FERREIRA, I. C. F. R. Postharvest
381 quality changes in fresh-cut watercress stored under conventional and inert gas-
382 enriched modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*.
383 112, 55–63. 2016.

384 QI, H.; HU, W.; JIANG, A.; TIAN, M. Extending shelf life of fresh-cut ‘Fuji’
385 apples with chitosancoatings. **Innovative Food Science & Emerging**
386 **Technologies**, Berlin, v. 12, n. 1, p. 62-66, 2011.

387 RIBEIRO, J. A.; SEIFERT, M.; NORA, L.; FLORES CANTILLANO, R. F.;
388 SILVEIRA, C.; Maçã cv. Fuji minimamente processada e tratada com difentes
389 antioxidantes: atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase. **Embrapa**
390 **Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Simposio De
391 Alimentos, 9., 2015, Passo Fundo. A indústria de alimentos e a saúde do
392 consumidor:[anais]. Passo Fundo: UPF. Tecnologia de alimentos, trabalho T34. 6
393 p. 2015.

394 RIBEIRO, L. A.; SEIFERT, M.; NORA, L.; CANTILLANO, R. F. F. Avaliação
395 físico-química de maçãs cv. Fuji minimamente processadas, tratadas com
396 antioxidantes e armazenadas sob refrigeração. **Embrapa Clima Temperado-**
397 **Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Simposio De Alimentos, 9., 2016, Passo
398 Fundo. A indústria de alimentos e a saúde do consumidor:[anais]. Passo Fundo:
399 UPF, 2016. Tecnologia de alimentos, trabalho T24. 6 p., 2016.

400 SANTOS, Joana Silva; OLIVEIRA, Maria Beatriz Prior Pinto. Revisão: alimentos
401 frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. **Brazilian**
402 **Journal of Food Technology**, v. 15, p. 1-14, 2012.

403 SEIFERT, M. Efeito do tempo de armazenamento refrgerado de maçã cv. ‘Gala’,
404 in natura: na qualidade sensorial, físico-química e bioquímica de produto
405 minimamente processado em fatia, com epiderme, tratado com eritorbato de sódio

- 406 e três diferentes coberturas comestíveis. 2017.
- 407 SILVA, J. de S.; FINGER, F. L.; CORRÊA, P. C. Armazenamento de frutas e
408 hortaliças. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas. Viçosa: Editora**
409 **Aprenda Fácil**, p. 469-502, 2000.
- 410 SILVA, E. O.; PINTO, P. M.; JACOMINO, A. P.; SILVA, L. T. Processamento
411 mínimo de produtos hortifrutícolas. 71p. Documento 139. **Embrapa**
412 **Agroindústria Tropical**, Fortaleza. 2011.
- 413 SILVA, I. C. P.; VIEIRA, S. L. V.; Alimentos minimamente processados: Práticas
414 de produção e Risco de Contaminantes. Artigo, v.21, n. 01, p.26-38, 2017.
- 415 URITANI, I.; ASAH, T. Respiração e atividade metabólica relacionada em
416 tecidos feridos e infectados. In: Metabolism and Respiration . Academic Press,
417 1980. p. 463-485.
- 418 **Anuário Brasileiro de Horti & Fruti 2021** - Editora Gazeta. Disponível em:
419 <<http://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2021/>>.
420 Acesso em: 25 jun. 2021.
- 421 SECRETARIA DA SAÚDE, 2017. Ministério da Saúde. Disponível: <
422 https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.htm
423 1>. Acessado em 12 de setembro de 2021.
- 424
- 425
- 426
- 427
- 428
- 429

430 TABELAS

431 **Tabela 1.** Quantificação da atividade enzimática polifenoloxidase (unidade por
 432 grama de fruta fresca por minuto (UAE.g-1.min-1)), em maçãs cv. Monalisa
 433 minimamente processadas, tratadas com diferentes agentes antioxidantes (A,
 434 ALA, AE, ES, AK e AC) e armazenadas por 0, 3, 6 e 9 dias em câmara refrigerada
 435 a 4 °C e U.R. de 90 % - 95%. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2019.

T	Valores médios da Atividade Enzimática Polifenoloxidase (UAE.g-1.min-1)				P (≤0,05)	Valor de R ²	Equação de Regressão	x	y
	Dias de Armazenamento								
	0	3	6	9					
A	2032.77 a	1949.44 ab	1341.66 bc	1586.66 abc	0.001***	0.60	y = -64.87x + 2019.6	-	-
ALA	1141.11 bc	1474.44 bc	1454.44 bc	1577.77 abc	ns	-	-	-	-
AE	746.11 c	1051.11 cd	1136.11 c	1286.66 c	0.001***	0.93	y = 56.889x + 799	-	-
ES	1167.77 bc	711.11 d	1384.44 bc	1909.44 ab	0.001***	0.89	y = 27.269x ² - 148.81x + 1103.9	2.72 mi	900.88 mi
AK	1601.11 ab	2062.22 a	2167.22 a	1393.33 bc	0.001***	0.96	y = -34.306x ² + 291.47x + 1575	4.24 ma	2194.09 ma
AC	1820.00 a	1762.22 ab	1749.44 ab	2123.88 a	ns	-	-	-	-

436

437 **Nota:** Médias na linha, ns = não significativo, p<= 0,05* (significativo), p<= 0.01** (fortemente
 438 significativo), p<= 0.001*** (extremamente significativo). Valores seguidos por letras distintas na coluna
 439 indicam diferenças significativas entre os tratamentos (T) no dia de armazenamento. Valores de x e y
 440 seguidos por letras mi (mínimo) e ma (máximo), referem-se a valores máximo ou mínimos de x ou y. A
 441 (Controle - água destilada + de cloreto de cálcio 2 %); ALA: (Ácido ascórbico 2 % + cloreto de cálcio 2
 442 %); AE: (Ácido eritórbito 3 % + cloreto de cálcio 2 %); ES: (Eritorbato de sódio 5 % + cloreto de cálcio 2
 443 %); AK: (Ácido kójico 0.07 % + cloreto de cálcio 2 %) e AC: (Ácido cítrico 2 % + cloreto de cálcio 2 %).

444 **Tabela 2.** Quantificação da atividade enzimática peroxidase (unidade por grama
 445 de fruta fresca por minuto (UAE.g-1.min-1)), em maçãs cv. Monalisa
 446 minimamente processadas, tratadas com diferentes agentes antioxidantes (A,
 447 ALA, AE, ES, AK e AC) e armazenadas por 0, 3, 6 e 9 dias em câmara refrigerada
 448 a 4 °C e U.R. de 90 % - 95%. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2019.

