

Influência do revestimento comestível a base de amido e cera de abelha na preservação da qualidade pós-colheita de tomates italianos

Influence of edible coating based on starch and beeswax on the preservation of postharvest quality of Italian tomatoes

Influencia del recubrimiento comestible a base de almidón y cera de abejas en la conservación de la calidad poscosecha de tomates italianos

Recebido: 23/03/2022 | Revisado: 01/04/2022 | Aceito: 28/05/2022 | Publicado: 03/06/2022

Luíz Guilherme Malaquias da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4958-5161>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Brasil

E-mail: lg.malqs@gmail.com

Luis Eduardo Sarto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5997-5396>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Brasil

E-mail: luis.sarto@ifsuldeminas.edu.br

Marcela Costa Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2382-8447>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Brasil

E-mail: marcela.rocha@ifsuldeminas.edu.br

Resumo

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é um dos principais frutos cultivados no mundo, com um alto teor de vitaminas e minerais. Por ser um fruto climatérico e altamente perecível, ocorrem muitas perdas no pós-colheita. Nesse contexto, objetivou-se ao desenvolvimento de um revestimento comestível com a intenção de minimizar essas perdas. Para tanto, obteve-se: tomates revestidos com amido (TR₁) e com amido e cera de abelha (TR₂), como confronto utilizou-se um controle (TSR). A efetividade dos revestimentos foi avaliada por análises físicas e químicas das amostras (n=8) de cada ensaio (TSR, TR₁ e TR₂), nos tempos de armazenamento de 0, 3, 6, 9 e 12 dias. sendo elas: a análise de cor (a*, b*, L*, C*, Hue* e IE*), sólidos solúveis totais (°Brix), acidez titulável total (%), Ratio (SST/ATT), pH, firmeza (N) e perda de massa (g). Os resultados foram avaliados por análise de variância e a comparação de médias por teste Tukey (p<0,05%). As análises dos tomates revestidos mostraram uma lenta degradação da cor (> L*; < C* e < IE*; TSR = < L*; > C*; > IE*), baixos teores de sólidos solúveis (de 3,75 a 4,35; TSR = 4,92 °Brix máx), acidez (de 0,48% a 0,37; TSR = 0,427% máx), pH (de 4,50 a 4,42; TSR = 4,48 pH máx), maior firmeza e perda de massa total inferior (TR₁ = 8,16 g e TR₂ = 5,96 g) ao TSR (10,12 g). Portanto, os revestimentos propostos retardaram o amadurecimento dos tomates, prolongando a vida de prateleira.

Palavras-chave: Pós-colheita; Inovação; Recobrimento.

Abstract

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the main fruits cultivated in the world, with a high content of vitamins and minerals. As it is a climacteric and highly perishable fruit, many losses occur in the post-harvest phase. In this context, the objective of this work was to develop an edible coating to minimize these losses. For this purpose, tomatoes coated with starch (TR₁) and with starch and beeswax (TR₂) were used. Uncoated tomatoes were used a control (TSR). The effectiveness of the coatings was tested by physical and chemical analysis of the samples (n=8) of each rehearsal (TSR, TR₁ e TR₂) in storage time of 0, 3, 6, 9 and 12 days: color analysis (a*, b*, L*, C* Hue* and IE), total soluble solids (TSS - °Brix), total titratable acidity (TTA - %), Ratio (TSS/TTA), pH, firmness (N) and weight loss (g). The results were evaluated by analysis of variance and means comparison by Tukey test (p<0.05%). The analysis of the coated tomatoes showed a slow color degradation (> L*; < C* and < IE*; TSR = < L*; > C*; > IE*), low levels of soluble solids (from 3.75 to 4.35; TSR = 4.92 °Brix max), acidity (from 0.48% to 0.37; TSR = 0.427% max), pH (from 4.50 to 4.42; TSR = 4.48 pH max), greater firmness and lower total mass loss (TR₁ = 8.16 g, TR₂ = 5.96 g and TSR = 10.12 g) when compared to the uncoated ones. Therefore, the proposed coatings delayed the ripening of tomatoes, prolonging shelf life.

