

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANDRESSA MARIA SUZIN

**INFLUÊNCIA DE COBERTURA COMESTÍVEL A BASE DE PECTINA COM
ÁCIDO CINÂMICO NA VIDA ÚTIL DE MORANGO REFRIGERADO**

MEDIANEIRA

2018

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANDRESSA MARIA SUZIN

**INFLUÊNCIA DE COBERTURA COMESTÍVEL A BASE DE PECTINA COM
ÁCIDO CINÂMICO NA VIDA ÚTIL DE MORANGO REFRIGERADO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso superior de Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Medianeira.

Orientadora: Profa. Dra. Carolina Castilho Garcia

Co-orientadora: Profa. Dra. Gláucia Cristina Moreira

MEDIANEIRA
2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Medianeira
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação Engenharia de Alimentos

Andressa Maria Suzin

Influência de Cobertura Comestível a Base de Pectina com Ácido Cinâmico na Vida Útil de Morango Refrigerado

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado às 16:00 horas do dia 22 de Novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira de Alimentos, do Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Carolina Castilho Garcia
Orientadora

Gláucia Cristina Moreira
Co-orientadora

Daiane Cristina Lenhard
Membro da Banca

Fábio Avelino Bublitz Ferreira
Membro da Banca

Andressa Maria Suzin

Medianeira, 22 de Novembro de 2018.

A folha de aprovação assinada encontra-se na coordenação do curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado a oportunidade de concluir uma graduação, por ter sempre atendido minhas preces e por ter me dado paciência, determinação e sabedoria para chegar aonde cheguei.

Agradeço imensamente meus pais, por terem sempre me apoiado durante todas as fases da minha vida, sem medir esforços para me ajudar nesta caminhada.

Agradeço, com muito carinho a minha orientadora, professora Dra. Carolina Castilho Garcia, e a minha Co-orientadora professora Dra. Gláucia Cristina Moreira pelos ensinamentos, pela paciência, disponibilidade e apoio sempre que necessário.

Aos meus amigos e todos aqueles que de alguma forma contribuíram para o andamento deste estudo.

RESUMO

SUZIN, ANDRESSA MARIA. **Influência de cobertura comestível a base de pectina com ácido cinâmico na vida útil de morango refrigerado**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso Engenharia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira.

As coberturas comestíveis apresentam-se como um método de conservação complementar ao processo de refrigeração pois servem como barreira física contra trocas gasosas, contribuindo para o aumento da vida útil de produtos de alto valor agregado, como por exemplo, o morango. Por ser um fruto com altas taxas metabólicas e alta susceptibilidade ao ataque de patógenos, a vida útil do morango é normalmente inferior a 5 dias. Tendo em vista esta problemática, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de coberturas comestíveis de pectina de baixa metoxilação adicionadas de ácido cinâmico na conservação de morangos *in natura* armazenados sob refrigeração. Os frutos foram imersos em coberturas adicionadas do antimicrobiano nas concentrações de 0, 100, 200, 300 e 400 mg L⁻¹, além do tratamento controle. Os frutos foram embalados em bandejas de poliestireno expandido, recobertos com filme de polietileno e armazenados sob refrigeração por 8 dias (5 °C ± 1 °C e 85-90% de UR). Verificou-se a influência das coberturas através de análises físico-químicas de perda de massa fresca, pH, acidez titulável, sólidos solúveis e atividade de água. Além disso, o teor de vitamina C e a firmeza das amostras foram determinadas. Os valores para firmeza da polpa dos tratamentos com cobertura foram superiores ao do controle no final dos 8 dias de armazenamento. A reação de degradação da vitamina C para os tratamentos do Controle, Pectina + 200 mg L⁻¹ e Pectina + 300 mg L⁻¹ de ácido cinâmico foi representada por reações de primeira ordem. As análises microbiológicas de coliformes 45 °C e Salmonella spp nos dias 0, 2, 4, 6 e 8 de armazenamento apresentaram resultados dentro dos padrões estipulados pela legislação. Os resultados mostraram que as coberturas comestíveis tiveram efeitos positivos na conservação dos frutos, contribuindo com uma leve interferência na perda de massa, e de modo mais efetivo, no controle do desenvolvimento de bolores na superfície dos frutos.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa Duch*; armazenamento; vida útil; antimicrobiano.

ABSTRACT

SUZIN, ANDRESSA MARIA. **Influence of edible coating based of pectin and cinnamic acid in the shelf life of chilled strawberry.** 2018. Undergraduate Final Project. Food Engineering Course. Federal University of Technology – Medianeira Campus.

Edible coatings are a preservative technique that works as a complementary method to the refrigeration process since it acts as a physical barrier against gas exchange, contributing to increase shelf life of value-added products, such as strawberry. Since it has an accelerated metabolic rate and high susceptibility to pathogens contamination, the shelf life of strawberry is, usually, less than 5 days. Taking this problem into consideration, the present work aims to assess the effect of edible coatings based of low methoxyl pectin and cinnamic acid in the shelf life of chilled fresh strawberry. Fruits were immersed in coatings with antimicrobial agent at concentrations of 0, 100, 200, 300 e 400 mg L⁻¹, and the control group. Fruits were packaged in expanded polystyrene trays, wrapped with polyethylene film and stored under refrigeration for 8 days (5 °C ± 1 °C e 85-90% of RH). It was checked the influence of edible coatings through physical-chemical analysis such as weight loss, pH, acid content, total soluble solid and water activity. Also, the vitamin C content and flesh firmness of samples were determined. The flesh firmness results of fruits treated with coatings were superior than the results of control group after 8 days of storage. The degradation reaction of Vitamin C for the control group, Pectin + 200 mg L⁻¹ and Pectin + 300 mg L⁻¹ were represented for a first order kinetics. The results of microbiological analysis of fecal coliforms and Salmonella spp for 0, 2, 4, 6 e 8 days of storage were in line with law standards. The results implied that the edible coatings had positive effects in the fruit preservation, having a small effect on the weight loss and, in a most effective way, preventing growth of molds in the fruit surface.

Keywords: *Fragaria x ananassa Duch*; storage; shelf life; antimicrobial.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS.....	10
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1 MORANGO.....	11
3.2 REAÇÕES DE DEGRADAÇÃO E VIDA DE PRATELEIRA.....	14
3.3 MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO.....	15
3.4 COBERTURAS COMESTÍVEIS.....	17
3.5 PECTINA.....	18
3.6 ÁCIDO CINÂMICO.....	19
3.7 VITAMINA C.....	21
3.8 TEXTURA.....	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
4.1 MATERIAIS UTILIZADOS.....	27
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	27
4.3 ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS.....	30
4.3.1 Perda de massa fresca.....	31

4.3.2 pH.....	31
4.3.3 Teor de sólidos solúveis.....	31
4.3.4 Acidez Titulável.....	32
4.3.5 Atividade de água.....	32
4.3.6 Cor.....	32
4.3.7 Determinação de Vitamina C	33
4.3.8 Textura.....	34
4.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS DURANTE O ARMAZENAMENTO.....	37
5.2 TEOR DE VITAMINA C E CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO.....	43
5.3 TEXTURA.....	47
5.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	49
6. CONCLUSÃO.....	53
7. REFERÊNCIAS.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Detalhamento das partes do fruto do morango.....	11
Figura 2 - Mecanismo de geleificação da pectina de alto (a) e baixo (b) grau de esterificação.	19
Figura 3 - Estrutura química dos principais ácidos cinâmicos, sendo $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = H \rightarrow$ Ácido cinâmico; $R_1 = OH \rightarrow$ Ácido o-cumárico; $R_2 = OH \rightarrow$ Ácido m-cumárico; $R_3 = OH \rightarrow$ Ácido p-cumárico; $R_2 = R_3 = OH \rightarrow$ Ácido Caféico; $R_2 = OCH_3$; $R_3 = OH \rightarrow$ Ácido Ferúlico; $R_2 = R_4 = OCH_3$; $R_3 = OH \rightarrow$ Ácido Sinápico.....	20
Figura 4 - Oxidação do ácido L-ascórbico em ácido L-deidroascórbico.....	22
Figura 5 - Diferentes tecidos do morango vistos através de um corte transversal.....	25
Figura 6 - Curva de deformação: (a) Bioyield Point e (b) Ponte de ruptura.....	26
Figura 7 - Morangos após a lavagem e sanitização.....	28
Figura 8 - Aplicação da cobertura de pectina a 2% p/p adicionada de ácido cinâmico.....	29
Figura 9 - Morangos do tratamento controle acondicionados em embalagens de poliestireno expandido.....	30
Figura 10 - Alíquota titulada com 2,6-diclorofenolindofenol após o ponto de viragem.....	33
Figura 11 - Texturômetro com o probe P2.....	35
Figura 12 - Representação das partes superior (a) e inferior (b) da análise de penetração dos morangos.....	36
Figura 13 - Teor de vitamina C em morangos <i>in natura</i> e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.....	44
Figura 14 - Firmeza da polpa para cada tratamento com o tempo de armazenamento.....	49
Figura 15 - Acompanhamento do crescimento de bolores na superfície dos morangos frescos e nos submetidos aos diferentes tratamentos após 8 dias de armazenamento a 5 ± 1 °C. 1) Controle; 2) Cobertura de pectina; 3) Pectina + 100 mg L ⁻¹ de ácido cinâmico; 4) Pectina + 200 mg L ⁻¹ de ácido cinâmico; 5) Pectina + 300 mg L ⁻¹ de ácido cinâmico; 6) Pectina + 400 mg L ⁻¹ de ácido cinâmico.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perda de massa fresca (%) em morangos <i>in natura</i> com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.....	37
Tabela 2 – pH dos morangos <i>in natura</i> e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.....	38
Tabela 3 - Teor de sólidos solúveis (°Brix) em morangos <i>in natura</i> e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.....	38
Tabela 4 - Acidez Titulável em morangos <i>in natura</i> e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.....	39
Tabela 5 - Atividade de água em morangos <i>in natura</i> e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.....	40
Tabela 6 - Valores do componente colorimétrico L* em morangos <i>in natura</i> e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias	41
Tabela 7 - Valores do componente colorimétrico a* em morangos <i>in natura</i> e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.....	42
Tabela 8 - Valores do componente colorimétrico b* em morangos <i>in natura</i> e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.....	43
Tabela 9 - Parâmetros cinéticos de degradação de vitamina C morangos <i>in natura</i> e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.....	45
Tabela 10 - Bioyield de morangos <i>in natura</i> e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.....	47

Tabela 11 - Firmeza da polpa de morangos <i>in natura</i> e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.....	48
Tabela 12 - Contagem de Salmonella spp (em 25g) e coliformes a 45 ° C (log UFC g ⁻¹) morangos <i>in natura</i> e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.....	50

1. INTRODUÇÃO

Dentre as pequenas frutas cultivadas e apreciadas mundialmente o morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch) é a espécie de maior destaque, sendo cultivado em quase todos os locais do mundo em razão do seu sabor atrativo, aroma e propriedades nutritivas. No Brasil o seu cultivo é mais difundido em regiões de clima temperado e subtropical como nos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Espírito Santo, Paraná e Santa Catarina, sendo que a maior demanda do fruto ocorre na região sudeste, em especial em São Paulo e no Rio de Janeiro (REISSER et al., 2014; OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2006). Possui alto valor agregado, e seu maior consumo ocorre na forma *in natura*, porém, pode ser consumido também como geléias, caldas, suco e polpa congelada, além da possibilidade de ser usado inteiro ou em pedaços na produção de iogurtes e sorvetes, saladas, na confeitaria, na produção de bolos e biscoitos e outros produtos (GIMÉNEZ, ANDRIOLO; GODOI, 2008). O morango é um fruto não climatérico que possui intensa atividade metabólica e grande suscetibilidade ao ataque de patógenos, resultando em uma alta perecibilidade pós-colheita. Dessa forma a vida-útil do morango, mesmo quando armazenado sob refrigeração (0 – 4 °C) é normalmente inferior a 5 dias. Sabe-se que a estimativa anual de perdas na pós colheita de frutos no Brasil é de 10 milhões de toneladas, o que corresponde a 30% da produção, gerando um grande impacto econômico (AMAL et al., 2010; GARCIA, 2009; SCHMIDT; EFRAIM, 2016).

A refrigeração é o método mais utilizado para o armazenamento, transporte e comercialização de morangos. Porém, esta técnica, além de ser dispendiosa e cara, não é capaz de manter a vida útil do produto por mais de uma semana. Quando há a necessidade de prolongar a vida útil do produto, somente a baixa temperatura não é suficiente para garantir sua qualidade, necessitando de métodos alternativos de conservação de forma a auxiliar o armazenamento refrigerado (MALGARIM; CANTILLANO e COUTINHO, 2006). Dentre estes métodos complementares tem-se a aplicação de coberturas comestíveis, que pode auxiliar no controle da taxa respiratória e trocas gasosas resultando em uma menor perda de nutrientes, além de reduzir a perda de água e evitar a contaminação por microorganismos deteriorantes (XU; XU; CHEN, 2009). Atualmente, matrizes de polissacarídeos tem sido

usadas para carrear compostos, como antimicrobianos, que contribuem para melhorar as propriedades dos alimentos.

O ácido cinâmico é um antimicrobiano natural que pode ser incorporado em coberturas comestíveis, pois trata-se de um composto de baixa toxicidade e possui várias aplicações alimentícias e não alimentícias (LIU et al., 1995). A pectina é um polissacarídeo estrutural, um dos principais componentes da célula vegetal, que confere rigidez e integridade para a planta. Esse polissacarídeo apresenta baixa permeabilidade ao oxigênio, apresentando potencial para reduzir a respiração de frutos, retardando seu amadurecimento (JOLIE et al., 2010). Sendo assim, este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito do revestimento comestível formulado a partir de pectina de baixa metoxilação adicionada de um antimicrobiano natural (ácido cinâmico) na vida útil do morango *in natura*, com o intuito de aumentar sua vida útil.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência de cobertura comestível de pectina nas características físico-químicas de morangos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Preparar coberturas comestíveis utilizando 5 diferentes concentrações de ácido cinâmico e aplicar nos morangos utilizando metodologia específica;
- Avaliar a influência das coberturas comestíveis na conservação de morangos, armazenados por 10 dias a 5 °C, através de análises físico-químicas;
- Avaliar a cinética de degradação do ácido ascórbico e a textura ao longo do armazenamento sob refrigeração de morangos *in natura* recobertos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MORANGO

Dentre as pequenas frutas cultivadas e apreciadas mundialmente o morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch), que é uma planta rasteira e pertence à família das Rosáceas, é a espécie de maior destaque. A parte comestível da planta é o seu pseudofruto, que consiste em um receptáculo carnoso e succulento de coloração vermelha, já o fruto verdadeiro consiste em aquênios que mantêm as sementes presas no receptáculo (OSHITA et al., 2012; CAMARGO; CAMARGO, 2009), conforme ilustrado na Figura 1:

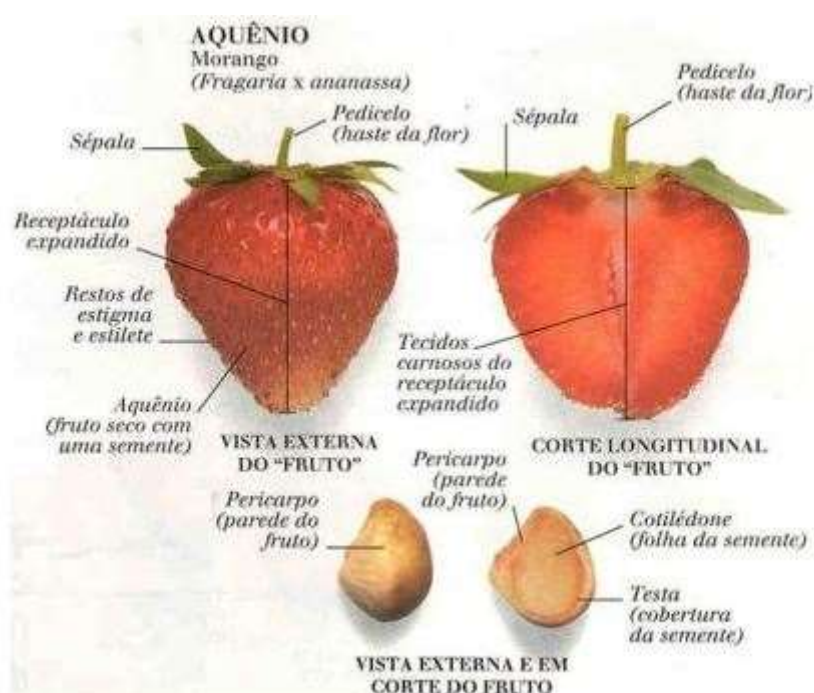


Figura 1 - Detalhamento das partes do fruto do morango.
Fonte: SANHUEZA et al. (2005).