T	Valores médios da Atividade Enzimática Peroxidase (UAE.g-1. min-1)				P (≤0,05)	Valor de R ²	Equação de Regressão	x máx	y máx
	Dias de Armazenamento								
	0	3	6	9					
A	527.77 a	230.00 a	251.48 a	186.66	0.001***	0,89	y = 6.4712x ² - 91.636x + 507.5	7,08	183,10
ALA	441.11 b	194.25 a	213.14 ab	202.03	0.001***	0,90	y = 6.5484x ² - 82.213x + 426.32	6,28	168,28
AE	292.40 c	124.25 bc	184.07 b	151.85	0.001***	0,69	y = 3.7757x ² - 46.043x + 276.41	6,10	136,04
ES	333.70 c	78.51 c	185.92 b	199.62	0.001***	0,68	y = 7.4691x ² - 77.049x + 310.89	5,16	112,10
AK	464.62 ab	176.11 ab	188.88 ab	160.55	0.001***	0,91	y = 7.2274x ² - 95.028x + 447.51	6,57	135,15
AC	450.92 b	200.55 a	182.96 b	206,85	0.001***	0,96	y = 7.6183x ² - 93.559x + 441.36	6,14	154,11

449

450 **Nota:** Médias na linha, ns = não significativo, p<= 0,05* (significativo), p<= 0.01** (fortemente
 451 significativo), p<= 0.001*** (extremamente significativo). Valores seguidos por letras distintas na coluna
 452 indicam diferenças significativas entre os tratamentos (T) no dia de armazenamento. A (Controle - água

453 destilada + de cloreto de cálcio 2 %); ALA: (Ácido ascórbico 2 % + cloreto de cálcio 2 %); AE: (Ácido
 454 eritórbito 3 % + cloreto de cálcio 2 %); ES: (Eritorbato de sódio 5 % + cloreto de cálcio 2 %); AK: (Ácido
 455 kójico 0.07 % + cloreto de cálcio 2 %) e AC: (Ácido cítrico 2 % + cloreto de cálcio 2 %).

456 **Tabela 3.** Taxa respiratória (porcentagem de O₂) em maçãs cv. Monalisa
 457 minimamente processadas, tratadas com diferentes agentes antioxidantes (A,
 458 ALA, AE, ES, AK e AC) e armazenadas por 0, 3, 6 e 9 dias em câmara refrigerada
 459 a 4 °C e U.R. de 90 % - 95%. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2019.

T	Valores médios para Taxa respiratória (porcentagem de O ₂)				P (<=0,05)	Valor de Equação de Regressão	x máx	y máx	
	Dias de Armazenamento								
	0	3	6	9					
A	20.16	20.06	20.06	20.5 a	ns	-	-	-	
ALA	19.66	20.33	20.1	20 ab	ns	-	-	-	
AE	20.43	19.7	19.56	19.26 bc	0.01*	0.89	y = -0.1211x + 20.287	-	-
ES	19.76	19.76	19.3	18.56 c	0.001***	0.85	y = -0.1356x + 19.96	-	-
AK	19.93	19.96	19.0	19.2 bc	0.01*	0.67	y = -0.1056x + 20	-	-
AC	20.13	20.4	19.03	19.16 bc	0.001***	0.64	y = -0.1422x + 20.323	-	-

460
 461 **Nota:** Médias na linha, ns = não significativo, p<= 0,05* (significativo), p<= 0.01** (fortemente
 462 significativo), p<= 0.001*** (extremamente significativo). Valores seguidos por letras distintas na coluna
 463 indicam diferenças significativas entre os tratamentos (T) no dia de armazenamento. A (Controle - água
 464 destilada + de cloreto de cálcio 2 %); ALA: (Ácido ascórbico 2 % + cloreto de cálcio 2 %); AE: (Ácido
 465 eritórbito 3 % + cloreto de cálcio 2 %); ES: (Eritorbato de sódio 5 % + cloreto de cálcio 2 %); AK: (Ácido
 466 kójico 0.07 % + cloreto de cálcio 2 %) e AC: (Ácido cítrico 2 % + cloreto de cálcio 2 %).

467
 468
 469
 470
 471
 472
 473
 474
 475
 476
 477
 478
 479
 480
 481
 482
 483
 484
 485
 486
 487

488 **Tabela 4.** Taxa respiratória (porcentagem de CO₂) em maçãs cv. Monalisa
 489 minimamente processadas, tratadas com diferentes agentes antioxidantes (A,
 490 ALA, AE, ES, AK e AC) e armazenadas por 0, 3, 6 e 9 dias em câmara refrigerada
 491 a 4 °C e U.R. de 90 % - 95%. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2019.

Tratamentos	Taxa respiratória (% CO ₂)
A	0.6 ab
ES	0.79 a
AE	0.71 ab
AK	0.57 ab
AC	0.56 ab
ALA	0.50 b
P<=0,05	0.03*
Tempo armazenamento	
0	0.71
3	0.31
6	0.68
9	0.79
P (<=0,05)	0.001***
Valor de R ²	0.6026
Equação de Regressão	$y = 0.014x^2 - 0.1055x + 0.6586$
Valor x	3.76
Valor y	0.45

492

493 **Nota:** Médias na linha, ns = não significativo, p<= 0,05* (significativo), p<= 0.01** (fortemente
 494 significativo). Valores seguidos por letras distintas na coluna indicam diferenças significativas entre os
 495 tratamentos (T) no dia de armazenamento. A (Controle - água destilada + de cloreto de cálcio 2 %); ALA:
 496 (Ácido ascórbico 2 % + cloreto de cálcio 2 %); AE: (Ácido eritórbico 3 % + cloreto de cálcio 2 %); ES:
 497 (Eritorbato de sódio 5 % + cloreto de cálcio 2 %); AK: (Ácido kójico 0.07 % + cloreto de cálcio 2 %) e
 498 AC: (Ácido cítrico 2 % + cloreto de cálcio 2 %).

499

500

501

502

503

504

505

506

5. Artigo Desenvolvido

Artigo a ser submetido na revista Brasileira de Fruticultura

1 Área: Fruticultura
2 **Qualidade De Maçãs 'Monalisa' Minimamente Processadas Com**
3 **Antioxidantes e Coberturas Comestíveis**

4 Alvaro Batista De Oliveira¹, Paulo Celso De Mello Farias², Rufino Fernando
5 Flores Cantillano³, Flavio Gilberto Herter⁴, Mateus Da Silveira Pasa⁵

6 1 Engenheiro Agrônomo. Estudante de mestrado em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas. Este trabalho é parte da
7 dissertação de mestrado do primeiro autor. E-mail: abobatista@gmail.com.