Keywords: Post-harvest; Innovation; Coating.

Abstract

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las principales frutas cultivadas en el mundo, con un alto contenido en vitaminas y minerales. Al ser un fruto climatérico y altamente perecedero, se producen muchas pérdidas en la poscosecha. En este contexto, el objetivo fue desarrollar un recubrimiento comestible con la intención de minimizar estas pérdidas. Para ello se obtuvo: tomates recubiertos con almidón (TR1) y con almidón y cera de abeja (TR2), como confrontación se utilizó un testigo (TSR). La efectividad de los recubrimientos se evaluó mediante análisis físicos y químicos de las muestras (n=8) de cada ensayo (TSR, TR1 y TR2), en los tiempos de almacenamiento de 0, 3, 6, 9 y 12 días. a saber: análisis de color (a^* , b^* , L^* , C^* , Hue^* e IE^*), sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix), acidez titulable total (%), relación (SST/ATT), pH, firmeza (N) y pérdida de peso (g). Los resultados fueron evaluados por análisis de varianza y la comparación de medias por la prueba de Tukey ($p < 0.05\%$). El análisis de los tomates rebozados mostró una lenta degradación del color ($> L^*$; $< C^*$ y $< IE^*$; $TSR = < L^*$; $> C^*$; $> IE^*$), bajos niveles de sólidos solubles (de 3.75 a 4.35; $TSR = 4,92^{\circ}$ Brix max), acidez (de 0,48% a 0,37; $TSR = 0,427\%$ max), pH (de 4,50 a 4,42; $TSR = 4,48$ pH max), mayor firmeza y menor pérdida de masa total (TR1 = 8,16 g y TR2 = 5,96 g) que TSR (10,12 g). Por lo tanto, los recubrimientos propuestos retrasaron la maduración de los tomates, prolongando la vida útil.

Palabras clave: Poscosecha; Innovación; Revestimiento.

1. Introdução

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é um dos principais vegetais cultivados no mundo, sendo o Brasil o nono maior produtor, visto que no ano de 2018 produziu-se cerca de 4,1 M de toneladas, com uma área de cultivo de 57.134 ha (Dossa & Fuchs, 2017; IBGE, 2019). O fruto apresenta baixa caloria, e riqueza em vitaminas (A e C), sódio, potássio, cálcio, fósforo e ferro e por ser um fruto climatérico e altamente perecível, tais características tornam as técnicas de conservação pós-colheita essenciais, pelo fato de prolongar a vida de prateleira e de minimizar as perdas.

Em síntese, as perdas podem ocorrer por fatores físicos durante o manuseio e transporte, por fatores fisiológicos durante a maturação e patológicos como as deteriorações causadas por fungos, bactérias e lesões na casca dos tomates (Ranieri et al., 2015). Dentre as estratégias utilizadas em prol da conservação, o uso de revestimentos demonstra eficácia no retardamento fisiológico. Esses revestimentos funcionam como uma barreira mecânica que previne perda excessiva de água pelo fruto, trocas gasosas com o ambiente, lesões mecânicas, alteração de cor e até deterioração microbiana, além de possibilitar a sua utilização como transportadores de nutrientes, aditivos e ser comestível (Assis & Britto, 2014; Santos et al., 2018; Amancio, 2020).

Entretanto, de acordo com Azeredo, Brito & Garruti, (2012) para ser comestível os revestimentos devem ser elaborados com matérias-primas seguras perante o GRAS (Generally Recognized as Safe) determinado pelo FDA (Food and Drug Administration), não apresentando, portanto, riscos após serem ingeridos. Entre as atribuições dos revestimentos, pode-se ressaltar uma excelente alternativa aos conservantes químicos, graças ao fator e longevidade sobre refrigeração, além de reduzir o uso excessivo do plástico mundialmente (Nair et al., 2018).