O morangueiro é cultivado em quase todos os locais do mundo em razão do seu sabor atrativo, aroma e propriedades nutritivas (GIMÉNEZ; ANDRIOLO; GODOI, 2008). No Brasil a produção anual estimada é de 105 mil toneladas do fruto, sendo que o seu cultivo é mais difundido em regiões de clima temperado e subtropical como nos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Espírito Santo, Paraná e Santa Catarina. Além disso, a maior demanda do fruto ocorre na região sudeste, em especial São Paulo e Rio de Janeiro (REISSER et al., 2014; OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2006). Segundo o Instituto de Economia Agrícola (2008) a plantação do morango deixou de ter característica sazonal, já que anteriormente era colhido apenas uma vez ao ano, entre os meses de agosto a dezembro na maioria dos estados produtores. Atualmente nessas regiões existe a possibilidade do consumo de morango durante todo o ano, devido à introdução de novas variedades e novas tecnologias aliadas a produção da fruta.

A produção do morango apresenta várias dificuldades e riscos, além de requerer intensa mão-de-obra, porém, o seu cultivo adequa-se à produção familiar e é muito lucrativo, sendo que o retorno econômico pode ocorrer logo no primeiro ano. O plantio é geralmente realizado de abril a maio dependendo da região de cultivo e após 60 a 80 dias os frutos podem ser colhidos ou quando os mesmos apresentarem 75% ou mais de coloração vermelha, sendo que o período de colheita pode variar dependendo do cultivar (FRANÇOSO, 2008; REISSER, 2014).

A etapa de colheita do morango deve ser feita de modo cuidadoso, uma vez que a fruta é bastante delicada. Após a colheita, as frutas são selecionadas e comercializadas em embalagens plásticas com capacidade variável. Aquelas que possuem pequenas imperfeições são destinadas à industrialização ou produção de polpa de morango (DAROLT, 2008).

Os cuidados pós-colheita do morango são essenciais, uma vez que é um fruto altamente perecível e de curta vida de prateleira, fato que resulta em perdas econômicas aos comerciantes. Por isso, no ano de 2000 novas variedades mais resistentes foram introduzidas no mercado. Algumas variedades de maior destaque no atributo sabor e qualidade são: Oso Grande; Toyonoka; Sweet Charlie, entre outras (Instituto de Economia Agrícola, 2008). As variedades mais utilizadas no Brasil são provenientes de melhoramentos genéticos em universidades dos Estados Unidos e são elas: Dover, Oso Grande, Camarosa, Aromas, Diamante, Camino Real, Ventana, Festival e Earlybrite (ANTUNES; REISSER, 2007).

O maior consumo do morango ocorre na forma *in natura*, porém, pode ser consumido também como geleias, caldas, suco e polpa congelada, além da possibilidade de ser usado inteiro ou em pedaços na produção de iogurtes e sorvetes, saladas, na confeitaria, na produção de bolos e biscoitos e outros produtos (GIMÉNEZ; ANDRIOLO; GODOI, 2008).

Além de ser uma fruta de alto valor agregado em razão da sua grande variedade de utilização, o morango possui altas concentrações de vitaminas e minerais, como vitamina C, vitamina B5 (niacina), ferro, cálcio e magnésio, que trazem diversos benefícios para o organismo humano (MORAES, 2005; GIMÉNEZ; ANDRIOLO; GODOI, 2008).

Além disso, vários estudos comprovaram os efeitos antioxidantes do morango decorrentes do seu conteúdo de compostos fenólicos (ZHANG et al., 2008). Scalzo et al. (2005) verificou que o morango foi o fruto com maior atividade antioxidante quando comparado com maçã, pêsego, pera, uva, tomate, laranja e kiwi. De modo geral o morango como alimento possui 1,7 gramas de fibras, 6,8 gramas de carboidratos, 91,5% de água e 30 calorias em 100 gramas de fruto (NEPA, 2011).

O morango é um fruto não climatérico que possui intensa atividade metabólica e grande suscetibilidade ao ataque de patógenos, resultando em alta perecibilidade pós-colheita. Além disso, ocorrem no fruto reações fisiológicas e físicas como respiração e transpiração acarretando mudanças constantes, que são, na maioria das vezes, irreversíveis (AMAL et al., 2010; MALGARIM; CANTILLANO; COUTINHO, 2006).

As alterações ocorridas no fruto durante o armazenamento ocasionam a perda de uma série de compostos incluindo compostos voláteis (CV) e não voláteis (CNV) que são responsáveis pelo aroma e sabor do fruto. Os compostos não voláteis são responsáveis pela doçura e pela acidez do morango, já os compostos voláteis são responsáveis pelo seu sabor frutado (WATSON et al., 2002). Durante o armazenamento pode ocorrer o acúmulo de produtos como acetaldeído, etanol e acetato de etila, que são compostos indesejáveis pois são responsáveis pelo desenvolvimento do *off-flavor* (sabor e odor indesejável) (PÉREZ; SANZ, 2001 *Apud* ÁVILA et al., 2012).

O volume anual de perdas na pós colheita de frutos no Brasil é estimada em 10 milhões de toneladas, o que corresponde a 30% da produção, gerando um grande impacto

econômico e necessidade de técnicas para minimizar as perdas quantitativas e qualitativas na produção agrícola (SCHMIDT; EFRAIM, 2016).

3.2 REAÇÕES DE DEGRADAÇÃO E VIDA DE PRATELEIRA

Os fungos são os principais patógenos responsáveis por doenças em plantas e são responsáveis por afetar o cultivo de diversos frutos economicamente importantes como o morango (EL-SHIEKH et al., 2012). Além de possuir altas taxas metabólicas o morango é sensível à decomposição por mofos que causam podridão no período pós-colheita, especialmente por *Botrytis cinerea*, um mofo cinzento que além do morango, pode afetar outras culturas de clima temperado, formando esporos cinzentos sobre a área afetada, contribuindo para a perda da qualidade e diminuição da vida útil do fruto pós-colheita (AMAL et al., 2010; SANHUEZA et al., 1996).

Outro patógeno é o *Rhizopus stolonifer*, que causa podridão e perda de consistência, sendo possível notar sobre o fruto um micélio com esporângios e esporangiosporos escuros. Existe ainda a ocorrência de espécies de *Colletotrichum* que podem estar presentes em qualquer fase do desenvolvimento do fruto, causando uma doença foliar conhecida como antracnose (COSTA; VENTURA e LOPES, 2011; EL-SHIEKH et al., 2012).

Além da contaminação por microorganismos, o morango sofre rápida deterioração causada pela senescência do fruto, uma vez que o fruto possui um metabolismo acelerado, sendo suscetível a perda de água e de compostos voláteis, além de danos mecânicos em razão da sua textura macia e frágil (AMAL et al., 2010). A vida-útil do morango, mesmo quando armazenado sob refrigeração (0 – 4 °C) é normalmente inferior a 5 dias (GARCIA, 2009).

Deficiências durante o período de armazenamento do fruto resultam em rápida deterioração e perdas do fruto (EL-SHIEKH et al., 2012). Uma vez que o morango é um fruto não-climatérico sua colheita deve ser feita quando o fruto está totalmente maduro, momento em que se devem iniciar os cuidados para garantir que o armazenamento seja feito de forma adequada, tais como o controle da temperatura e da umidade. O controle da temperatura inicia-se com o pré-resfriamento do fruto, sendo uma etapa crucial para retardar as reações de

deterioração. O ideal é que após o pré-resfriamento, o morango seja mantido em temperatura de 0 °C durante toda a etapa de comercialização (TALBOT; CHAU, 1991).

Ávila et al. (2012) avaliaram as cultivares de morango ‘Camino Real’ e ‘Camarosa’ no sistema de produção orgânico e convencional sob armazenamento refrigerado a 1 °C e umidade relativa de 90 – 95%. Constatou-se no estudo que fatores como pH, sólidos solúveis, relação sólidos solúveis/acidez titulável, podridões e perda de massa aumentaram durante o armazenamento por oito dias. Com relação aos compostos voláteis indesejáveis, houve uma correlação positiva entre a podridão e aumento de compostos como etanol, acetato de metila e acetaldeído para a cultivar ‘Camino Real’ do cultivo orgânico, podendo ser um indicador de fermentação e podridão. Por outro lado, para o acetato de metila verificou-se comportamento oposto para todas as cultivares, exceto para o ‘Camino Real’ convencional. Os autores concluíram ainda que os morangos de ambas cultivares podem ser armazenados sem perda da qualidade por um período de cinco dias a 1 °C e umidade relativa de 90 – 95%.

3.3 MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO

A refrigeração é o método mais utilizado para o armazenamento, transporte e comercialização de morangos. Porém quando há a necessidade de prolongar a vida útil do produto, somente a baixa temperatura não é suficiente para garantir sua qualidade, necessitando de métodos alternativos de conservação para auxiliar o armazenamento refrigerado (MALGARIM; CANTILLANO e COUTINHO, 2006). Dessa forma, a refrigeração é a base para a aplicação de métodos complementares de conservação e aumento da vida pós colheita de morangos. Dentre estes métodos complementares, tem-se a modificação de atmosfera, tratamentos com choque térmico e revestimentos comestíveis (ALLENDE et al., 2007).

Uma alternativa para aumentar o tempo de conservação sem alterar a qualidade do fruto é a utilização de atmosferas modificadas com menor quantidade de oxigênio (O₂) e maior quantidade de dióxido de carbono (CO₂). Por consequência, haverá uma redução da taxa respiratória e da produção de etileno, além de retardar a perda de características como cor

e firmeza do fruto (CALEGARO et al., 2002). Bender et al. (2010) testaram quatro combinações de atmosfera modificada em duas cultivares de morangos ‘Camarosa’ e ‘Verão’ em diferentes tempos de armazenamento com o objetivo de aumentar a vida de prateleira dos frutos. Os resultados do estudo mostraram que as perdas de massa fresca do morango foram baixas ao longo dos períodos de armazenagem, uma vez que a atmosfera modificada diminuiu o déficit de pressão de vapor junto aos morangos. Porém, ao mesmo tempo, favoreceu o desenvolvimento de fungos na cultivar ‘Verão’, diminuindo sua vida útil. Além disso, a rápida deterioração também foi atribuída ao manejo da temperatura da unidade de armazenamento do produtor, pois temperaturas acima de 0 °C contribuem para um metabolismo acelerado e conseqüentemente uma senescência mais rápida. Os autores constataram ainda que com oito ou mais dias de armazenagem, os morangos das duas cultivares e de praticamente todas as concentrações de atmosfera modificada apresentaram escurecimento da polpa, ou perda de brilho, fator que prejudica a qualidade visual do produto. Além disso, observou-se que a respiração dos morangos contribuiu para os aumentos nas concentrações de CO₂. Dessa forma concluiu-se que a concentração final de CO₂ depende, principalmente, da permeabilidade das embalagens e da atividade respiratória dos morangos.

Tratamentos utilizando calor também surgem como uma alternativa aos processos de conservação pós colheita de morangos, uma vez que tratamentos moderados com temperaturas controladas resultam em interrupção reversível do amadurecimento e redução de apodrecimento causado por fungos, sem alterações significativas na qualidade do fruto (VICENTE et al., 2006).

Coltro-Roncato et al. (2016) avaliaram o efeito do tratamento térmico com ar aquecido na composição química e conservação de morangos ‘Dover’. Os resultados obtidos mostraram que o tratamento com ar aquecido diminuiu significativamente a incidência de fungos no morango, sendo que aos 14 dias de armazenamento refrigerado 50% dos morangos não tratados apresentaram desenvolvimento de fungos, enquanto a incidência em morangos tratados foi de apenas 5%. Além disso, nos tempos iniciais de armazenamento, a quantidade de fenólicos totais e antocianinas apresentaram conteúdos superiores em morangos tratados termicamente, porém após 14 dias o conteúdo de fenólicos totais e antocianinas apresentaram-se em maior concentração nos morangos não tratados.

Dessa forma, Coltro-Roncato et al. (2016) concluíram que apesar da aplicação de tratamento térmico nos morangos, estes não apresentaram aumento de vida útil, ficando limitada aos 7 dias de armazenamento refrigerado. Porém, o tratamento térmico modificou o metabolismo de compostos fenólicos do fruto.

3.4 COBERTURAS COMESTÍVEIS

A aplicação de coberturas comestíveis tem sido usada há muitos séculos, antes mesmo de seu verdadeiro entendimento do ponto de vista químico, e ainda são utilizadas hoje em dia. Nos anos anteriores a 1967 a utilização destas técnicas era menos frequente e se limitava a aplicações de ceras em frutas com o objetivo de evitar a perda de água e dar brilho à superfície das mesmas. Porém, a utilização desta técnica expandiu-se rapidamente e hoje pode ser aplicada em uma grande quantidade de alimentos.

Em alguns casos os termos ‘filme’ e ‘cobertura’ são utilizados como sinônimos, porém, estes termos têm significados diferentes uma vez que filme consiste em uma estrutura própria e independente que revestirá o alimento depois de formada, enquanto as coberturas são aplicadas e formadas diretamente no alimento (PAVLATH; ORTS, 2009).

Após secas, as coberturas devem possuir características de adesividade, coesividade e durabilidade adequadas para desempenhar sua função. Coberturas a base de polissacarídeos como pectina, normalmente apresentam baixa permeabilidade aos gases, porém em razão de serem altamente hidrofílicas, apresentam alta permeabilidade ao vapor de água (GARCIA, 2009).

Segundo Xu, Xu e Chen (2003) o uso de coberturas comestíveis tem se mostrado eficiente como método de conservação em temperatura ambiente, mantendo a firmeza e a boa aparência de frutas, além de promover um aspecto brilhoso na superfície do mesmo contribuindo para o aumento do seu valor comercial. A aplicação de coberturas comestíveis pode auxiliar no controle da taxa respiratória e trocas gasosas resultando em uma menor perda de nutrientes, além de reduzir a perda de água e evitar a contaminação por microorganismos deteriorantes.