8 2 Professor da Universidade Federal de Pelotas. E-mail: mellofarias@yahoo.com.br.

9 3 Pesquisador da Embrapa Clima Temperado. E-mail: fernando.cantillano@embrapa.br.

10 4 Professor da Universidade Federal de Pelotas. Email:flavioherter@gmail.com.

11 5 Professor da Universidade Federal de Pelotas. E-mail: mateus.pasa@gmail.com.

12 **RESUMO**

13 Frutas minimamente processadas são uma alternativa de agregar valor a produtos que
14 possuem dificuldade de comercialização, facilitar o consumo pelo cliente, seja
15 pela agilidade, eficácia e exigência na qualidade. Com isso, surge a importância
16 em avaliar os sistemas de conservação pós-colheita em maçã, utilizando técnicas
17 de processamento mínimo, com agentes antioxidantes e coberturas comestíveis,
18 mantendo a qualidade físico-química e compostos bioativos destas frutas
19 minimamente processadas. Foram utilizadas maçãs da cultivar Monalisa, nas quais
20 foram avaliadas as características fitoquímicas. As maçãs foram sanitizadas com
21 hipoclorito de sódio, cortadas e em seguida imersas por 1 minuto nos seguintes
22 tratamentos antioxidantes e coberturas comestíveis: ES + A: (Controle) água
23 destilada + eritorbato de sódio 5% ; ES + FM: eritorbato de sódio 5% + fécula de
24 mandioca 3%; ES + AS: Eritorbato de sódio 5% + alginato de sódio 3 %; ES +
25 AM: Eritorbato de sódio 5 % + amido de milho ceroso 6 % e ES + AP: Eritorbato
26 de sódio 5 % + amido de pinhão 3 % , sendo que, todos os tratamentos foram
27 associados com 1 % de cloreto de cálcio (CC). Após, acondicionou-se 8 fatias em
28 bandeja de polietileno envolta por filme de PVC esticável e armazenou-se em
29 câmara refrigerada a $\pm 4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa (U.R.) 90 % - 95 %. As
30 avaliações fitoquímicas foram realizadas com 0, 3, 6 e 9 dias de armazenamento.
31 Os tratamentos aplicados mantiveram a qualidade das frutas minimamente
32 processadas. A amostra controle (ES + A + CC) destacou-se durante o período de
33 9 dias, pois ocorreu o decréscimo da atividade das duas enzimas (polifenoloxidase
34 e peroxidase), conseqüentemente foi menor o escurecimento da polpa da fruta. O
35 tratamento com fécula de mandioca e amido de pinhão adjuntos com cloreto de
36 cálcio e eritorbato de sódio foram eficientes em preservar o escurecimento (da
37 enzima polifenoloxidase) da polpa da fruta no dia 9. Já para tratamento de amido
38 de milho ceroso associados com ES e CC a atividade da enzima foi menor no
39 período de 0 e 6 dias, mantendo a qualidade e retardando o escurecimento.

40 **Palavras-Chave:** *Malus domestica*. Minimante processado. Aditivos. Coberturas
41 comestíveis. Escurecimento enzimático.

42 **ABSTRACT**

43 Minimant processed fruits are an alternative to add value to products that are
44 difficult to sell, facilitate consumption by the customer, whether due to agility,
45 efficiency and quality requirements. Thus, the importance of evaluating
46 postharvest conservation systems for apples emerges, using minimal processing
47 techniques, with antioxidant agents and edible coatings, maintaining the
48 physicochemical quality and bioactive compounds of these minimally processed
49 fruits. Apples of the cultivar Monalisa were used, in which the phytochemical
50 characteristics were evaluated. The apples were sanitized with sodium
51 hypochlorite, cut and then immersed for 1 minute in the following antioxidant
52 treatments and edible coatings: ES + A: (Control) distilled water + 5% sodium
53 erythorbate; ES + FM: 5% sodium erythorbate + 3% cassava starch; ES + AS: 5%
54 sodium erythorbate + 3% sodium alginate; ES + AM: 5% sodium erythorbate +
55 6% waxy corn starch and ES + AP: 5% sodium erythorbate + 3% pine starch, and
56 all treatments were associated with 1% calcium chloride (CC). Afterwards, 8 slices
57 were placed in a polyethylene tray wrapped in stretchable PVC film and stored in
58 a refrigerated chamber at $\pm 4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ and relative humidity (R.U.) 90% - 95%.
59 Phytochemical evaluations were carried out with 0, 3, 6 and 9 days of storage. The
60 treatments applied maintained the quality of the minimally processed fruit. The
61 control sample (ES + A + CC) stood out during the 9-day period, as the activity of
62 the two enzymes (polyphenoloxidase and peroxidase) decreased, consequently, the
63 browning of the fruit pulp was lower. The treatment with cassava starch and pine
64 nuts together with calcium chloride and sodium erythorbate were efficient in
65 preserving the browning (of the polyphenoloxidase enzyme) of the fruit pulp on
66 day 9. As for the treatment of waxy corn starch associated with ES and CC enzyme
67 activity was lower in the period of 0 and 6 days, maintaining the quality and
68 delaying the browning.

69 **Keywords:** *Malus domestica*. Minimal processing. Antioxidant Agent and Edible
70 toppings. Enzymatic browning.

71

72 **INTRODUÇÃO**

73 No Brasil, os produtos minimamente processados têm uso recente e
74 ganham cada vez mais espaço no comércio. Isso se deve às mudanças no cotidiano
75 da população, que busca rapidez no preparo dos alimentos e as mesmas
76 características da fruta *in natura*, uma vez que, este tipo de produto é apresentado
77 ao consumidor de forma que esteja pronto para o consumo. Deste modo, a
78 progressiva demanda por frutas minimamente processadas, cabe a necessidade de

79 aprimorar os conhecimentos nesta área e buscar produzir produtos de qualidade e
80 atrativos (MENDONÇA et. al., 2019).

81 Determinadas frutas não se encaixam nas características (tamanho, cor,
82 aparência e valor nutricional) desejáveis para venda *in natura*, em especial as
83 maçãs (*Malus domestica* Borkh). Devido à dificuldade de comercialização dessas
84 maçãs e com objetivo de reduzir o desperdício, uma alternativa para minimizar
85 esses problemas, é a venda da maçã minimamente processada (MP), de forma que,
86 propicie um alto valor agregado ao produto, praticidade no consumo e
87 aproveitamento de remanescentes (RIBEIRO, 2016).

88 Para a obtenção de produtos MP são necessárias algumas etapas, dentre
89 elas, as operações de seleção, lavagem, sanitização, descasque, corte,
90 centrifugação, embalagem, armazenamento, comercialização, entre outras
91 (CENCI, 2011; SEIFERT, 2017). Porém, essas etapas podem diminuir a sua vida-
92 útil (PEREIRA et al., 2010), além de provocar o escurecimento enzimático. O
93 efeito desses processos nos tecidos eleva o aumento do metabolismo e desencadeia
94 o escurecimento enzimático, ocasionando perda de textura, perda d'água, produção
95 de sabores e odores indesejáveis (PERERA et al., 2010; RIBEIRO, 2016).

96 Hoje em dia existem estratégias para a inibição da atividade enzimática
97 da Polifenoloxidase (PFO) e da Peroxidase (PO), sem a adição de agentes
98 químicos, no entanto, não são suficientemente eficientes (KUMAR et al., 2012). A
99 partir disso, faz-se necessário o tratamento dos produtos minimamente processados
100 por imersão em agentes (antioxidantes e coberturas comestíveis) após o corte.
101 Estes produtos químicos devem estar autorizados para uso em alimentos, de acordo
102 com a Portaria SES nº 90, 13 de fevereiro de 2017, na qual, complementa a
103 Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002, da
104 Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (SECRETARIA DA
105 SAÚDE, 2017). Este método é mais comum e eficiente para controlar os
106 fenômenos de escurecimento sem a perda das propriedades físico-químicas,
107 nutritivas, sensoriais. Em virtude de atender o público consumidor, a produção e
108 o consumo de maçãs minimamente processadas tende a aumentar, à medida que mais
109 consumidores exigem alimentos frescos, nutritivos e convenientes para o consumo.

110 Apesar disso, grandes desafios ainda são enfrentados nas indústrias para a
111 manutenção da integridade, qualidade e segurança dos produtos de processamento
112 mínimo, sendo um deles o escurecimento enzimático.

113 Dessa maneira, métodos mais eficientes devem ser desenvolvidos para
114 controlar simultaneamente o escurecimento enzimático e também retardar o
115 crescimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos em maçãs MP (LUO
116 et al., 2011).

117 Deste modo, este estudo visou avaliar as características físico-
118 químicas e fitoquímicas de maçã cultivar Monalisa minimamente processada sob
119 a aplicação de antioxidantes adjuntos com coberturas comestíveis. Esta pesquisa
120 objetiva a inibição do escurecimento da polpa, preservação das características
121 físico-químicas, fitoquímicas e simulação de comercialização de maçãs
122 minimamente processadas, armazenadas em ambiente refrigerado.

123 MATERIAL E MÉTODOS

124 Este trabalho foi realizado no Núcleo de Alimentos/Laboratório de
125 Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Clima Temperado, localizado na BR 392 km
126 78, em Pelotas- RS.

127 O experimento foi conduzido com maçãs cultivar 'Monalisa' do pomar
128 comercial da empresa Rasip Agropastoril S/A, localizada na Rodovia BR 116, Km
129 33, s/n - Zona Rural, Vacaria – RS, Brasil (50°56'02” S, 28°30'14” W e 900m de
130 altitude). As maçãs passaram por seleção, como o objetivo tornar o lote uniforme
131 quanto ao grau de maturação e ausência de danos mecânicos visíveis ou podridão.
132 Após seleção e aplicação de 1-MCP as frutas foram acondicionadas em caixas de
133 18 kg. Posteriormente as frutas foram transportadas em caminhão baú, sem
134 exposição direta à luz solar, por aproximadamente 6 horas, até a unidade da
135 Embrapa Clima Temperado (Pelotas-RS), onde foram armazenadas em câmara fria
136 à $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $90\% \pm 5\%$ de UR até serem preparadas e analisadas.

137 O experimento foi representado por pós-processamento no período de
138 estocagem, simulando o prazo de comercialização (0, 3, 6, 9), contendo aditivos
139 químicos [água destilada + eritorbato de sódio (ES) como controle, eritorbato de

140 sódio (ES) + fécula de mandioca (FM), eritorbato de sódio (ES) + alginato de sódio
141 (AG), eritorbato de sódio (ES) + amido modificado (AM), eritorbato de sódio (ES)
142 + amido de pinhão (AP), juntamente com cloreto de cálcio (CC)].

143 As maçãs foram submetidas aos processos de sanitização, preparo das
144 amostras, tratamentos e análises descritas a seguir. Em primeiro lugar, foi realizada
145 a sanitização das maçãs mergulhando-as em uma solução de hipoclorito de sódio
146 200 ppm, com pH 6,5 (o pH deste meio foi ajustado com HCl 1 N) durante 10
147 minutos à temperatura ambiente. Após, as maçãs foram retiradas e cortadas em
148 fatias longitudinais (no formato de gomos), em seguida retirou-se a parte central
149 com as sementes, deixando apenas a polpa.

150 Posteriormente, as fatias de maçãs foram novamente imersas por um
151 minuto em cada um dos seguintes tratamentos (T): ES + A: (Controle) água
152 destilada + eritorbato de sódio 5% + cloreto de cálcio 1 % (ES + A); ES + FM:
153 eritorbato de sódio 5% + fécula de mandioca 3% + cloreto de cálcio 1 % (ES +
154 FM); ES + AS: Eritorbato de sódio 5% + alginato de sódio 3 % + cloreto de cálcio
155 1 % (ES+ AS); ES + AM: Eritorbato de sódio 5 % + amido de milho ceroso 6 %
156 + cloreto de cálcio 1 % (ES + AM) e ES + AP: Eritorbato de sódio 5 % + amido
157 de pinhão 3 % + 1 % de cloreto de cálcio (ES + AP).

158 A seguir, os frutos foram retirados e colocados em escorredores por 5
159 minutos para remover o excesso de solução. Após, colocou-se um número de fatias
160 de maçã em bandeja (15 x 15 cm) de polietileno cobertas com filme PVC esticável
161 (9 micra), sendo as fatias armazenadas em quatro períodos: 0 dias (E0), 3 dias (E3),
162 6 dias (E6) e 9 dias (E9) em câmara fria a uma temperatura aproximada de 4 °C e
163 UR de ± 90 %, simulando o tempo de comercialização do produto.