Xu, Chen e Sun (2001) estenderam a vida útil do kiwi em até três vezes utilizando filme composto de proteína isolada de soja, ácido esteárico e pululana. Os resultados mostraram que após 37 dias de armazenamento a porcentagem de frutos amolecidos sem a aplicação do filme foi de 100%, indicando que os frutos da amostra padrão perderam totalmente seu valor comercial após 37 dias de armazenamento, enquanto que a porcentagem de frutos cobertos com o filme e amolecidos foi de apenas 29%. Além disso, a taxa de respiração dos frutos com revestimento apresentou picos menos acentuados quando comparados com a amostra padrão, contribuindo assim para o retardo da senescência do fruto.

3.5 PECTINA

Uma variedade de compostos pode fazer parte da composição de filmes/coberturas comestíveis. Atualmente diferentes matrizes de polissacarídeos têm sido usadas como coberturas e/ou filmes comestíveis. Os polissacarídeos incluem celulose, quitosana, amido e pectina. A pectina é um dos principais componentes das células das plantas, responsável pela rigidez e integridade dos tecidos (JOLIE et al., 2010).

As pectinas constituem um grupo de substâncias muito utilizadas nos últimos anos pela indústria de alimentos, na forma em pó, em razão principalmente da sua capacidade de formar géis por métodos químicos sem a necessidade de uso de temperaturas muito elevadas (COELHO, 2008). As pectinas na presença de água resultam em soluções altamente viscosas, mesmo em baixas concentrações. Além disso, com adição de sacarose e ácido em proporções adequadas resultam em géis muito estáveis.

Inicialmente a qualidade da pectina era avaliada apenas pelo seu grau de geleificação, contudo, hoje são subdivididas de acordo com seu grau de esterificação e metoxilação (GM). As pectinas que apresentam GM acima de 50% são denominadas pectinas com alto teor de metoxilação (ATM) e aquelas com GM abaixo de 50% são denominadas pectinas com baixo teor de metoxilação (BTM). A maior parte da pectina comercial é obtida pela extração com ácidos diluídos de frutas cítricas e corresponde à pectina ATM. Estas quando tratadas com agentes químicos ou enzimáticos de forma a ocorrer sua desesterificação parcial resultam em pectinas BTM.

Quando o pH de uma suspensão de pectina é ajustado de 2,8-3,5 na presença de sacarose (65% de sólidos solúveis) o gel formado pela pectina ATM é estável mesmo se a suspensão for reaquecida a temperaturas próximas a 100 °C. Valores de pH superiores a 3,5 resultam em géis moles, e inferiores a 2,8 resultam em géis muito duros, e para valores de pH menores que 2,0 a pectina é hidrolisada. O gel de pectina BTM se estabiliza por interações entre os grupos carboxílicos e íons divalentes, tais como o cálcio, sem a necessidade de adição de ácido e sacarose, possibilitando a formação de géis dietéticos. A pectina BTM é menos sensível ao pH que a ATM, possibilitando a formação de géis numa faixa de pH de 2,5 a 6,5, contudo, géis mais adequados são obtidos na faixa de pH de 2,7 a 3,5. A temperatura de geleificação da pectina BTM está na faixa de 30-70 °C, sendo que os géis formados são termorreversíveis.

Pectinas com teor de metoxilação abaixo de 1% não geleificam, mesmo na presença de íons divalentes (BOBBIO; BOBBIO, 1989; RIBEIRO; SERAVALLI; 2007). A Figura 2 representa os mecanismos de geleificação das pectinas ATM e BTM.

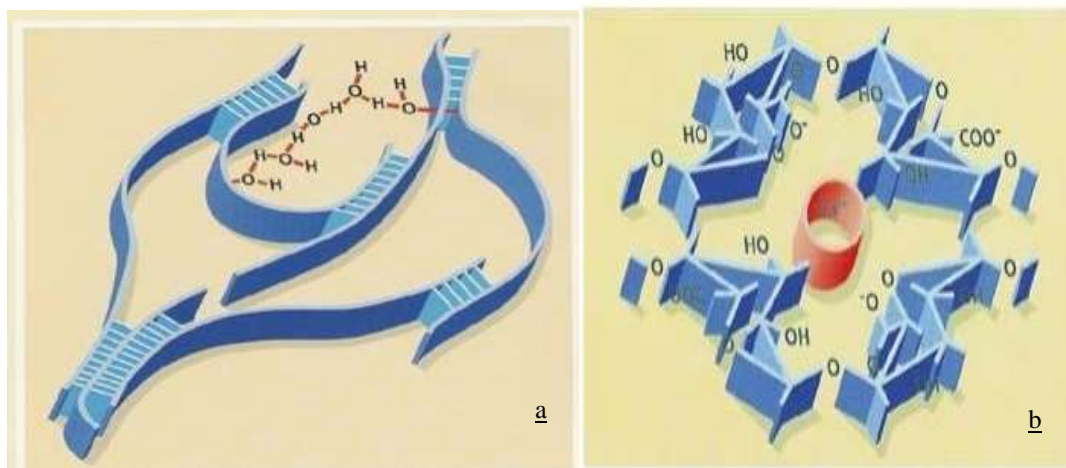


Figura 2 - Mecanismo de geleificação da pectina de alto (a) e baixo (b) grau de esterificação.
Fonte: Revista Food Ingredients Brasil (2014).

3.6 ÁCIDO CINÂMICO

O ácido cinâmico é um composto natural que consiste em um ácido graxo aromático de baixa toxicidade e que, portanto, apresenta inúmeras possibilidades de aplicação, como em atividades farmacológicas, incluindo atividades antimicrobianas e anti-inflamatórias, além da função de agregação de plaquetas para uso em tratamentos contra o câncer (LIU et al., 1995). A utilização do ácido cinâmico é aprovada pela FDA (Food and Drug Administration) e sua ingestão diária aceitável (IDA) é de 1,25 mg Kg⁻¹ (KOUASSI; SHELEF, 1998).

Os ácidos fenólicos podem ser divididos em três grupos: ácidos benzóicos, ácidos cinâmicos e as cumarinas, que são derivadas do ácido cinâmico por ciclização da cadeia lateral do ácido *o-cumárico*. A cadeia dos ácidos cinâmicos é formada por nove átomos de carbono (C₆-C₃), sendo apresentados na Figura 1 os 7 principais compostos encontrados no reino vegetal. Derivados dos compostos cinâmicos podem ser encontrados naturalmente em diversos produtos como café, chás, cacau, frutas, como maçãs, peras, uvas, cereais, entre outros, contribuindo para a coloração e propriedades sensoriais (AUGER et al., 2004; CLIFFORD, 1999).

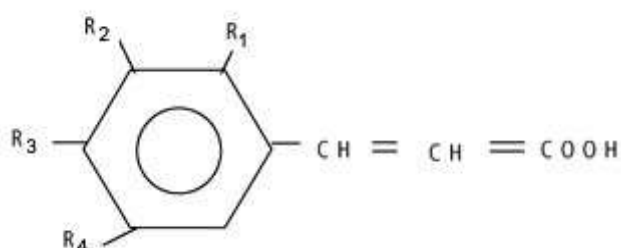


Figura 3 - Estrutura química dos principais ácidos cinâmicos, sendo R₁ = R₂ = R₃ = R₄ = H → Ácido cinâmico; R₁ = OH → Ácido *o*-cumárico; R₂ = OH → Ácido *m*-cumárico; R₃ = OH → Ácido *p*-cumárico; R₂= R₃ = OH → Ácido Caféico; R₂ = OCH₃; R₃ = OH → Ácido Ferúlico; R₂ = R₄ = OCH₃ ; R₃ = OH → Ácido Sinápico.

Fonte: SOARES (2002).

O termo cinâmico deriva da canela (*Cinnamomum zeilanicum*), a qual tem sido usada desde a antiguidade como agente flavorizante, antisséptico e inseticida. A casca de várias espécies de *Cinnamomum* apresentam em geral grandes quantidades de cinamaldeído, que é o

composto responsável pelo sabor e odor da canela e, assim como os óleos essenciais das espécies de *Cinnamomum*, possui propriedades antimicrobianas e antifúngicas (GUZMAN, 2014). Pesquisas demonstraram a eficácia do ácido cinâmico como agente terapêutico na inibição de células cancerígenas, além do seu efeito antimicrobiano e antifúngico (EKMEKCIOLU, FEYERTAG; MARKTL, 1998). Os maiores benefícios atribuídos ao uso do ácido cinâmico e seus derivados são relacionados à sua atividade antioxidante, atuando também na redução dos níveis de LDL (lipoproteína de baixa densidade), contribuindo para a redução de doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (AUGER et al., 2004).

Mosqueda-Melgar, Raybaudi-Massilia e Martín-Belloso, (2008) combinaram campos elétricos pulsados de alta intensidade e aplicação de antioxidantes naturais (óleo de casca de canela e ácido cítrico) obtendo sucesso na diminuição do crescimento de *E. coli* O157:H7, *S. enteritidis* e *L. monocytogenes* em sucos de frutas. Houve redução microbiana nos sucos de frutas com até 0,30% de óleo de casca de canela e sem a aplicação de campos elétricos. Com a aplicação dos campos elétricos a redução microbiana foi ainda maior, e o sinergismo entre os pulsos elétricos e o óleo de casca de canela foram detectados a partir de concentrações de 0,05% do óleo para *S. enteritidis* e *L. monocytogenes*, e de 0,10% do óleo para *E.coli* O157:H7.

3.7 VITAMINA C

Dentre as várias qualidades nutricionais que o morango apresenta, destaca-se a presença de vitamina C (ácido L-ascórbico) no teor médio de 63,6 mg/100 g (NEPA, 2011), mas segundo Sapei e HWA (2013), pode aparecer em quantidades superiores a 80 mg/100 g em morangos frescos. O termo ascórbico provém do escorbuto, que é uma doença causada pela falta de vitamina C no organismo. Esta doença era comum em marinheiros nos anos de 1747, que durante viagens muito longas não faziam a ingestão de frutas e verduras, apresentando sintomas de escorbuto como hemorragias, dificuldade de cicatrização de ferimentos, inflamação e sangramento das gengivas. Contudo desde 1593 já se sabia que o

escorbuto poderia ser prevenido ou curado através da ingestão de frutas cítricas, já que são fontes extremamente ricas de vitamina C (BOBBIO; BOBBIO, 1989).

A vitamina C trata-se de uma substância hidrossolúvel, cristalina e de sabor ácido, frequentemente chamada de ácido L-ascórbico, pois trata-se de uma molécula levógira (L) ao invés de dextrógira (D) (ARANHA et al., 2000). É uma molécula orgânica com 6 carbonos e quatro hidroxilas (OH) que pode ser oxidado, de forma reversível, formando o ácido L-deidroascórbico, sendo estas as duas principais versões presentes na dieta humana. Mesmo que apenas a estrutura do ácido L-ascórbico seja fisiologicamente ativa, ambas apresentam atividade vitamínica (FORNARO, COICHEV, 1997). As estruturas do ácido L-ascórbico e seu produto de oxidação inicial, o ácido L-deidroascórbico são mostrados na Figura 4.

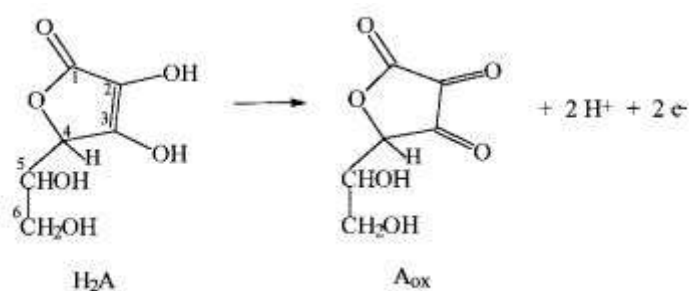


Figura 4 – Oxidação do ácido L-ascórbico em ácido L-deidroascórbico.
Fonte: FORNARO; COICHEV (1997).

Por falta da enzima gulonolactona oxidase, o homem, o macaco, alguns pássaros e peixes não são capazes de sintetizar a vitamina C, sendo, portanto, necessária a obtenção da vitamina através da alimentação (FIORUCCI; SOARES; CAVALHEIRO, 2003). Segundo a FAO/OMS (1998) a recomendação diária de vitamina C varia entre 25 e 30 mg por dia, sendo estas quantidades aumentadas para idosos, gestantes e mulheres em lactação. As frutas são no geral, uma excelente fonte de compostos antioxidantes, assim como vitaminas, minerais, flavonoides e fitonutrientes (CARDOSO et al., 2011). Segundo Lee e Kader (2000) os teores de vitamina C encontrados em frutas e vegetais podem variar de acordo com fatores como a

cultivar, grau de maturação, métodos de cultivo, condições climáticas de pré-colheita, e tratamentos de pós-colheita. Nesse sentido, Musa et al. (2015) observaram diferença significativa no teor da vitamina entre dois cultivares distintos estudados, obtendo médias de 69,31 e 42,19 mg/100 g para o cultivar Festival e San Andreas respectivamente. Além disso, com relação ao sistema de cultivo, o sistema convencional apresentou diferenças percentuais de 109,7% e 64,3% superiores ao sistema orgânico para o teor de vitamina C.

A vitamina C desempenha um papel muito importante na saúde humana, atuando na formação do tecido conjuntivo, transporte de íons e na proteção das células contra radicais livres (BARATA-SOARES et al., 2004). É conhecida como um bom antioxidante, já que em razão da presença de grupos fortemente redutores, é o primeiro a ser oxidado, protegendo assim os outros compostos químicos da oxidação (FIORUCCI; SOARES; CAVALHEIRO, 2003).

De modo geral, frutas e vegetais apresentam uma diminuição nos teores de vitamina C com o aumento da temperatura ou tempo de armazenamento (ADISA, 1986). É uma molécula extremamente instável que se perde em uma velocidade proporcional ao tempo de vida útil das frutas e vegetais, e mais rapidamente quando é submetido a altas temperaturas, como por exemplo, durante a cocção. Além da alta temperatura, oxigênio, pH e presença de metais podem causar sua oxidação irreversível. O pH de estabilidade dessa molécula está entre 4 e 5 (MORÁN, 2006).

3.8 TEXTURA

Assim como o sabor e aroma, a textura é um atributo muito importante na aceitação de um alimento, que pode ser percebido durante a escolha manual ou quando colocado na boca e mastigado. A textura de frutas, vegetais e seus derivados é devido principalmente ao complexo de carboidratos, como substâncias pécicas, celulose, hemicelulose, amido, lignina e suas interações com outros compostos (STROKES; BOEHM; BAIER, 2013; KOPJAR et al., 2008). A análise do perfil de textura (TPA) é um dos métodos

mais utilizados para determinar os parâmetros de textura primários como dureza, coesão, viscosidade, elasticidade e adesividade, e secundários como mastigabilidade, fraturabilidade e gomosidade, que são baseados no processo de mastigação. A análise do perfil de textura (TPA) tem sido usada para determinar os parâmetros de textura de frutas, vegetais, produtos cárneos, produtos geleificados e queijo (PADURET, et al., 2017).

Medir as propriedades mecânicas do morango por compressão pode ser difícil visto que a forma e tamanho do morango podem variar bastante. Além disso, não se pode obter formas cilíndricas a partir do morango visto que sua estrutura é bastante heterogênea. Desse modo, testes de punção são geralmente utilizados para medir a textura de morangos, pois ao utilizar esse tipo de medição é possível mensurar além da dureza da casca, a firmeza da polpa de diferentes variedades de morango *in natura* ou congelado (KILCAST, 2004). A pesquisa feita por De Andrade Junior et al. (2016) avaliou a conservação pós colheita de diferentes cultivares de morango em diferentes condições de armazenamento e obteve valores para firmeza da polpa variando entre 3,1 a 10,9 no dia 0 de armazenamento e de 2,7 a 8,4 no dia 10 de armazenamento em câmara fria (temperatura média $2,34 \pm 0,78$ ° C e umidade relativa $89,93 \pm 4,14\%$).

O morango é composto de diferentes tecidos, como pode ser observado na Figura 5, que diferem em termos de estrutura química e microestrutura. O tecido vascular composto de longas fibras e o mesocarpo formam o esqueleto da estrutura do morango, e as células epidérmicas formam a camada externa. Tecidos vasculares iniciando na extremidade externa do morango, onde encontram-se os aquênios, se estendendo até a polpa desempenham um papel muito importante na textura dessa fruta. A segunda camada é composta por células epidérmicas, enquanto a terceira camada é composta por células corticais. A pectina presente na lamela média é responsável por unir as células corticais, e a manutenção da forma dos tecidos é consequência da pressão do turgor fornecida por osmose que pressiona a membrana plasmática contra a parede celular (KILCAST, 2004).

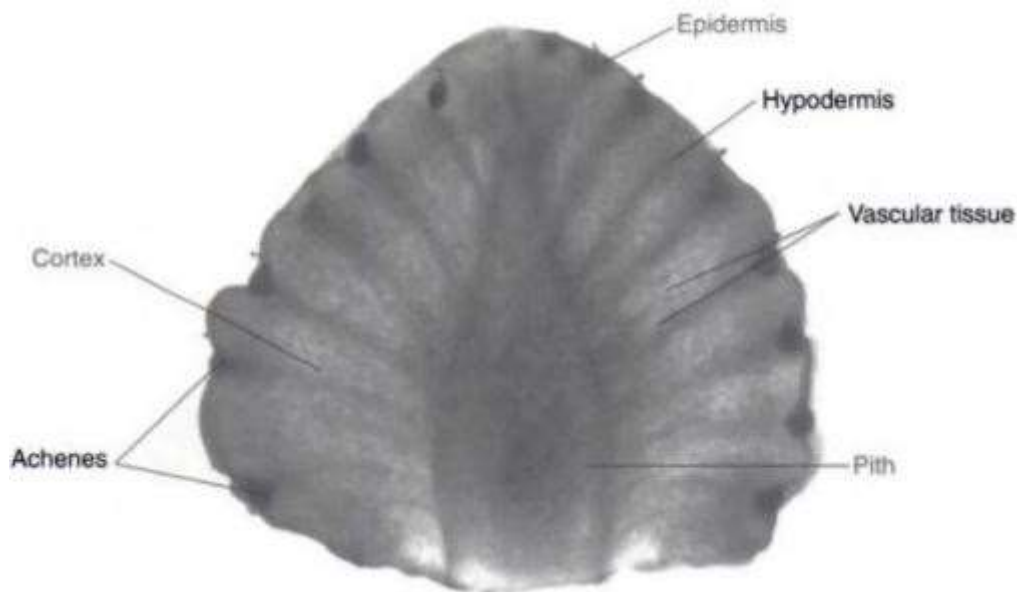


Figura 5 – Diferentes tecidos do morango visto através de um corte transversal.
Fonte: Kilcast (2004).

Quando o tecido do fruto sofre uma força de compressão gera sempre uma deformação, que é compreendida por diferentes fases. Na primeira fase de deformação, a relação de força-deformação é linear e a deformação é elástica. Com o aumento da força, a relação força-deformação torna-se não-linear. Na segunda fase da deformação, também conhecido como “Bioyield” é caracterizada por uma queda ou nenhum aumento da força, porém com um aumento da deformação. Essa deformação permite apenas uma recuperação parcial das células pois nesse ponto elas estão bastante danificadas, porém, sem ruptura. A partir desse ponto (terceira fase) alterações macroestruturais começam a acontecer levando à ruptura final (quarta fase) do tecido (LU; SRIVASTAVA; BEAUDRY, 2005). As fases da curva de deformação estão representadas na Figura 6 no gráfico de carga *versus* deformação.

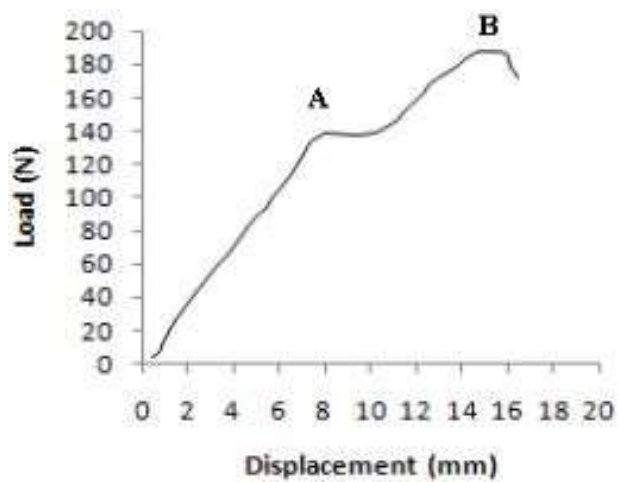


Figura 6 – Curva de deformação: (a) Bioyield Point e (b) Ponte de ruptura.
Fonte: Tabatabaekoloor (2014).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS UTILIZADOS

As matérias-primas utilizadas nos experimentos deste trabalho foram 22 Kg de morango fresco *in natura*, pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico. Os morangos da cv. Camino Real foram adquiridos em duas remessas de 13 e 9 kg durante uma mesma safra, entre os meses de agosto a dezembro de 2017 no comércio local da cidade de Medianeira – PR, e transportados em embalagens plásticas da mesma forma como são comercializados, até o laboratório de vegetais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Medianeira. O ácido cinâmico e o cloreto de cálcio foram fornecidos pelo departamento de Alimentos (DAALM), o ácido oxálico e o 2,6-diclorofenolindofenol-sódio (DCFI) foram adquiridos da empresa Induslab.

A realização da pesquisa foi feita nas instalações da UTFPR Câmpus Medianeira, em laboratórios que possuem os equipamentos necessários para as análises, sendo estes: Laboratório de Vegetais (J-14) e Laboratório de Análise de Alimentos (J-11). As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de empresa Lar Cooperativa Agroindustrial de Medianeira – PR.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O experimento foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa foram utilizados 13 kg de morango para a realização das análises de perda de massa fresca, pH, teor de sólidos solúveis (°brix), acidez titulável, cor e atividade de água, além das análises microbiológicas de coliformes a 45 °C e *Salmonella* spp. Na segunda etapa foram utilizados 9 kg de morango, do mesmo produtor, para a realização das análises de teor de ácido ascórbico e textura. Em

ambas as etapas, os procedimentos metodológicos de tratamento dos frutos e aplicação da cobertura foram idênticos, sendo, portanto, retratado apenas uma vez neste trabalho.

Após a aquisição dos morangos os mesmos foram selecionados e lavados com água, imersos durante 1 minuto em água a 5 °C com 200 mg L⁻¹ de hipoclorito de sódio (pH = 6,5), como mostra a Figura 7, no intuito de remover resíduos da colheita e possíveis microorganismos aderidos à superfície dos frutos, e, em seguida, foram secos com papel absorvente.



Figura 7 – Morangos após a lavagem e sanitização.
Fonte: Autoria própria (2017).

Posteriormente foi realizado o preparo das coberturas de pectina a 2% p/p. As coberturas foram preparadas pela dissolução sob agitação de 2% de pectina em água a 70 °C (GARCIA et al., 2014). À essa solução foi adicionado o ácido cinâmico como agente antimicrobiano nas concentrações de 0, 100, 200, 300, 400 mg L⁻¹.

As aplicações das coberturas foram realizadas à 40 °C por imersão das frutas nas soluções por 1 min, como mostra a Figura 8. Em seguida, para a gelificação das coberturas, as amostras foram imersas por 30 s em solução a 2% de cloreto de cálcio à temperatura

ambiente; e, na sequência, por 30 s em água destilada também à temperatura ambiente para lavagem, seguindo metodologia proposta por Garcia et al. (2014).



**Figura 8 – Aplicação da cobertura de pectina a 2% p/p adicionada de ácido cinâmico.
Fonte: Autoria própria (2017).**

Após a aplicação das coberturas, os frutos foram acondicionados em embalagens de poliestireno, contendo aproximadamente 100 g de fruto, e recobertos com filme de polietileno de 15 mm de espessura, assim como a Figura 9. As embalagens foram armazenadas em câmara climatizada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa em torno de 85-90% durante 8 dias. As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas nos dias 0, 2, 4, 6 e 8 para acompanhar o efeito da cobertura na vida de prateleira dos frutos.



Figura 9 – Morangos do tratamento controle acondicionados em embalagens de poliestireno expandido.
Fonte: A autoria própria (2017).

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado e os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($p < 0,05$) empregando-se a versão gratuita do *software* Infostat.

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas do morango foram realizadas em triplicata e a cada 2 dias, possibilitando avaliar o efeito das coberturas a cada período de armazenamento.

4.3.1 Perda de Massa Fresca

A perda de massa fresca foi determinada em triplicata pesando-se as bandejas contendo os morangos em balança semi-analítica. Os resultados foram expressos em porcentagem, considerando-se a diferença entre a massa inicial e a obtida a cada intervalo de tempo de amostragem de acordo com a Equação (1).

$$\text{Perda de massa fresca (\%)} = \left(\frac{m_i - m_f}{m_i} \right) \times 100 \quad (1)$$

Em que:

m_i é massa da amostra inicial (g);

m_f representa a massa da amostra obtida a cada intervalo de tempo (g).

4.3.2 pH

O pH foi mensurado em triplicata na polpa triturada dos frutos utilizando-se um pHmetro (BRASIL, 2005).

4.3.3 Teor de Sólidos Solúveis

O teor de sólidos solúveis foi determinado em triplicata na polpa por refratometria em refratômetro com medições de 0–32 °Brix a 25 ° C, de acordo com os procedimentos descritos por Tressler e Joslyn (1961).

4.3.4 Acidez Titulável

A acidez titulável foi determinada em triplicata por titulação conforme metodologia proposta pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005). Os resultados foram expressos em gramas de ácido cítrico por 100 mL de polpa de acordo com a Equação (2).

$$\text{Acidez em mL} = \frac{V. M. f. 100}{g (\text{amostra}). 10} \quad (2)$$

Em que:

V representa o volume da solução de NaOH gastos na titulação, em mL;

M é a molaridade da solução de NaOH;

f é o fator de correção da solução de NaOH.

4.3.5 Atividade de Água

A atividade de água foi determinada em triplicata a 25 ° C em equipamento medidor de atividade de água (AquaLab 4TE, Decagon Devices, EUA).

4.3.6 Cor

A cor dos frutos foi determinada em triplicata em colorímetro Konica Minolta, Japão, obtendo-se as coordenadas L* (lightness – luminosidade), a* (redness – avermelhado) e b* (yellowness – amarelado).

4.3.7 Determinação do teor de Vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado em triplicata por titulação conforme metodologia proposta pela AOAC e modificada por Benassi e Antunes (1988). Foi homogeneizado 25 g de amostra em 50 mL de solução extratora (ácido oxálico a 2% p/p). Uma alíquota de 20 g foi volumetricamente diluída com solução extratora a 50 mL e 10 mL da solução foi diluída novamente em 50 mL de solução extratora, 5 mL desta solução foi titulada com 2,6-diclorofenolindofenol até a obtenção de uma cor rosada, conforme a Figura 10. Os teores de ácido ascórbico foram expressos em mg/100 g de amostra de acordo com a Equação (3).



**Figura 10 – Alíquota titulada com 2,6-diclorofenolindofenol após o ponto de viragem.
Fonte: Autoria própria (2017).**

$$\frac{mg \text{ Vit C}}{100 g \text{ amostra}} = \frac{DCFI (mL)}{DCFI \text{ padrão} (mL)} \cdot \frac{100g}{m \text{ amostra}} \cdot \frac{m \text{ solvente} + m \text{ amostra}}{m \text{ aliquota} (g)} \cdot \frac{50mL}{V \text{ aliquota} (mL)} \quad (3)$$

Posteriormente, foi determinada a cinética de degradação da vitamina C através da plotagem, para cada tratamento e o controle, das concentrações relativas de vitamina C *versus* tempo de armazenamento. Em vários estudos (YAMASHITA et al., 2003; GABAS; TELIS-ROMERO; MENEGALLI, 2003; ALVES et al., 2010; MUNHOZ, 2016), a degradação da referida vitamina foi observada como sendo uma reação de primeira ordem, podendo ser representada pela Equação (4) e (5).

$$\frac{dC}{dt} = -k \cdot C \quad (4)$$

Na forma integrada, tem-se:

$$\log\left(\frac{C_0}{C}\right) = \frac{k}{2,303} \cdot t = \frac{t}{D_t} \quad (5)$$

Em que:

C_0 é a concentração inicial de vitamina C;

C é a concentração de vitamina C após um tempo t ;

k é a constante de velocidade da reação de primeira ordem;

D_t é o tempo de redução decimal da vitamina C.

Através da Equação (3) calcularam-se os parâmetros cinéticos da reação: k e D_t .

4.3.8 Textura

Os parâmetros de textura foram determinados em texturômetro Stable Micro Systems - TA.Hdplus, apresentado na Figura 11. A textura foi analisada nos dias 0, 2, 4, 6 e 8 em 15 morangos de cada tratamento e do controle e em dois pontos do fruto (parte superior e parte inferior) como mostrado na Figura 12. Analisaram-se as forças necessárias para o rompimento e penetração na polpa, utilizando-se o *Probe P/2* (2 mm de diâmetro) de base plana à profundidade de 5 mm, com velocidades de pré teste, teste e pós teste de 1,5, 1,5 e 10 mm s⁻¹, respectivamente.

Ao final, para cada tratamento e para o controle, obteve-se uma média entre as medições dos 15 frutos e da parte superior e inferior de cada fruto.



**Figura 11 – Texturômetro com o probe P2.
Fonte: Autoria própria (2017).**

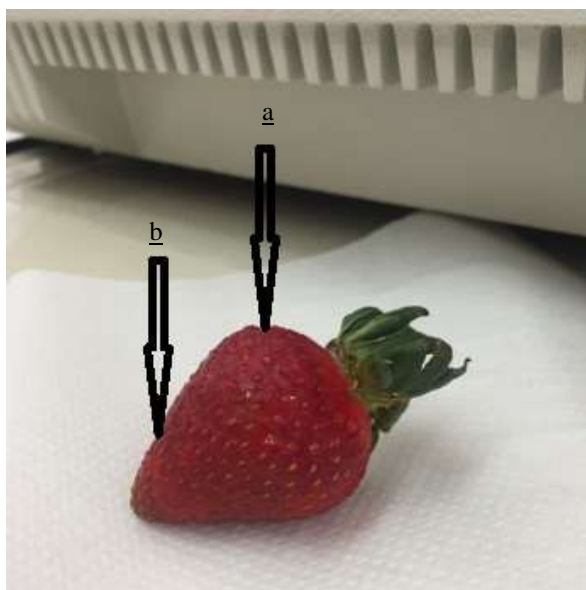


Figura 12. Representação das partes superior (a) e inferior (b) da análise de penetração dos morangos.
Fonte: Autoria própria (2017).