164 A temperatura e a umidade relativa (UR) das câmaras foram
165 monitoradas por sistema informatizado. Para cada tratamento foram realizadas 3
166 repetições, obtendo 15 bandejas, por período, totalizando 60 bandejas de frutas de
167 maçãs.

168 A determinação da atividade enzimática da Polifenoloxidase (PFO) e
169 Peroxidase (PO) de frutas de maçã foi realizada em espectrofotômetro

170 MOLECULAR DEVICES-spectramax 190 de acordo com protocolo adaptado de
171 Uritani (1980); Campos e Silveira (2003). O extrato para essas análises foi
172 preparado utilizando 6 gramas da amostra fresca diluindo em 20 mL de tampão
173 fosfato pH 7,0 contendo 1% de polivinilpirrolidona PVPP, sendo posteriormente
174 triturada com auxílio de ultra turrax. O extrato foi centrifugado e posteriormente
175 coletado do sobrenadante para análise enzimática.

176 A enzima PFO foi quantificada da seguinte forma: em tubos de Falcon
177 de 15 mL, foram adicionados 1 mL do extrato enzimático da fruta de maçã e
178 também 3,6 mL de tampão fosfato pH 6,5 + 1 mL de pirocatecol na concentração
179 de 0,1 M, posteriormente as amostras foram levadas para incubação a 30°C por 30
180 minutos, sendo depois imediatamente resfriadas em banho de gelo por 10 minutos.
181 A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 395 nm de absorbância e os
182 resultados expressos em gramas de polpa fresca por minuto ($\text{UAE.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

183 A enzima PO foi quantificada da seguinte forma: em tubos de Falcon
184 de 15 mL, retirou-se uma alíquota de 3 mL de extrato enzimático e adicionou-se
185 uma solução contendo 5 mL de tampão fosfato citrato 0,02 M, pH 5, 0,5 mL de
186 peróxido de hidrogênio 30% e 0,5 mL de guaiacol. Após, a solução deve ser
187 incubada a 30°C por 5 minutos e imediatamente resfriada em banho de gelo por 10
188 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro no comprimento de onda de
189 470 nm, e os resultados foram expressos em gramas de polpa fresca por minuto
190 ($\text{UAE.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

191 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com
192 esquema fatorial composto por cinco tratamentos (T) com agente antioxidante e
193 coberturas comestíveis e quatro períodos de armazenamento, apresentando o
194 esquema de 5 x 4. A unidade experimental foi constituída por uma bandeja com
195 oito fatias de maçãs com três repetições e os dados das variáveis fitoquímicas
196 foram submetidos à análise de variância com o auxílio do programa R Studio 7.0.
197 Quando foi observado efeito significativo ($p \leq 0,05$), realizou-se para os
198 antioxidantes o teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de 5% de
199 probabilidade de erro e para as épocas de avaliação por análise de regressão
200 polinomial.

201 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

202 Foi observada interação significativa entre os fatores tempo de
203 armazenamento e antioxidante associado a coberturas comestíveis para a variável
204 atividade enzimática da enzima polifenoloxidase (PFO).

205 Conforme o fator época de armazenamento, observou-se diferença
206 significativa para a variável PFO em todos os tratamentos aplicados (Tabela 1).
207 Ocorreu um aumento linear para a atividade enzimática à medida que o tempo de
208 armazenamento aumenta para o tratamento controle (ES +A) e também para ES +
209 AS e ES + AM. Para os tratamentos ES + FM e ES+ AP, observou-se equações
210 quadráticas demonstrando os valores de x (tempo de armazenamento) e y
211 [atividade enzimática da polifenoloxidase em (UAE.g⁻¹.min⁻¹)], sendo para x
212 máximo ES + FM (3,83) e ES + AP (5,33) e para y máximo ES + FM (1955,75)
213 e ES + AP (2036,45).

214 Para o fator tratamento com antioxidantes associados a coberturas
215 comestíveis houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados para a
216 variável atividade enzimática de polifenoloxidase dentro de cada tempo 0, 6 e 9
217 dias de armazenagem (Tabela 1). No dia zero os tratamentos ES + AM e ES + AP
218 mostraram os valores maiores, havendo um maior escurecimento da polpa,
219 diferindo do controle (ES + A) com o menor valor, assim, menor escurecimento
220 da polpa da fruta. Em relação ao sexto dia, todos os tratamentos apresentaram
221 valores mais elevados do que ao tratamento controle (ES + A), encontrando-se o
222 menor valor para esta amostra. Para o dia (9), os tratamentos ES + AS, ES + AM
223 apresentaram os maiores valores, no entanto o tratamento ES + FM teve o menor
224 valor.

225 No estudo realizado por Silva (2019), analisando o efeito do
226 escurecimento enzimático em maçãs da cultivar Royal Gala minimante
227 processada, utilizando 1 % de alginato de sódio, verificou a redução no
228 escurecimento enzimático durante 8 dias de armazenagem, diferindo deste estudo,
229 quando comparado com os demais tratamentos.

230 Segundo Seifert (2017), comparando o efeito de armazenagem (60, 120
231 e 180 dias) de maçãs cultivar Gala minimante processadas e tratadas com

232 eritorbato de sódio 5 % em conjunto com fécula de mandioca 3 %, relatou que esta
233 combinação apresentou o melhor desempenho independente do tempo de
234 armazenagem, resultado observado somente em nove dias neste trabalho.

235 De acordo com Abreu (2019), utilizando revestimento de coberturas
236 comestíveis em frutos de acerola, o tempo de armazenagem dos frutos foi
237 prolongado, concordando com alguns resultados neste estudo, deste modo,
238 conferiu uma maior vida útil do produto.

239 As mudanças fisiológicas indesejáveis em produtos minimante
240 processados advêm de processos que modificam a integridade celular, por
241 consequência aceleram a atividade enzimática destas frutas (CHITARRA, 2005).

242 Observou-se interação significativa entre os tempos de armazenamento
243 e antioxidante associado a coberturas comestíveis para a variável atividade da
244 enzima peroxidase (PO) em maçãs ‘Monalisa’ minimante processadas (Tabela 2).

245 Considerando-se o fator tempo de armazenagem, houve diferença
246 significativa para os tratamentos ES + A, ES + AS, ES +AM e ES + AP, exceto
247 para o tratamento controle (ES + A) (Tabela 2), observando-se um aumento linear
248 para ES + AS à medida que aumenta o tempo de armazenagem. Para os demais
249 tratamentos analisou-se equações quadráticas, com valores de x (tempo de
250 armazenagem) e y [atividade enzimática da peroxidase em (UAE.g⁻¹.min-1)].
251 Com isso, obtêm-se o valor de x máximo para ES + A (5,59), ES + AM (5,61) e
252 ES + AP (5,31) e para y máximo ES + A (157,68), ES + AM (170,83) e ES + AP
253 (303,94).