4.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises microbiológicas realizadas foram as mesmas que constam na RDC n° 12, de 02 de janeiro de 2001 da ANVISA (BRASIL, 2001), sendo estas *Salmonella* spp em 25 g de amostra através da metodologia presente na ISSO 6579:2002 e coliformes a 45 ° C/g de amostra através da metodologia de contagem em placa petrifilm 3M. A cada dois dias, antes da realização das demais análises, eram separados 100 g de morango, tomando-se cuidado para que fossem escolhidos frutos de diferentes bandejas de cada tratamento, de modo a garantir uma amostra diversificada. Os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno e recobertos com filme de polietileno de 15 mm de espessura. As bandejas foram transportadas em caixa térmica até o laboratório de análises microbiológicas da empresa Lar em Medianeira – PR, onde foram realizadas as análises.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS DURANTE O ARMAZENAMENTO

A Tabela 1 apresenta a perda de massa fresca (%) nos morangos *in natura* e recobertos armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias. Durante o armazenamento sob refrigeração a perda de massa dos frutos ocorreu naturalmente como resultado do processo de respiração, transferência de umidade ou processos oxidativos, como apontado por Ayranci e Tunc (2003). Verificou-se através da Tabela 1 que a perda de massa dos frutos aumentou significativamente durante o período de armazenamento. De maneira geral até o 6º dia de armazenamento os morangos do controle e do tratamento com pectina apresentaram maior perda de massa. No oitavo dia de armazenamento os frutos cobertos com pectina e adicionados de 200 mg L⁻¹ de ácido cinâmico (P + 200 mg L⁻¹) apresentaram perda de massa significativamente maior que as demais amostras.

Tabela 1 - Perda de massa fresca (%) em morangos *in natura* e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.

Perda de massa fresca				
Tratamentos	Dia 2	Dia 4	Dia 6	Dia 8
Controle	0,51±0,05 aA	0,96±0,13 aB	2,04±0,18 aC	2,41±0,20 bD
Pectina (P)	0,49±0,06 abA	0,96±0,14 aB	2,02±0,20 aC	2,39±0,20 bD
P + 100 mg L ⁻¹	0,41±0,03 bcA	0,81±0,08abB	1,75±0,16 abC	2,13±0,23 bD
P + 200 mg L ⁻¹	0,39±0,06 cA	0,67±0,09 bB	1,40±0,25 bC	4,19±0,28 aD
P + 300 mg L ⁻¹	0,40±0,04 bcA	0,85±0,06abB	1,73±0,12 abC	2,15±0,14 bD
P + 400 mg L ⁻¹	0,39±0,06 bcA	0,74±0,08 bB	1,54±0,20 bC	2,17±0,19 bD
CV (%)	12,12	12,14	10,96	8,37

Fonte: Autoria Própria (2018).

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Wright e Kader (1997), o pH inicial do morango encontra-se entre 3,45 e 3,55. A Tabela 2 apresenta o pH das amostras com e sem cobertura ao longo do período de armazenamento. A faixa de pH (Tabela 2) verificada nos frutos no presente trabalho foi de 3,28 a 3,72 durante os oito dias de armazenamento. Os resultados não mostraram diferença estatística entre os tratamentos em nenhum dos dias de análise. Apesar disso, o tratamento P + 100 mg L⁻¹ apresentou redução do pH no 8º dia de armazenamento, e os tratamentos P + 300 mg L⁻¹ e P + 400 mg L⁻¹ apresentaram oscilações nos valores durante o tempo de armazenamento.

Tabela 2 – pH dos morangos *in natura* e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.

Tratamentos	pH				
	Dia 0	Dia 2	Dia 4	Dia 6	Dia 8
Controle	3,46±0,07 aA	3,31±0,08 aA	3,58±0,10 aA	3,28±0,13 bA	3,42±0,13 aA
Pectina (P)	3,46±0,07 aA	3,38±0,08 aA	3,55±0,10 aA	3,51±0,13 abA	3,44±0,13 aA
P + 100 mg L ⁻¹	3,46±0,07 aAB	3,46±0,08aAB	3,56±0,10 aAB	3,72±0,13 aA	3,33±0,13 aB
P + 200 mg L ⁻¹	3,46±0,07 aA	3,53±0,08 aA	3,61±0,10 aA	3,69±0,13 abA	3,45±0,13 aA
P + 300 mg L ⁻¹	3,46±0,07 aAB	3,31±0,08 aB	3,48±0,10 aAB	3,56±0,13 abA	3,39±0,13 aAB
P + 400 mg L ⁻¹	3,46±0,07 aAB	3,37±0,08 aB	3,55±0,10 aAB	3,66±0,13 abA	3,48±0,13 aAB
CV (%)	3.10 ⁻⁸	3,23	2,91	4,18	2,21

Fonte: Autoria Própria (2018).

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 3 apresenta o teor de sólidos solúveis das amostras ao longo do armazenamento sob refrigeração.

Tabela 3 – Teor de sólidos solúveis (°Brix) em morangos *in natura* e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.

Tratamentos	Sólidos Solúveis				
	Dia 0	Dia 2	Dia 4	Dia 6	Dia 8
Controle	8,00±0,84 aA	6,67±1,10 aA	7,00±1,36 abA	7,33±1,50 abA	7,00±1,40 abcA
Pectina (P)	8,00±0,84 aA	6,67±1,10 aAB	6,67±1,36 bAB	6,33±1,50 abAB	5,33±1,40 cB
P + 100 mg L ⁻¹	8,00±0,84 aA	6,33±1,10 aAB	5,33±1,36 bB	5,67±1,50 bB	6,00±1,40 bcB
P + 200 mg L ⁻¹	8,00±0,84 aA	7,00±1,10 a	5,67±1,36 bA	7,00±1,50 abA	6,33±1,40 bcA

Sólidos Solúveis					
Tratamentos	Dia 0	Dia 2	Dia 4	Dia 6	Dia 8
P + 300 mg L ⁻¹	8,00±0,84 aA	6,33±1,10 aA	6,67±1,36 bA	7,33±1,50 abA	7,67±1,40 abA
P + 400 mg L ⁻¹	8,00±0,84 aA	8,67±1,10 aA	9,00±1,36 aA	9,33±1,50 aA	9,00±1,40 aA
CV (%)	0,10	13,83	11,73	17,28	11,75

Fonte: Autoria Própria (2018).

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O teor de sólidos solúveis representa o conteúdo de açúcares (principalmente glicose, frutose e sacarose), sais, proteínas e ácidos dissolvidos na solução, e pode ser usado como um parâmetro para a determinação do rendimento e ponto de colheita dos frutos (BIOLOGIA VEGETAL, 2018). Em relação aos sólidos solúveis, até o segundo dia de armazenamento não houve diferença significativa entre os valores do controle e dos tratamentos. A partir do 4^o dia de armazenamento os frutos do tratamento P + 400 mg L⁻¹ apresentaram valores estatisticamente maiores do que os dos demais tratamentos. Os valores encontrados para sólidos solúveis durante os oito dias de armazenamento variaram de 5,33 a 9,33 °Brix (Tabela 3), estando próximo aos valores encontrados por França et al. (2008) que foram de 7,0 a 9,5 °Brix para a variedade *Sweet Charles*. O teor de sólidos solúveis pode variar dentre os cultivares de morango em razão de alguns serem mais doces que outros. Os tratamentos Pectina e P + 100 mg L⁻¹ apresentaram redução nos teores no 8^o dia de armazenamento. De acordo com Kluge et al. (2002) o teor de açúcares decresce durante o armazenamento prolongado, em virtude do “envelhecimento” do fruto.

A Tabela 4 apresenta os valores da acidez titulável das amostras ao longo do armazenamento.

Tabela 4 – Acidez titulável em morangos *in natura* e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.

Acidez Titulável					
Tratamentos	Dia 0	Dia 2	Dia 4	Dia 6	Dia 8
Controle	0,29±0,07 aAB	0,18±0,05 bcB	0,26±0,05 aAB	0,34±0,07 aAB	0,58±0,16 aA
Pectina (P)	0,29±0,07 aA	0,13±0,05 cB	0,16±0,05 aAB	0,15±0,07 bB	0,23±0,16 bAB

Acidez Titulável					
Tratamentos	Dia 0	Dia 2	Dia 4	Dia 6	Dia 8
P + 100 mg L ⁻¹	0,29±0,07 aA	0,17±0,05 bcA	0,21±0,05 aA	0,18±0,07 bA	0,18±0,16 bA
P + 200 mg L ⁻¹	0,29±0,07 aA	0,16±0,05 cA	0,18±0,05 aA	0,16±0,07 bA	0,18±0,16 bA
P + 300 mg L ⁻¹	0,29±0,07 aA	0,27±0,05 aA	0,27±0,05 aA	0,21±0,07 bA	0,20±0,16 bA
P + 400 mg L ⁻¹	0,29±0,07 aA	0,24±0,05 abA	0,21±0,05 aA	0,18±0,07 bA	0,19±0,16 bA
CV (%)	4.10 ⁻⁷	13,83	22,79	17,12	34,18

Fonte: Aatoria Própria (2018).

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Com os dados da Tabela 4 verificou-se que os valores da acidez titulável variaram de 0,15 a 0,58 g ácido cítrico 100 mL⁻¹ de polpa de morango. Os frutos controle apresentaram maior média no 8º dia de armazenamento. Os tratamentos com cobertura não apresentaram diferença significativa no teor de acidez no decorrer do tempo de armazenamento.

A Tabela 5 apresenta a atividade de água das amostras ao longo do armazenamento.

Tabela 5 – Atividade de água de morangos *in natura* e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.

Atividade de Água					
Tratamentos	Dia 0	Dia 2	Dia 4	Dia 6	Dia 8
Controle	0,99±0,001aA	0,99±0,001aA	0,99±0,002aA	0,99±0,003abcA	0,99±0,002aA
Pectina (P)	0,99±0,001aAB	0,99±0,001aB	0,99±0,002aB	1,00±0,003aA	0,99±0,002aAB
P + 100 mg L ⁻¹	0,99±0,001aA	0,99±0,001aA	0,99±0,002aA	0,99±0,003aA	0,99±0,002aA
P + 200 mg L ⁻¹	0,99±0,001aA	0,99±0,001aA	0,99±0,002aA	0,99±0,003abA	0,99±0,002aA
P + 300 mg L ⁻¹	0,99±0,001aA	0,99±0,001aAB	0,99±0,002aAB	0,99±0,003bcB	0,99±0,002aAB
P + 400 mg L ⁻¹	0,99±0,001aA	0,99±0,001aAB	0,99±0,002aAB	0,99±0,003cB	0,99±0,002aAB
CV (%)	2,4.10 ⁻⁹	0,14	0,26	0,18	0,26

Fonte: Aatoria Própria (2018).

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação a atividade água (Tabela 5), não houve diferença significativa entre os tratamentos até o 4º dia de armazenamento. No 6º dia o tratamento Pectina apresentou valores estatisticamente superiores aos demais. Já o tratamento P + 400 mg L⁻¹ apresentou o menor

valor no 6º dia de armazenamento. Esta diferença observada pode ter sido em razão de alguma interação dos frutos com o meio ambiente, uma vez que o modelo de embalagem utilizado, se não cuidadosamente fechado, possibilita trocas gasosas.

A manutenção da cor do fruto é um dos atributos de qualidade mais desejados durante o armazenamento, pois pode alterar seu aspecto visual e comprometer a aceitação pelo consumidor (CALEGARO; PEZZI; BENDER, 2002). Os resultados obtidos para o componente colorimétrico de luminosidade (L^*) são mostrados na Tabela 6. Os valores variaram de 37,61 a 51,45, sendo que o controle apresentou valores significativamente superiores no 2º dia de armazenamento. Já no 8º dia o tratamento P + 200 mg L⁻¹ apresentou valores estatisticamente superiores aos demais. No estudo realizado por Friedrich et al. (2016), ao analisar os componentes colorimétricos de frutos de morango recobertos com biofilmes comestíveis, foi verificada pequena alteração no componente L^* dos frutos, que se apresentaram mais claros, ou seja, com maior brilho quando recobertos. Segundo Pimentel et al. (2011) os valores de L^* podem variar de 0 (preto) a 100 (branco), e aumentos no valor da luminosidade são resultado do processo de amadurecimento do fruto. Malgarim, Cantillano e Coutinho (2006), submeteram morangos a diferentes condições de armazenamento, e observaram que o componente L^* não sofreu alterações estatísticas.

Tabela 6 - Valores do componente colorimétrico L^* em morangos *in natura* e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.

Tratamentos	Cor (L^*)				
	Dia 0	Dia 2	Dia 4	Dia 6	Dia 8
Controle	41,76±1,46a	51,45±4,67a	41,18±2,04a	37,61±3,21a	39,51±2,64b
Pectina (P)	41,76±1,46a	41,31±4,67b	39,39±2,04a	37,61±3,21a	41,95±2,64ab
P + 100 mg L ⁻¹	41,76±1,46a	39,20±4,67b	40,26±2,04a	40,43±3,21a	41,36±2,64b
P + 200 mg L ⁻¹	41,76±1,46a	42,00±4,67b	41,28±2,04a	44,63±3,21a	46,23±2,64a
P + 300 mg L ⁻¹	41,76±1,46a	41,94±4,67b	41,37±2,04a	40,44±3,21a	43,11±2,64ab
P + 400 mg L ⁻¹	41,76±1,46a	40,48±4,67b	38,06±2,04a	39,05±3,21a	42,72±2,64ab
CV (%)	0,04	6,29	4,89	6,37	3,96

Fonte: Autoria Própria (2018).

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 7 apresenta os valores do componente a^* das amostras ao longo do armazenamento.

A coordenada vermelho/verde (a^*) dos frutos apresentou diferenças significativas entre os tratamentos somente no 8º dia de armazenamento, sendo que os frutos do tratamento Pectina apresentaram a maior média comparada aos demais tratamentos e controle. Malgarim, Cantillano e Coutinho (2006) obtiveram resultados diferentes, com variação de a^* entre 33,54 e 36,73 de acordo com o tempo de armazenamento. Segundo Reis et al. (2008) menores valores de a^* estão associados a frutos mais verdes, enquanto que maiores valores estão associados a frutos mais vermelhos, apontando que os morangos utilizados no presente estudo encontravam-se mais verdes que os frutos utilizados por Malgarim, Cantillano e Coutinho (2006).

Tabela 7 - Valores do componente colorimétrico a^* em morangos *in natura* e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.

Tratamentos	Cor (a^*)				
	Dia 0	Dia 2	Dia 4	Dia 6	Dia 8
Controle	20,44±2,87a	19,79±3,54a	16,93±2,59a	12,27±2,29a	12,05±2,56b
Pectina (P)	20,44±2,87a	16,20±3,54a	17,50±2,59a	15,78±2,29a	18,21±2,56a
P + 100 mg L ⁻¹	20,44±2,87a	11,72±3,54a	15,76±2,59a	14,50±2,29a	16,62±2,56ab
P + 200 mg L ⁻¹	20,44±2,87a	13,67±3,54a	13,64±2,59a	17,09±2,29a	16,42±2,56ab
P + 300 mg L ⁻¹	20,44±2,87a	12,44±3,54a	15,93±2,59a	16,87±2,29a	16,80±2,56ab
P + 400 mg L ⁻¹	20,44±2,87a	15,29±3,54a	12,45±2,59a	16,28±2,29a	17,62±2,56a
CV (%)	3,7.10 ⁻⁷	19,26	14,01	12,79	11,51

Fonte: Autoria Própria (2018).

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 8 apresenta os valores para o componente b^* das amostras ao longo do armazenamento.

Os resultados obtidos para a coordenada amarelo/azul (b^*) mostraram que os frutos do controle foram estatisticamente superiores aos demais no 2º dia de armazenamento (Tabela 8). Nos outros dias não houve diferença significativa entre os tratamentos. Estes valores estão de acordo com os resultados encontrados por Reis et al. (2008), que obtiveram valores de b^*

entre 12,77 e 19,17. Ainda segundo o autor, maiores valores no parâmetro b^* estão associados a frutos mais amarelos.

Tabela 8 - Valores do componente colorimétrico b^* em morangos *in natura* e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.

Tratamentos	Cor (b^*)				
	Dia 0	Dia 2	Dia 4	Dia 6	Dia 8
Controle	17,47±1,45a	23,17±4,92a	14,17±1,94a	10,63±1,85a	11,73±2,28a
Pectina (P)	17,47±1,45a	13,69±4,92b	12,99±1,94a	11,12±1,85a	15,13±2,28a
P + 100 mg L ⁻¹	17,47±1,45a	10,19±4,92b	13,51±1,94a	13,49±1,85a	13,65±2,28a
P + 200 mg L ⁻¹	17,47±1,45a	11,72±4,92b	13,88±1,94a	14,58±1,85a	16,85±2,28a
P + 300 mg L ⁻¹	17,47±1,45a	13,56±4,92b	14,12±1,94a	12,45±1,85a	13,95±2,28a
P + 400 mg L ⁻¹	17,47±1,45a	11,66±4,92b	10,10±1,94a	12,01±1,85a	12,47±2,28a
CV (%)	0,08	19,55	11,76	12,16	13,21

Fonte: Autoria Própria (2018).

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

5.2 TEOR DE VITAMINA C E CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO

A vitamina C é a que possui menor estabilidade dentre todas as vitaminas e, nos frutos, sua concentração é dependente da variedade, do sistema de cultivo, do nível de maturação e do tempo de armazenamento (LEE; KADER, 2000; WANG et al., 2017).

O teor de vitamina C dos morangos *in natura*, determinado no início do experimento foi de $69,23 \pm 8$ mg de vitamina C/100 g de amostra, superior ao encontrado por Carvalho (2013) que obteve valores de 54,5 e 62,84 mg 100 mL⁻¹ para a mesma cultivar.

A Figura 13 apresenta o teor de vitamina C das amostras ao longo do armazenamento.

Verificou-se que houve uma diminuição nos teores de vitamina C entre o 1º e 8º dia de armazenamento para o Controle e para os tratamentos Pectina + 200 mg L⁻¹ e Pectina + 300 mg L⁻¹ de 12,3%, 54,17% e 45,3%, respectivamente. O tratamento Pectina apresentou diminuição dos teores somente a partir do 6º dia de armazenamento. O tratamento Pectina + 100 mg L⁻¹ apresentou redução entre o 4º e o 6º dia, porém, havendo um aumento do 6º ao 8º

dia. Para o tratamento Pectina + 300 mg L⁻¹, os teores diminuíram a partir do 2º dia e para Pectina + 400 mg L⁻¹ houve redução entre o 2º e 6º dia, porém os teores do 8º dia apresentaram-se mais elevados, como pode ser observado na Figura 13. O controle apresentou uma redução linear do conteúdo de vitamina C ao longo do armazenamento.

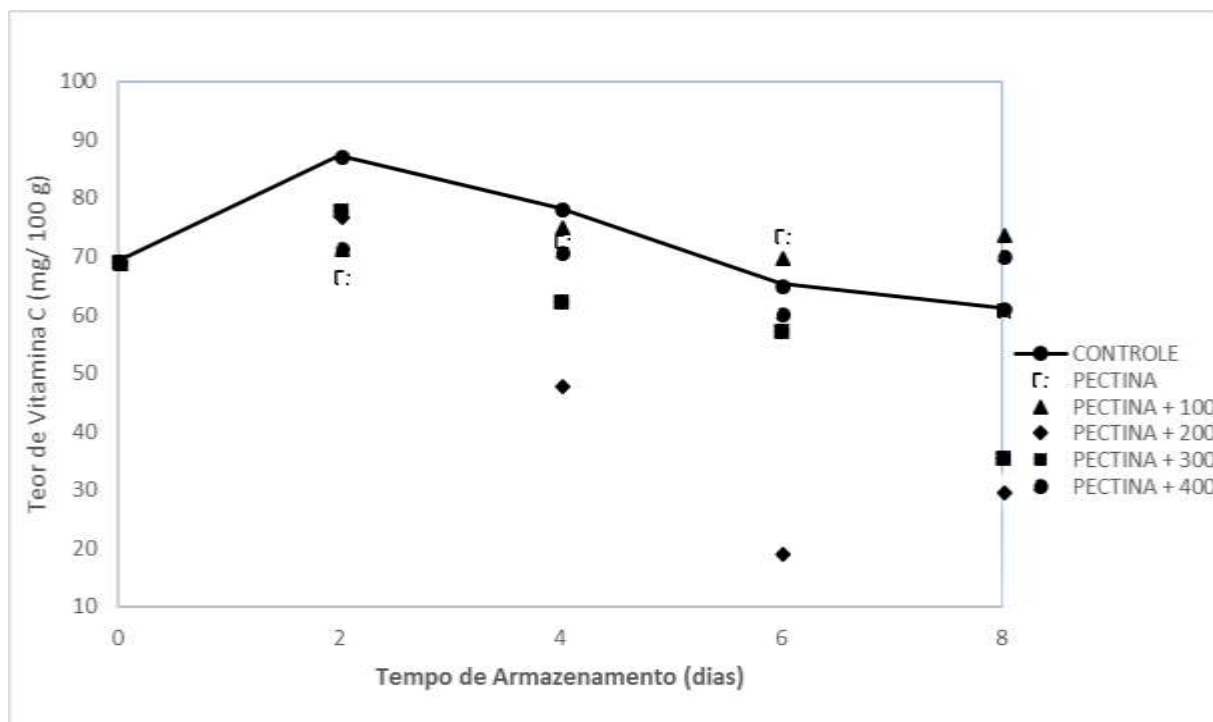


Figura 13 – Teor de vitamina C em morangos *in natura* e recobertos com cobertura comestível de pectina e ácido cinâmico durante 8 dias de armazenamento a 5 ± 1 °C.
Fonte: Autoria própria (2018).

O estudo da cinética de degradação da vitamina C é importante, pois permite estabelecer condições e maneiras de evitar as perdas deste composto, além de permitir a predição das concentrações ao longo da vida de prateleira do fruto (CASTRO, 2008). A degradação do ácido ascórbico é observada em diversos estudos como sendo uma reação de primeira ordem (YAMASHITA et al., 2003; GABAS; TELIS-ROMERO; MENEGALLI, 2003; ALVES et al., 2010; MUNHOZ, 2016).

Para a análise da ordem da reação de degradação da vitamina C das diferentes amostras durante o armazenamento foram plotados, para cada tratamento, as concentrações relativas de vitamina C *versus* tempo de armazenamento e foi realizada a regressão linear

destes dados. Verificou-se que apenas o Controle apresentou ajuste ao modelo cinético de 1º ordem com valor de R^2 de 0,97. Os tratamentos, Pectina + 200 mg L⁻¹ e Pectina + 300 mg L⁻¹ apresentaram ajuste para reação de ordem zero através da regressão linear da concentração relativa de vitamina C em função do tempo de armazenamento (dias). Este comportamento não era esperado, pois usualmente a cinética de degradação da vitamina C é de primeira ordem, como reportado por Alves et al. (2010) para mangas, Gabas, Telis-Romero e Menegalli (2003) para ameixas e Sapei e Hwa (2013) para sucos de morango. Os demais tratamentos não apresentaram ajuste a nenhum modelo. Ao ajustar os dados à Equação 5 foi possível determinar os parâmetros cinéticos para o controle e os tratamentos Pectina + 200 mg L⁻¹ e Pectina + 300 mg L⁻¹, os quais são mostrados na Tabela 9.

Tabela 9 – Parâmetros cinéticos da degradação de vitamina C em morangos *in natura* e tratados com cobertura à base de pectina e ácido cinâmico.

Tratamento	Ordem da reação	Equação da reta	k (dias ⁻¹)	D_t (dias)	R^2
Controle	1º	$y = -0,0271x + 0,1543$	0,027	85,30	0,97
Pectina	-	$y = 0,0016x + 1,0437$	-	-	0,01
Pectina + 100 mg L ⁻¹	-	$y = 0,006x + 1,0175$	-	-	0,24
Pectina + 200 mg L ⁻¹	0	$y = -0,1229x + 1,2444$	0,123	18,7	0,76
Pectina + 300 mg L ⁻¹	0	$y = -0,0953x + 1,3189$	0,095	24,0	0,95
Pectina + 400 mg L ⁻¹	-	$y = -0,0106x + 1,0396$	-	-	0,13

Fonte: Autoria própria (2018).

Segundo Wang et al. (2017) o modelo de primeira ordem tem sido amplamente estudado por possuir um bom ajuste aos dados experimentais de degradação da vitamina C, porém o modelo de ordem zero, Weibull, e redes neurais artificiais tem também sido utilizados para descrever a degradação do ácido ascórbico em diferentes materiais durante tratamentos térmicos e períodos de armazenamento. Yamashita et al. (2003) ao avaliarem a cinética de degradação da vitamina C de acerolas *in natura* e polpas pasteurizadas, congeladas e armazenadas a -12 °C e -18 °C, e no suco de acerola pasteurizado, mantido a temperatura ambiente, verificaram cinética de ordem zero para o suco da fruta, como encontrado no presente trabalho.

Sapei e Hwa (2013) avaliaram a degradação da vitamina C em sucos de morango, adicionados ou não de açúcar e armazenados por 8 horas a 28 ° C. Os tratamentos foram avaliados utilizando os modelos cinéticos de ordem zero e primeira ordem, sendo o melhor ajuste obtido para o modelo de ordem zero com valores para R^2 de 0,99 para todos os tratamentos.

O tempo de redução decimal (D_t) é o tempo necessário para reduzir a concentração de vitamina C a um décimo do valor inicial (GABAS; TELIS-ROMERO; MENEGALLI, 2003). O Controle obteve o maior valor para o tempo de redução decimal (85,3 dias) assim como a menor velocidade de reação de degradação (0,027 dias⁻¹). Os frutos do tratamento Pectina + 200 mg L⁻¹ tiveram a degradação mais rápida do ácido ascórbico.

Castro (2005) analisou as reações de degradação do ácido ascórbico de caju, acerola e goiaba *in natura* congelados e os dados foram ajustados a uma equação de primeira ordem. O autor obteve resultados para a constante de velocidade da reação (k) de 0,0027 dias⁻¹ para o caju, 0,00209 dias⁻¹ para a acerola e 0,0058 dias⁻¹ para a goiaba. Os valores encontrados para k neste estudo foram superiores, indicando que a degradação da vitamina C ocorreu de forma mais rápida nos morangos.

As reações de degradação da vitamina C dos tratamentos Pectina, Pectina + 100 mg L⁻¹, e Pectina + 400 mg L⁻¹ não se ajustaram nem a ordem zero nem a primeira ordem. Este fato possivelmente está relacionado a erros durante a amostragem ou até mesmo à técnica de determinação do conteúdo de vitamina C. Para a realização da análise, utilizou-se em média 10 frutos de cada tratamento e é possível que mais frutos devessem ter sido utilizados para melhorar a representatividade das amostras. Além disso, a técnica utilizada para determinação do teor de ácido ascórbico foi a metodologia de Tilmans que se trata de uma titulação em que o ácido ascórbico reduz o indicador (DCFI) a uma solução incolor, e, ao final da reação, o excesso do indicador que não foi reduzido confere à solução uma coloração rosada. A dificuldade encontrada foi a visualização do ponto de viragem, uma vez que o morango já possui uma coloração vermelho-rosada. Como a mudança de cor da amostra é sutil, pode ter gerado resultados duvidosos devido à possibilidade do uso excessivo de indicador, assim como relatado por Oliveira, Godoy e Prado (2010). A alta instabilidade do ácido ascórbico também pode ter sido um fato que contribuiu para resultados errôneos, pois podem ter

ocorrido perdas do composto a partir do momento em que os frutos foram retirados da refrigeração até o momento da análise.

5.3 TEXTURA

Segundo Ferreira et al. (2008) a medição do *bioyield point* é uma informação importante na comparação da susceptibilidade à hematomas por compressão entre diferentes frutas. O *bioyield point* é o primeiro ponto na curva de deformação onde ocorre uma queda de força igual ou maior que 0,01 N. A partir desse ponto começam a ocorrer danos macroestruturais que levam à ruptura dos tecidos (LU; SRIVASTAVA; BEAUDRY, 2005).

A Tabela 10 apresenta o *bioyield* das amostras ao longo de seu armazenamento.

O valor encontrado para esta variável no início do experimento foi de 1,05 N. É possível verificar que após o período de armazenamento os frutos recobertos apresentaram *bioyields* significativamente maiores que os frescos, mostrando que a aplicação da cobertura comestível contribuiu por aumentar a resistência das amostras aos danos macroestruturais dos tecidos.

Tabela 10 – *Bioyield* de morangos *in natura* e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.

Tratamentos	Bioyield (N)			
	Dia 2	Dia 4	Dia 6	Dia 8
Controle	1,03±29,06 Bb	0,96±41,63 Bb	0,96±31,65 ABb	0,80±23,43 Bb
Pectina (P)	1,09±44,75 Bb	1,09±36,02 Bb	1,22±48,19 Ab	1,14±48,59 Ab
P + 100 mg L ⁻¹	0,84± 36,78 Bb	1,02±36,76 Bb	1,05±42,88 ABb	1,05±38,00 ABb
P + 200 mg L ⁻¹	1,13±45,59 Bb	0,89±29,00 Bb	0,84±40,81 Bb	0,84±44,65 ABb
P + 300 mg L ⁻¹	1,15± 48,68 Bb	1,09±31,81 Bb	1,12±42,81 ABb	1,06±34,76 ABb
P + 400 mg L ⁻¹	1,07±39,17 Bb	0,95±27,10 Bb	1,05±42,93 ABb	1,01±37,70 ABb
CV (%)	33,44	28,74	34,30	29,83

Fonte: Autoria Própria (2018).