254 Com relação ao tratamento com antioxidante associado a coberturas
255 comestíveis, observou-se diferença significativa entre os tratamentos aplicados
256 para a variável PO dentro de cada tempo de armazenagem (Tabela 2). No dia zero,
257 somente o tratamento ES + FM apresentou o maior valor em relação aos outros
258 tratamentos (ES + A, ES + AS, ES +AM e ES + AP). Em três dias somente o
259 tratamento ES + AP apresentou valor superior, enquanto que o menor valor foi
260 encontrado para o tratamento controle (ES + A). No sexto dia de armazenagem,
261 manteve-se o tratamento controle (ES + AP) com maior valor de atividade
262 enzimática PO, entretanto, ES + AM demonstrou-se com menor valor para este

263 período. Para o nono dia, os tratamentos ES + FM, ES + AS e ES + AP
264 apresentaram valores mais elevados, induzindo negativamente mudanças no sabor,
265 escurecimento e na qualidade, ao passo que, a testemunha mostrou o menor valor
266 para atividade da enzima peroxidase, indicando um melhor controle da atividade
267 da enzima, resultando em aumento na vida útil do produto.

268 Podemos considerar que o efeito do uso de coberturas comestíveis para
269 a atividade da enzima peroxidase ao passar dos dias de armazenamento apresentou
270 uma elevação, analisando-se uma baixa eficiência quando comparadas com a
271 testemunha, concordando com Seifert (2017), avaliando maçãs minimamente
272 processadas em diferentes tempos de armazenagem, onde foi observado o aumento
273 da atividade nesta enzima no decorrer dos dias de armazenamento.

274 Avaliando coberturas comestíveis à base de álcool polivinílico para
275 conservação de tomates, Cândia (2020), relata que foi uma alternativa viável para
276 retardar o amadurecimento de frutos, visto que, neste trabalho foi observado
277 somente em seis dias de armazenamento quando comparado com a testemunha.

278 Utilizando solventes naturais eutéticos profundos em conjunto de fécula
279 de mandioca em pós-colheita de abacaxi 'Pérola', Nascimento (2019) observou a
280 manutenção da qualidade durante 20 dias de armazenamento.

281 Contudo, os revestimentos comestíveis se tornam essenciais para
282 favorecer a manutenção da qualidade e segurança desses produtos (ALMINO,
283 2021).

284 CONCLUSÕES

285 Os tratamentos aplicados mantiveram a qualidade das frutas de maçãs
286 minimamente processada. O melhor tratamento para decréscimo da atividade das duas
287 enzimas (polifenoloxidase e peroxidase) foi água destilada adjuntos com eritorbato
288 de sódio 5 % e cloreto de cálcio 1 % durante o período de 9 dias. O tratamento de
289 fécula de mandioca 3 % e amido de pinhão 3 % foram eficientes em preservar a
290 atividade da enzima polifenoloxidase no dia 9. Já para tratamento de amido de
291 milho ceroso associados com ES e CC a atividade da enzima peroxidase foi menor
292 no período de 0 e 6 dias, mantendo a qualidade e retardando o escurecimento.

293 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 294 ABREU, C. T. D. A. Desenvolvimento de biofilme comestível enriquecido com
295 própolis vermelha aplicado no revestimento de acerola (*Malpighia emarginata*).
296 2019.
- 297 CANDÉO, M. Cobertura comestível à base de PVA para conservação de tomates.
298 2020.
- 299 CENCI, S. A. Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade
300 e sistemas de embalagem. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**. Rio de
301 Janeiro. 144 p. 2011.
- 302 CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças:
303 fisiologia e manuseio. 2. ed. atual. e ampl. v. 1, 783 p. UFLA, Lavras. 2005.
- 304 CHIABRANDO, V.; GIACALONE, G. Effect of antibrowning agents on color
305 and related enzymes in fresh-cut apples during cold storage. **Journal of Food**
306 **Processing and Preservation**, 36: 133–140, Italy, 2012.
- 307 FELIPPIN, B. L. **Aditivos para a redução do escurecimento enzimático de**
308 **escarola minimamente processada**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de
309 São Paulo.
- 310 KUMAR, S.; MISHRA, B.; SAXENA, S.; BANDYOPADHYAY, N.; MORE, V.;
311 WADHAWAN, S.; HAJARE, S.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Inhibition of
312 pericarp browning and shelf life extension of litchi by combination dip treatment
313 and radiation processing. **Food Chemistry**, 131, 1223– 1232. 2012.
- 314 MARSELLÉS-FONTANET, A. R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Optimization and
315 validation of PEF processing conditions to inactivate oxidative enzymes of grape
316 juice. **Journal of Food Engineering** v. 83, p. 452–462, 2007.
- 317 MENDONÇA, V. Z.; SOUZA, J. M. A.; GOUVEIA, A. M. S.; TECCHIO, M. A..
318 Hortaliças minimamente processada. **Revista Campo e Negócios**. 2019.

- 319 MORAES, G. M. D.D.; LIMA, A. A.; FREITAS, A. T. C. Uso de galactomanana
320 da semente de *Caesalpinia pulcherrima* no revestimento de cenoura minimamente
321 processada. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 1, p. 51-56, 2020.
- 322 MORENO, M. B.; CANTILLANO, R. F. F.; ROMBALDI, C. V.; MANICA-
323 BERTO, R. Qualidade de maçã ‘Fuji’ minimamente processada sob
324 armazenamento refrigerado e tratamento com aditivos. **Revista Brasileira de**
325 **Fruticultura**, v. 38, n. 4, 2016.
- 326 NASCIMENTO, R. D. S. Qualidade e metabolismo antioxidante durante a
327 maturação e inovação na conservação pós-colheita de cultivares de abacaxi.
328 2019.
- 329 PERERA, N.; GAMAGE, T. V.; WAKELING, L.; GAMLATH, G. G. S.;
330 VERSTEEG, C. Colour and texture of apples high pressure processed in
331 pineapple juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Berlin,
332 v. 11, n. 3, p. 39-46, 2010.
- 333 PINELA, J.; BARREIRA, J. C. M.; BARROS, L.; ANTONIO, A. L.;
334 CARVALHO, A. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; FERREIRA, I. C. F. R. Postharvest
335 quality changes in fresh-cut watercress stored under conventional and inert gas-
336 enriched modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**.
337 112, 55–63. 2016.
- 338 QI, H.; HU, W.; JIANG, A.; TIAN, M. Extending shelf life of fresh-cut ‘Fuji’
339 apples with chitosancoatings. **Innovative Food Science & Emerging**
340 **Technologies**, Berlin, v. 12, n. 1, p. 62-66, 2011.
- 341 RIBEIRO, L. A.; SEIFERT, M.; NORA, L.; CANTILLANO, R. F. F. Avaliação
342 físico-química de maçãs cv. Fuji minimamente processadas, tratadas com
343 antioxidantes e armazenadas sob refrigeração. In: **Embrapa Clima Temperado-**
344 **Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPOSIO DE ALIMENTOS, 9.,
345 2016, Passo Fundo. A indústria de alimentos e a saúde do consumidor:[anais].
346 Passo Fundo: UPF, 2016. Tecnologia de alimentos, trabalho T24. 6 p., 2016.