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Não foi possível verificar nenhuma diferença significativa entre os dados de cada amostra no decorrer dos dias de armazenamento, diferente dos resultados encontrados por Mehra (1971) que obteve valores médios de 126,1 gf (1,24 N) no primeiro dia de colheita dos morangos, e de 78,1 gf (0,76 N) para o décimo dia de colheita, o que mostra um decréscimo acentuado no valor do *bioyield point* de morangos no decorrer do tempo. Os frutos colhidos no último dia da temporada foram mais susceptíveis a danos mecânicos do que os colhidos em dias anteriores.

Tabatabaekolour (2014) avaliou o *bioyield point* e a firmeza da polpa de kiwi, armazenados em temperatura ambiente e sob refrigeração, em duas orientações (vertical e horizontal), por 16 dias. Durante o armazenamento, a firmeza da polpa variou de 32,6 a 13,4 N para os frutos em temperatura ambiente analisados na horizontal, enquanto que na vertical, os valores variaram de 47,1 a 28,3 N. Os frutos armazenados sob refrigeração apresentaram valores de 37,2 a 18,2 N na direção horizontal e 49,8 a 34,4 N na direção vertical. O *bioyield point* dos frutos armazenados à temperatura ambiente e analisados na horizontal variaram de 101,6 a 41,5 N e os analisados na vertical, de 138,6 a 87,7 N. Já os frutos armazenados sob refrigeração e analisados na horizontal apresentaram valores de 92,8 a 54,4 N e na vertical de 143,2 a 111,4 N.

O valor encontrado para a firmeza da polpa dos morangos frescos foi de 0,32 N. Os valores médios no decorrer do tempo de armazenamento são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Firmeza da polpa de morangos *in natura* e com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 °C durante 8 dias.

Tratamentos	Firmeza da Polpa			
	Dia 2	Dia 4	Dia 6	Dia 8
Controle	0,29±12,00 Bb	0,32±16,65 Bb	0,31±12,84 Bb	0,29±13,11 Bb
Pectina (P)	0,38±20,27 Bb	0,36±13,66 Bb	0,41±21,82 Bb	0,39±20,18 Bb
P + 100 mg L ⁻¹	0,28±11,44 Bb	0,33±12,39 Bb	0,32±17,03 Bb	0,33±14,00 Bb
P + 200 mg L ⁻¹	0,34±16,67 Bb	0,32±15,62 Bb	0,42±20,68 Bb	0,32±20,13 Bb
P + 300 mg L ⁻¹	0,37±19,81 Bb	0,33±13,54 Bb	0,35±14,68 Bb	0,37±16,06 Bb
P + 400 mg L ⁻¹	0,35±20,86 Bb	0,33±10,70 Bb	0,37±15,20 Bb	0,34±12,45 Bb
CV (%)	36,43	31,16	38,35	29,80

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Não foi possível verificar diferenças significativas na dureza das amostras ao longo do armazenamento. Ao final do período de armazenamento, o Controle apresentou 8,6% de redução da firmeza.

A Figura 14 representa a firmeza das amostras, sendo possível perceber que depois de 8 dias de armazenamento os frutos dos tratamentos com cobertura apresentaram valores de firmeza da polpa superiores ao do controle, ainda que estatisticamente iguais.

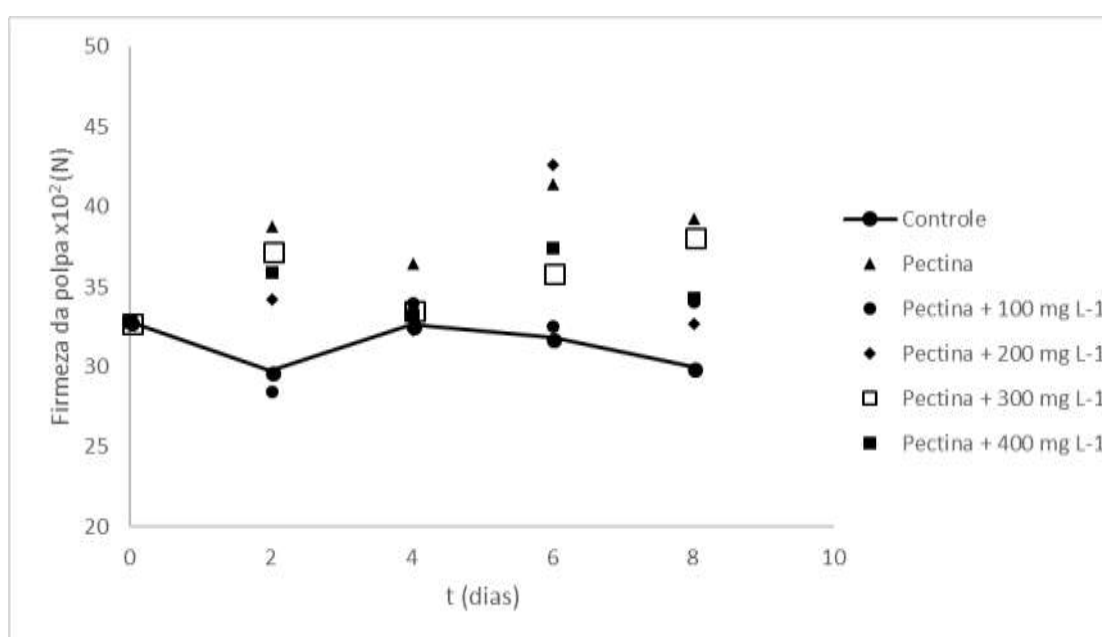


Figura 14 – Firmeza da polpa para cada tratamento com o tempo de armazenamento.
Fonte: Autoria própria (2018).

No estudo de Almeida (2012) a firmeza dos morangos foi determinada através de testes de punção e variou de 3,81 a 7,03 N. Na pesquisa de Pinelli et al. (2008) com morangos da variedade “Oso Grande” e “Camino Real” armazenados a 5 °C por 6 dias, os valores da firmeza da polpa variaram de 8,8 a 9,3 N para variedade “Camino Real” e de 4,5 a 5,5 N para a variedade “Oso Grande”.

5.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Na Tabela 12 são apresentados os dados das análises microbiológicas, sendo possível verificar que os frutos de todos os tratamentos apresentaram contagem de coliformes a 45 ° C $<1,0 \times 10^1$ UFC g⁻¹ e ausência de *Salmonella* sp. em 25 g durante os oito dias de armazenamento. Os resultados obtidos estão de acordo com a legislação vigente que estabelece como limite máximo de 2×10^3 UFC/g para coliformes a 45 ° C e ausência de *Salmonella* sp. em 25 g (BRASIL, 2001).

Tabela 12 - Contagem de *Salmonella* spp (em 25g) e coliformes a 45 ° C (log UFC g⁻¹) em morangos in natura com cobertura comestível a base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico, armazenados a 5 ± 1 ° C durante 8 dias.

Tratamentos	Dia					Dia				
	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
	Salmonella spp. (em 25g)					Coliformes a 45 ° C (log UFC g ⁻¹)				
Controle	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	<1	<1	<1	<1	<1
Pectina	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	<1	<1	<1	<1	<1
P + 100 mg L ⁻¹	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	<1	<1	<1	<1	<1
P + 200 mg L ⁻¹	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	<1	<1	<1	<1	<1
P + 300 mg L ⁻¹	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	<1	<1	<1	<1	<1
P + 400 mg L ⁻¹	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	<1	<1	<1	<1	<1

Fonte: Autoria própria (2017).

Resultados similares foram encontrados por Nascimento e Silva (2010) com relação à contagem de coliformes termotolerantes, cujo baixo valor foi atribuído à utilização de boas práticas agrícolas e ao uso de água isenta de contaminação microbiológica, como no presente trabalho. Além disso, no presente estudo, as frutas foram sanitizadas antes do armazenamento, fato que possivelmente colaborou para os resultados microbiológicos encontrados.

No estudo de Alcântara (2009), ao avaliar as características físicas, químicas e microbiológicas de produtos orgânicos, também obteve resultados de acordo com os limites da legislação para morangos da cultivar “Oso Grande” nas análises de coliformes termotolerantes e *Salmonella* sp. Segundo o autor, estes resultados são reflexo de cuidados em toda a cadeia produtiva. Segundo Bialka e Demirci (2007), durante o processo de cultivo de

frutas pequenas, contaminações podem ocorrer devido à irrigação com água contaminada, utensílios contaminados, sanitização ineficiente e utilização de adubos. Além disso, apenas a lavagem com água não é suficiente para a remoção de microorganismos deteriorantes e patogênicos da fruta.

Através das análises realizadas não é possível obter conclusões claras sobre a ação da cobertura nas características microbiológicas dos frutos, porém, visualmente, foi possível perceber uma diminuição na incidência de bolores na superfície dos frutos, como pode ser observado na Figura 15.



Figura 15 – Acompanhamento do crescimento de bolores na superfície dos morangos frescos e nos submetidos aos diferentes tratamentos após 8 dias de armazenamento a 5 ± 1 °C. 1) Controle; 2) Cobertura de pectina; 3) Pectina + 100 mg L^{-1} de ácido cinâmico; 4) Pectina + 200 mg L^{-1} de ácido cinâmico; 5) Pectina + 300 mg L^{-1} de ácido cinâmico; 6) Pectina + 400 mg L^{-1} de ácido cinâmico.

Fonte: Autoria própria (2017).

Observou-se melhora na conservação dos frutos de acordo com o aumento da concentração de ácido cinâmico nas coberturas. Os frutos Controle apresentaram grande incidência de bolores em sua superfície após 8 dias de armazenamento. Já os frutos do tratamento Pectina + 400 mg L⁻¹ apresentaram menor incidência de bolores quando comparado aos frutos do controle e do tratamento Pectina.

Garcia (2009) avaliou o efeito da utilização de cobertura comestível a base de fécula de mandioca adicionada ou não de um agente antimicrobiano em morangos minimamente processados. Em alguns tempos ao longo do armazenamento, obteve-se, para avaliação de bolores e leveduras, uma maior contagem microbiana nas amostras contendo cobertura em relação ao controle. Segundo o autor, este fato pode estar relacionado à utilização dos carboidratos presentes na cobertura como fonte de energia pelos microorganismos.

6. CONCLUSÃO

De maneira geral, concluiu-se que as coberturas de pectina adicionadas de ácido cinâmico contribuíram para o aumento da conservação dos morangos, já que os resultados indicaram que:

- o *bioyield point* dos frutos recobertos foi significativamente maior que o dos frescos ao final do período de armazenamento, mostrando que a cobertura contribuiu por aumentar a resistência das amostras a danos macroestruturais;
- a contagem de coliformes a 45 °C e *Salmonella* spp mostraram que os frutos de todos os tratamentos e do controle se apresentaram dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente.

A cinética de degradação da vitamina C do Controle foi representada por reação de primeira ordem, como esperado, enquanto que das amostras Pectina + 200 mg L⁻¹ e Pectina + 300 mg L⁻¹, foi representada por reações de ordem zero. Para os demais não foi verificado ajuste, fato possivelmente relacionado à equívocos durante a amostragem ou à técnica de análise.

Como indicação para trabalhos futuros, pode-se apontar a análise microbiológica de bolores e leveduras e a contagem de mesófilos aeróbios para comprovar o efeito antimicrobiano da cobertura, além da análise de custos e viabilidade da aplicação desta cobertura em escala industrial.

7. REFERÊNCIAS

ADISA, V. A. The influence of molds and some storage factors on the ascorbic acid content of orange and pineapple fruits. **Food Chemistry**, v. 22, n. 2, p. 139-146, 1986.

ALLENDE, A.; BUENDÍA, A.M.B.; TOMÁS-BARBERAN, F.; GIL, M.I. Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O₃, superatmospheric O₂ and high CO₂) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 46, n. 3, p. 201-211, 2007.

ALCÂNTARA, E. M. de. **Caracterização física, química e microbiológica de morango, alface e cenoura orgânicos**. 2009. 127f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

ALVES, J. A.; NASSUR, R. C. M. R.; PIRES, C. R. F.; ALCÂNTARRA, E. M.; GIANNONI, J. A.; LIMA, L. C. O.; Cinética de degradação da vitamina C em mangas ‘Palmer’ minimamente processadas armazenadas em diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34 n. 3, p. 714-721, maio-jun, 2010.

ALMEIDA, L. H. de. **Qualidade de morango e framboesa – Efeito de diferentes práticas culturais, datas de colheita e estabilidade durante conservação sob congelação**. 2012. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.

AMAL, A.S.H.; EL-MOGY, M.M; ABOUL-ANEAN, H.E.; ALSANIUS, B.W. Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. **Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants**, v. 2, n. 3, p. 88-97, 2010.

ANTUNES, L.E. C.; REISSER, C.J. Fragole, i produttori brasiliani mirano all’esportazione in Europa. **Rivista di Frutticoltura**, Bologna, v. 69, n. 5, p.60-65, 2007.

ARANHA, F. Q.; BARROS, Z. F.; MOURA, L. S. A.; GONÇALVES, M. da C. R.; BARROS, J. C.; METRI, J. C.; SOUZA, M. S. O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas no idoso. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 2, p. 1-6, Maio-Agosto, 2000.

AUGER, C.; LAURENT, N.; LAURENT, C.; BESANÇON, P.; CAPORICCIO, B.; TEISSÉDRE, P.L.; ROUANET, J.M. Hydroxycinnamic acids do not prevent aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic golden Syrian hamsters. **Life sciences**, v. 74, n. 19, p. 2365-2377, 2004.

ÁVILA, J.M.M. de; TORALLES, R.P.; CANTILLANO, R.F.F.; PERALBA, M.C.R. Influência do sistema de produção e do armazenamento refrigerado nas características físico-químicas e no desenvolvimento de compostos voláteis em morangos. **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, p. 2265-2271, 2012.

AYRANCI, E.; TUNC, S. A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. **Food Chemistry**, v. 80, n. 3, p. 423-431, março. 2003.

BENDER, R.J.; PEZZI, E.; LEÃO, M.L. de; CASALI, M.E. Armazenagem de morangos cv. Camarosa e cv. Verão em atmosfera modificada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 285-292, 2010.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

BIOLOGIA VEGETAL. **Determinação do teor de sólidos solúveis em produtos vegetais**. Disponível em: <<https://biologiavegetal.com/47-determinacao-do-teor-de-solidos-soluveis-em-produtos-vegetais/>>. Acesso em: 29 Set. 2018.

BIALKA, K. L.; DEMIRCI, A. Utilization of Gaseous Ozone for the Decontamination of Escherichia coli O157: H7 and Salmonella on Raspberries and Strawberries. **Journal of Food Protection**, V. 70, n. 5, p. 1093-1098, 2007.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. Carboidratos. In:_____. **Introdução à Química de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 1989. p.61-189.

BRANDÃO, E.M.; ANDRADE, C.T. Influência de fatores estruturais no processo de geleificação de pectinas de alto grau de metoxilação. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 3, p. 38-44, São Carlos, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, p. 1018, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Brasília, 2001.

CALEGARO, J. M.; PEZZI, E.; BENDER, R.J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1049-1055, Brasília, 2002.

CAMARGO, W.P.F. de; CAMARGO, F.P. de; Análise da Produção de Morango dos Estados de São Paulo e Minas Gerais e do Mercado da Ceagesp. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 5, p. 42-50, Maio, 2009.

CARDOSO, P. C.; TOMAZINI, A. P. B.; STRINGHETA, P. C.; RIBEIRO-SANT'ANA, S. M. Vitamin C and carotenoids in organic and conventional fruits grown in Brazil. **Food Chemistry**, v. 126, p. 411-416.