- 347 SECRETARIA DA SAÚDE. **Portaria SES Nº 90**. Rio Grande do Sul, p. 1-10.
348 2017.
- 349 SEIFERT, M. Efeito do tempo de armazenamento refrigerado de maçã cv. 'Gala',
350 in natura: na qualidade sensorial, físico-química e bioquímica de produto
351 minimamente processado em fatia, com epiderme, tratado com eritorbato de sódio
352 e três diferentes coberturas comestíveis. **Tese**. 2017.
- 353 SILVA, J. de S.; FINGER, F. L.; CORRÊA, P. C. Armazenamento de frutas e
354 hortaliças. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas. Viçosa: Editora**
355 **Aprenda Fácil**, p. 469-502, 2000.
- 356 SILVA, L. H. M. D.; BARBOSA, H. D.; LAZZARI, A.; SARAIVA, B. R., ANJO,
357 F. A.; PINTRO, P. T. M. Efeito da cobertura comestível a base de alginato no
358 escurecimento enzimático de maçã (*Malus domestica* cv. Royal Gala)
359 minimamente processada. 2019.
- 360 SILVA, E. O.; PINTO, P. M.; JACOMINO, A. P.; SILVA, L. T. Processamento
361 mínimo de produtos hortifrutícolas. 71p. Documento 139. **Embrapa**
362 **Agroindústria Tropical**, Fortaleza. 2011.
- 363 URITANI, I.; ASAHI, T. Respiração e atividade metabólica relacionada em
364 tecidos feridos e infectados. *Metabolism and Respiration*. **Academic Press**,
365 1980. p. 463-485.
- 366 **Anuário Brasileiro de Horti & Fruti 2020** - Editora Gazeta. Disponível em:
367 <<http://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2020/>>.
368 Acesso em: 27 dez. 2020.
- 369 Efeito da aplicação de revestimentos comestíveis em frutas e hortaliças
370 minimamente processadas | Revista Brasileira de Gestão
371 Ambiental. editoraverde.org:<<https://editoraverde.org/gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/7634>>. Acessado 30 de julho de 2021.
- 373

374 TABELAS

375 **Tabela 5.** Quantificação da atividade enzimática polifenoloxidase (unidade por
 376 grama de fruta fresca por minuto (UAE.g⁻¹.min⁻¹)), em maçãs cv. Monalisa
 377 minimamente processadas, tratadas com agente antioxidantes e coberturas
 378 comestíveis (ES + A, ES + FM, ES + AS, ES + AM e ES + AP) e armazenadas
 379 por 0, 3, 6 e 9 dias em câmara refrigerada a 4 °C e U.R. de 90 % - 95%. Embrapa
 380 Clima Temperado, Pelotas, RS, 2019.

T	Valores médios da Atividade enzimática polifenoloxidase (UAE.min.g)								
	Dias de Armazenamento				P (<=0,05)	Valor de R ²	Equação de Regressão	x ma	y ma
	0	3	6	9					
ES+A	806.11 b	1262.77	1435.55 b	2293.33 ab	0.001***	0.92	y = 154.48x + 754.28	-	-
ES+FM	1277.22 ab	1470.55	2136.66 a	300.33 c	0.001***	0.744	y = -56.38x ² + 431.93x + 1128.5	3.83	1955.75
ES+AS	1215.0 ab	1559.44	2093.33 a	2675.61 a	0.001***	0.98	y = 163.86x + 1148.5	-	-
ES+AM	1507.22 a	1611.66	2072.22 a	2548.33 a	0.001***	0.94	y = 119.46x + 1397.3	-	-
ES+AP	1516.11 a	1786.66	2168.88 a	1721.11 b	0.01**	0.80	y = -19.954x ² + 212.82x + 1469	5.33	2036.45

381

382 **Nota:** Médias na linha, ns = não significativo, p<= 0,05* (significativo), p<= 0.01** (fortemente
 383 significativo), p<= 0.001*** (extremamente significativo). Valores seguidos por letras distintas na coluna
 384 indicam diferenças significativas entre os tratamentos (T) no dia de armazenamento. Valores de x e y
 385 seguidos por letras mi (mínimo) e ma (máximo), referem-se a valores máximo ou mínimos de x ou y. ES +
 386 A: (Controle) água destilada + eritorbato de sódio 5% + cloreto de cálcio 1% (ES + A); ES + FM: eritorbato
 387 de sódio 5% + fécula de mandioca 3% + cloreto de cálcio 1% (ES + FM); ES + AS: Eritorbato de sódio
 388 5% + alginato de sódio 3% + cloreto de cálcio 1% (ES + AS); ES + AM: Eritorbato de sódio 5% + amido
 389 de milho ceroso 6% + cloreto de cálcio 1% (ES + AM) e ES + AP: Eritorbato de sódio 5% + amido de
 390 pinhão 3% + 1% de cloreto de cálcio (ES + AP).

391 **Tabela 6.** Quantificação da atividade enzimática peroxidase (unidade por grama
 392 de fruta fresca por minuto (UAE.g⁻¹.min⁻¹)), em maçãs cv. Monalisa minimamente
 393 processadas, tratadas com agente antioxidantes e coberturas comestíveis (ES + A,
 394 ES + FM, ES + AS, ES + AM e ES + AP) e armazenadas por 0, 3, 6 e 9 dias em
 395 câmara refrigerada a 4 °C e U.R. de 90 % - 95%. Embrapa Clima Temperado,
 396 Pelotas, RS, 2019.

T	Valores médios da Atividade enzimática da peroxidase (UAE.min.g)								
	Dias de Armazenamento				P (<=0,05)	Valor de R ²	Equação de Regressão	x ma	y ma
	0	3	6	9					
ES+A	103.51 b	103.66 c	196.85 b	119.44 b	0.001**	0.42	y = -2.1543x ² + 24.088x + 90.337	5.59	157.68
ES+FM	259.81 a	203.51 b	218.51 ab	229.62 a	ns	-	-	-	-
ES+AS	131.66 b	208.70 b	182.22 b	203.33 a	0.01**	0.4802	y = 6.284x + 153.2	-	-
ES+AM	97.77 b	228.33 ab	102.22 c	175.18 ab	0.001***	0.11	y = -1.5998x ² + 17.935x + 120.56	5.61	170.83
ES+AP	163.51 b	293.88 a	286.11 a	244.25 a	0.001***	0.9494	y = -4.784x ² + 50.87x + 168.72	5.31	303.94

397

398 **Nota:** Médias na linha, ns = não significativo, p<= 0,05* (significativo), p<= 0.01** (fortemente
 399 significativo), p<= 0.001*** (extremamente significativo). Valores seguidos por letras distintas na coluna

400 indicam diferenças significativas entre os tratamentos (T) no dia de armazenamento. Valores de x e y
401 seguidos por letras mi (mínimo) e ma (máximo), referem-se a valores máximo ou mínimos de x ou y. ES +
402 A: (Controle) água destilada + eritorbato de sódio 5% + cloreto de cálcio 1 % (ES + A); ES + FM: eritorbato
403 de sódio 5% + fécula de mandioca 3% + cloreto de cálcio 1 % (ES + FM); ES + AS: Eritorbato de sódio
404 5% + alginato de sódio 3 % + cloreto de cálcio 1 % (ES+ AS); ES + AM: Eritorbato de sódio 5 % + amido
405 de milho ceroso 6 % + cloreto de cálcio 1 % (ES + AM) e ES + AP: Eritorbato de sódio 5 % + amido de
406 pinhão 3 % + 1 % de cloreto de cálcio (ES + AP).

6. CONCLUSÃO GERAL

Os tratamentos aplicados mantiveram a qualidade das frutas de maçãs minimante processada. A utilização de eritorbato de sódio 5 % em conjunto com cloreto de cálcio 2 % ou na concentração de 1 % com água destilada, foram os melhores tratamentos para decréscimo da atividade das duas enzimas (polifenoloxidase e peroxidase), preservando a qualidade e retardando o amadurecimento de frutas minimante processadas durante o período de 9 dias, de mesmo modo, o tratamento de fécula de mandioca 3 %, amido de pinhão 3 % e amido de milho ceroso 6 % foram eficientes em retardar a atividade das enzimas, no entanto em períodos específicos, sendo 0,6 e 9 dias.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS GERAL

BARRETO, Caroline Farias; MORENO, Marines Batalha; SILVA, Pricila Santos; FARIAS, Roseli Mello; FACHINELLO, José Carlos; MARTINS, Carlos Roberto. Conservação de maçãs 'Fuji suprema' minimamente processados. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 17, n. 1, p. 99-105, 2016.

DANTAS, Ana Montserrat Treitler. **Processamento mínimo de frutas**. 2007.

DENARDI, Frederico; CAMILO, Anísio Pedro; KVITSCHAL, Marcus Vinícius. **Monalisa: cultivar de macieira com boa adaptação climática no Sul do Brasil e resistência múltipla a doenças e pragas**. Agropecuária Catarinense, v. 26, n. 1, p. 56-62, 2013.

FACHINELLO, José Carlos.; PASA, Mateus Silveira; SCHIMITZ, Juliano Dutra; BETEMPS, Débora Leitzke. **Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil**. Revista Brasileira da Fruticultura. 2011.

HOLDERBAUM, Daniel Ferreira; KON, Tomoyuki Kon; KUDO, Tsuyoschi.; GUERRA, Miguel Pedro. **Enzymatic Browning, Polyphenol Oxidase Activity, and Polyphenols in Four Apple Cultivars: Dynamics during Fruit Development**. Hortscience 45(8):1150–1154. 2010.

PERERA, Niranjala; GAMAGE, T. V.; WAKELING, L.; GAMLATH, G. G. S.; VERSTEEG, C. Colour and texture of apples high pressure processed in pineapple juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Berlin, v. 11, n. 3, p. 39-46, 2010.

MARINS, R. B., RINALDINI C. P. T., GEMAL, A. L. **Segurança alimentar no contexto da vigilância sanitária: reflexões e práticas / Organização**. Rio de Janeiro: EPSJV, 2014.

SANTOS, Joana Silva; OLIVEIRA, Maria Beatriz Prior Pinto. Revisão: alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, p. 1-14, 2012.

SANTOS, S. M.; OKURA, M. H.; MALPASS, A. C. G. **Filmes ativos comestíveis elaborados com óleos essenciais aplicados em maçãs minimamente processadas**. p. 1 – 60. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Triângulo Mineiro. 2016.

SOUSA, E. T., et al. **Fontes, formação, reatividade e determinação de quinonas na atmosfera**". Química Nova, vol. 39, p. 486–95. 2016.

SEIFERT, Maurício. **Efeito do tempo de armazenamento refrigerado de maçã cv. 'Gala', in natura: na qualidade sensorial, físico-química e bioquímica de produto minimamente processado em fatia, com epiderme, tratado com eritorbato de sódio e três diferentes coberturas comestíveis**. Tese de Doutorado. Pelotas-RS. 2017.

SILVA, E. O.; PINTO, P. M.; JACOMINO, A. P.; SILVA, L. T. Processamento mínimo de produtos hortifrutícolas. 71p. Documento 139. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza. 2011.

SECRETARIA DA SAÚDE, 2017. **Ministério da Saúde**. Disponível: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html. Acessado em 12 de setembro de 2021.

Anuário Brasileiro de Horti & Fruti 2021 - Editora Gazeta . Disponível em: <https://www.editoragazeta.com.br/analise-brasileira-de-horti-fruti-2021/>. Acessado 15 de julho de 2021.

YOKOTA, Paulo. Maçã Monalisa Decorrente da Pesquisa. **Asia comentada**, 20 de maio de 2019, Disponível em: <https://www.asiacomentada.com.br/2019/05/ma-monalisa-decorrente-da-pesquisa/>. Acessado: 11 de setembro de 2021.