CARVALHO, S. F. de. **Produção, qualidade e conservação pós-colheita de frutas de diferentes cultivares de morango nas condições edafoclimáticas de Pelotas-RS**. 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

CASTRO, M. R. S. de. **Cinética de degradação do ácido ascórbico em polpas de frutas congeladas *in natura***. 2005. 97f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

CLIFFORD, M. N. Chlorogenic acids and other cinnamates—nature, occurrence and dietary burden. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, n. 3, p. 362-372, 1999.

COELHO, M.T.; **Pectina: Características e Aplicações em Alimentos**. 2008. 33 f. Trabalho Acadêmico (Bacharelado em Química de Alimentos) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

COLTRO-RONCATO, S. et al. Conservation of strawberry treated with heat shock. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 2, p. 209-214, Marechal Cândido Rondon, 2016.

COSTA, H.; VENTURA, J. A.; LOPES, U. P. 2011. Manejo integrado de doenças do morangueiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51., 2011, Viçosa: Horticultura Brasileira, 2011. v. 29, p. 5856-5877.

DAROLT, M. R.; Morango orgânico: opção sustentável parao setor. **Revista Campo e Negócios**, n. 34, p. 58-61, março, 2008.

DE ANDRADE JUNIOR, V. C.; GUIMARÃES, A. G.; AZEVEDO, A. M.; PINTO, N.; FERREIRA, M. A. M. Conservação pós-colheita de frutos de morangueiro em diferentes condições de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 3, jul-set, 2016.

EL-SHIEKH, Y. W. A.; NOUR EL-DIN, H. A.; SHAYMAA, M. A. A.; ZAHRA, K.; E. A. Antifungal activity of some naturally occurring compounds against economically important phytopathogenic fungi. **Nature and Science**, v. 10, p. 114-123, 2012.

EKMEKCIOGLU, C.; FEYERTAG, J.; MARKTL, W. Cinnamic acid inhibits proliferation and modulates brush border membrane enzyme activities in Caco-2 cells. **Cancer letters**, v. 128, n. 2, p. 137-144, 1998.

FAO/OMS. Human Vitamin and Mineral Requirements. In: Report 7th Joint FAO/OMS Expert Consultation. Bangcoc, Tailândia, 2001.

FERREIRA, M.D.; SARGENT, S. A.; BRECHT, J. K.; CHANDLER, C. K. Strawberry fruit resistance to simulated handling. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 5, p.490-495, 2008.

FIORUCCI, A. R.; SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. C. A Importância da Vitamina C na Sociedade Através dos Tempos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 17, p. 3-7, maio. 2003.

FORNARO, A.; COICHEV, N. Ácido L-ascórbico: reações de complexação e de óxido-redução com alguns íons metálicos de transição. **Química Nova**, v. 21, n. 5, p. 642-650, 1998.

FRANÇOSO, I.L.T.; COUTO, M.A.L.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 614-619, 2008.

FRIEDRICH, J. C. C.; SILVA, O. U. da; CAETANO, J. DRAGUNSKI, D. C. Análise colorimétrica de frutos de morango recobertos com biofilmes comestíveis a base de amido, gelatina, sorbitol com adição de extrato de *Tetradenia riparia*. In: CONGRESSO DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS DO MERCOSUL, 6., 2016, Cascavel. **Anais...** Paraná: Unioeste, 2016.

GABAS, A. L.; TELIS-ROMERO, J. MENEGALLI, F. C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 66-70, dez, 2003.

GARCIA, C.C.; CAETANO, L.C.; SILVA, K.S.; MAURO, M.A. Influence of Edible Coating on the Drying and Quality of Papaya (*Carica papaya*). **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, p. 2828–2839, 2014.

GARCIA, L.C. **Aplicação de coberturas comestíveis em morangos minimamente processados**. 2009. 143f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J.; GODOI, R. Cultivo em Solo do Morangueiro. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 273-279, jan-fev, 2008.

GUZMAN, J.D. Natural Cinnamic Acids, Synthetic Derivatives and Hybrids with Antimicrobial Activity. **Molecules**, v. 19, n. 12, p. 19292-19349, 2014.

Instituto de Economia Agrícola (IEA). 2008. Retrato da Comercialização de Morango em São Paulo no ano de 2006. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 3, n. 1, Janeiro, 2008.

JOLIE, R. P.; DUVETTER, T.; VAN LOEY, A. M.; HENDRICKX, M. E. Pectin methylesterase and its proteinaceous inhibitor: a review. **Carbohydrate Research**, v. 345, n. 18, p. 2583-2595, 2010.

KLUGE, R. A. NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Livraria e Editora Rural. 2 ed. Campinas, 2002. 214p.

KILCAST, D. Texture in Food. In: KILCAST, D.; McKENNA, B. M. (Ed.). **Improving the Texture of Frozen Fruit: the case of berries**. 2 ed. Cambridge, England: Woodhead Publishing, 2004. p. 390-391.

KOPJAR, M.; PILIZOTA, V.; HRIBAR, J.; TIBAN, N. N.; SUBARIC, D.; BABIC, J.; POZRL, T. Influence of Trehalose Addition on Instrumental Textural Properties of Strawberry Pastes. **International Journal of Food Properties**, v. 11, p. 649-655, 2008.

KOUASSI, Y., SHELEF, L.A. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by cinnamic acid: possible interaction of the acid with cystenyl residues. **Journal Food Safety**, v.18, p. 231-242, 1998.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 30, p. 207-220, 2000.

LIU, L.; HUDGINS, R.W.; SHACK, S.; YIN, M.Q.; SAMID, D. Cinnamic acid: a natural product with potential use in cancer intervention. **International journal of cancer**, v. 62, n. 3, p. 345-350, 1995.

LU, R.; SRIVASTAVA, A. K.; BEAUDRY, R. M. A new bioyield tester for measuring apple fruit firmness. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 21, n. 5, p. 893-900, 2005.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, F.F.; COUTINHO, E.F. Systems and Conditions of Harvest and Storage in Strawberries Cv ' S Camarosa Quality. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 185-189, Agosto, 2006.

MEHRA, H. K. **Some physical properties of strawberries related to design of a selective harvester**. 1971. 78 f. Thesis (Master of Applied Science) – Department of Agricultural Engineering, University of British Columbia, Vancouver, 1971.

MORAES, I. V. de. **Morango Processado Minimamente e Conservado sob Refrigeração e Atmosfera Controlada**. 2005. 116 f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MORÁN, G. A. G.; CARDONA, A. G.; MEIÍA, O. R.; GRIMALD, D. C.; VELA, H. S.; BIOL, S. A. B.; COBOS, C. Aspectos bioclínicos y patobiológicos de la vitamina C en la especie humana. **Revista CES Medicina**, v. 20, n. 2, p. 53-72, jul-dec, 2006.

MOSQUEDA-MELGAR, J.; RAYBAUDI-MASSILIA, R.M.; MARTÍN-BELLOSO, O. Combination of High-Intensity Pulsed Electric Fields with Natural Antimicrobials to Inactivate Pathogenic Microorganisms and Extend the Shelf-Life of Melon and Watermelon Juices. **Food Microbiology**, v. 25, n. 3, p. 479-491, março, 2008.

MUSA, C. I.; WEBER, B.; GONZATTI, H. C.; BIGUELINI, C. B.; SOUZA, C. F. V. de.; OLIVEIRA, E. C. Avaliação do teor de vitamina C em morangos de diferentes cultivares em sistemas de cultivo distintos no município de Bom Princípio/RS. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 2, p. 368-373, 2015.

MUNHOZ, K. A. S. **Estudo da cinética de degradação da cor, ácido ascórbico e consistência ao longo da cadeia de processamento industrial de polpa concentrada de tomate**. 2016. 99f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação - NEPA. Tabela brasileira de composição de alimentos TACO. 4 ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2011. 161p.

NASCIMENTO, M. S. do; SILVA, N. da. Tratamentos químicos na sanitização de morango (*Fragaria vesca* L). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, n. 1, p. 11-17, 2010.

OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B. Desempenho produtivo de mudas nacionais e importadas de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 520–522, Dezembro, 2006.

OLIVEIRA, R. G. de.; GODOY, H. T.; PRADO, M. A. Otimização de metodologia colorimétrica para a determinação de ácido ascórbico em geleias de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 244-249, jan-mar, 2010.

OSHITA, D.; JARDIM, I.C.S.F. Morango : Uma Preocupação Alimentar , Ambiental E Sanitária , Monitorado Por Cromatografia Líquida Moderna. **Scientia Chromatographica**, v. 4, n. 1, p. 52–76, 2012.

PADURET, S.; OROIAN, M.; GUTT, G.; AMARIEI, S. Evaluation of Strawberry Texture in Close Relation with their Anisotropy. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. 2, p. 247- 259, 2017.

PAVLATH, A.E.; ORTS W. Edible Films and Coatings: Why, What, and How? In: HUBER, Kerry C.; EMBUSCADO, Milda E. (Ed.). **Edible Films and Coatings for Food Applications**, Springer New York, 2009, p. 1-23.

Revista Food Ingredients Brasil. Pectinas, propriedades e aplicações n. 29, p. 46-53, 2014.

PÉREZ, A.G.; SANZ, C. Effect of High-Oxygen and High-Carbon-Dioxide Atmospheres on Strawberry Flavor and Other Quality Traits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 49, n. 5, p. 2370-2375, 2001 apud ÁVILA, J.M.M. de; TORALLES, R.P.; CANTILLANO, R.F.F.; PERALBA, M.C.R. Influência do sistema de produção e do armazenamento refrigerado nas características físico-químicas e no desenvolvimento de compostos voláteis em morangos. **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, p. 2265-2271, 2012.

PIMENTEL, J. D. R.; SOUZA, D. S.; OLIVEIRA, T. V.; OLIVEIRA, M. C.; BASTOS, V. S.; CASTRO, A. A. Estudo da conservação de mamão Havaí utilizando películas comestíveis a diferentes temperaturas. **Scientia Plena**, v. 7, n.10, p.1-4, out, 2011.

PINELI, L. L. O.; ROCHA, T. O.; MORETTI, C. L.; CAMPOS, A. B.; BRASILEIRO, A. V.; GLEICY, G.; SANTANA, M. A.; SANTOS, M. S.; CAMPOS, N. A. Caracterização física, química e sensorial de morangos ‘Osogrande’ e ‘Camino Real’ armazenados a 5 e a 15 °C. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 12, jul-ago, 2008.

REISSER, C.Jr. et al. Panorama Do Cultivo Do Morango No Brasil. **Campo e Negócios**, p. 58–59, 2014. Seção Hortifruti. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/panorama-do-cultivo-de-morangos-no-brasil/>>. Acesso em: 26 maio. 2017.

REIS, K. C. dos; SIQUEIRA, H. H. de; ALVES, A. de P.; SILVA, J. D.; LIMA, L.C. de O.; Efeito de diferentes sanificantes sobre a qualidade de morango cv. Oso Grande. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 106-202, jun/fev, 2008.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E.G. Carboidratos. In_____. **Química de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2007. p.71-75.

SANHUEZA, R.M.V.; SUTTON, J.; PERAZZOLO, I.; CZERMAINSKI, A.B.C. **Controle Do Mofo Cinzento (Botrytis cinerea) com o Fungo Gliocladium roseum em Culturas Protegidas de Morangueiros**. Bento Gonçalves, EMBRAPA-CNPV, 1996. 8 p. (EMBRAPA-CNPV. Comunicado Técnico, 22).

SANHUEZA, R. M. V.; HOFFMANN, A.; ANTUNES, L. E. C.; FREIRE, J. M. Importância da cultura. In: Sistema de produção de morango para mesa na Região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste. Bento Gonçalves, 2005. (Embrapa Uva e Vinho. Sistemas de Produção, 6). Versão Eletrônica. Disponível em:<<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MesaSerraGaucha/importancia.htm>>. Acesso em: 03 jun, 2017.

SAPEI, L.; HWA, L. Study on the kinetics of vitamin C degradation in fresh Strawberry Juices. **Procedia Chemistry**, v. 9, p. 62-68, 2014.

SCALZO, J.; POLITI, A.; PELLEGRINI, N.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. **Nutrition**, v. 21, p. 207–213, 2005.

SCHMIDT, F.; EFRAIM, P. Pré-processamento de frutas e hortaliças. In:_____. **Pré-processamento de frutas, hortaliças, café, cacau e cana-de-açúcar**. Elsevier Brasil, 2016. p. 1-3.

SHIGEMATSU, E.; EIK, N.M.; KIMURA, M.; MAURO, M.A. Influência de pré-tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n 3, p. 536-545, 2005.

SOARES, S.E. Ácidos Fenólicos Como Antioxidantes Phenolic Acids as Antioxidants. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, jan-abr., 2002.

STROKES, J. R.; BOEHM, M. W.; BAIER, S. K. Oral Processing, Texture and Mouthfeel: From rheology to tribology and beyond. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 18, n. 4, p. 349-359, Ago. 2013.

TABATABAEKOLOOR, R. **Biomechanical behavior of kiwifruit as affected by**

fruit orientation and storage conditions. International Conference of Agricultural Engineering, Iran, 2014.

TALBOT, M.T.; CHAU, K.U. Precooling Strawberries. Circular 942. Florida Cooperative Extension Service-IFAS: University of Florida, FL, 1991.

TRESSLER, D. K.; JOSLYN, M. A. **Fruits and vegetables juice processing technology.** Westport: Conn. Avi, p. 1028, 1961.

VERZELETTI, A.; FONTANA, R. C.; SANDRI, I. G. Avaliação da vida-de-prateleira de cenouras minimamente processadas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 1, p. 87-92, 2010.

VICENTE, A.R.; MARTÍNEZ, G.A.; CHAVES, A.R.; CIVELLO, P.M. Effect of Heat Treatment on Strawberry Fruit Damage and Oxidative Metabolism during Storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 40, n. 2, p.116–122, Dezembro, 2006.

WANG, J.; MUJUMDAR, A. S.; LAW, C. L.; XIAO, H. The degradation mechanism and kinetics of vitamin C in fruits and vegetables during thermal processing. **Research Gate**, p. 227-253, 2017.

WATSON, R.; WRIGHT, C. J.; McBURNEY, T.; TAYLOR, A.J.; LINFORTH, R.S.T. Influence of Harvest Date and Light Integral on the Development of Strawberry Flavour Compounds. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 377, p. 2121–2129, Julho, 2002.

WRIGHT, K. P.; KADER, A. A. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. **Postharvest Biology and Technology**, v. 10, n. 1, p. 39-48, 1997.

XU, S.; CHEN, X.; SUN, D. Preservation of Kiwifruit Coated with an Edible Film at Ambient Temperature. **Journal of Food Engineering**, v. 50, p. 211-216, Outubro, 2001.

XU, S.; XU, L.; CHEN, X. Determining Optimum Edible Films for Kiwifruits Using an Analytical Hierarchy Process. **Computers and Operations Research**, v. 30, p. 877–886, 2003.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J. G. Produtos de Acerola: Estudo da estabilidade da vitamina C. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 92-94, jan-abr, 2003.

ZHANG, Y.; SEERAM, N.P.; LEE, R.; FENG, L.; HEBER, D. Isolation and identification of strawberry phenolics with antioxidant and human cancer cell antiproliferative properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 670 - 675, 2008.