Nesse contexto, a cera de abelha se torna uma boa opção para a elaboração de revestimentos comestíveis, pois, além de ser segura para o consumo humano, apresenta inúmeros benefícios para a saúde, principalmente por apresentar substâncias bioativas, como o própolis (Fonseca, 2012). Outras características que justificam seu uso como revestimento de frutas é a formação de uma barreira lipídica que inibe a perda de umidade, além de conferir aos filmes formados mais opacidade do que os filmes sem a adição deste lipídeo e também por ter um baixo custo (Navarro-tarazaga et al., 2011). De forma geral, a aplicação da cera de abelha vem sendo exemplificados em estudos, devido a sua funcionalidade e adaptação em aplicações em frutas (Contreras-oliva et al., 2012; Sothornvit & Klangmuang, 2015; Formiga et al., 2019; Oliveira, 2020).

Além da cera de abelha, os polissacarídeos estão dentre os aliados efetivos dos revestimentos, devido as suas propriedades mecânica, ópticas e sensoriais promissoras. Além disso, o amido é abundante, de baixo custo e atribui aos revestimentos transparência e baixa permeabilidade ao oxigênio (Yan et al., 2012; Lopes et al., 2018). Entretanto, eles possuem uma sensibilidade significativa à umidade e a permeabilidade ao vapor d'água (Almeida, 2014).

Levando em consideração a elevada perecibilidade do tomate, a alta ação dos revestimentos bioativos oriundos do amido e da cera de abelha, objetivou-se ao desenvolvimento de um revestimento comestível com a intenção de aumentar a qualidade pós-colheita de tomates, retardando a senescência e adequando o fruto às exigências do mercado.

2. Metodologia

2.1 Elaboração e aplicação dos revestimentos

Os revestimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - *Campus* Machado, a saber: revestimento com amido (R₁) e revestimento com amido e cera de abelha (R₂). A cera de abelha foi doada pela apícula Apiários Mata Verde, localizada no sul de Minas Gerais.

Para a elaboração dos revestimentos utilizou-se os seguintes ingredientes: Amido (2% da solução m/v); Glicerol (50% em relação à massa do amido); Ácido esteárico (0,5% em relação à massa do amido), que não é classificado como perigoso de acordo com a ABNT NBR 14725-2.; Bicarbonato de sódio (1/1 p/Ác Esteárico); Água (Suficiente para completar 200 ml de solução); Cera de abelha (10% da solução m/v), sendo essa aplicada apenas no R₂.

Em um béquer foram adicionados o amido e 150 ml de água destilada. Essa mistura foi levada à agitação e aquecimento até 75°C. Em outro béquer, o ácido esteárico foi aquecido até o total derretimento. Em seguida, foram adicionados o glicerol, o bicarbonato de sódio e, somente no revestimento R₂, a cera de abelha. A mistura foi mantida em aquecimento até ficar homogênea e, em seguida, foi vertida sobre o amido com água destilada. A mistura final teve seu volume ajustado para 200 ml pela adição de água destilada, foi aquecida a 75°C por 15 minutos e, em seguida, resfriada em banho gelado até a temperatura ambiente.

Os tomates foram adquiridos no comércio local da cidade de Alfenas – Minas Gerais. Após a lavagem com detergente neutro e enxague, foi realizada a higienização com imersão dos frutos limpos com casca por 15 minutos em uma solução de 100 ml de água sanitária (solução de hipoclorito de sódio a 2% - 2,5%) para cada 10 L de água potável. A concentração final dessa solução é de 200 ppm a 250 ppm, sendo essa aplicação permitida pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2009).

A metodologia de aplicação dos revestimentos comestíveis (R₁ e R₂) foi baseada nas diretrizes de Oliveira et al., (2011), por submersão com adaptações. Os revestimentos comestíveis foram aplicados diretamente sobre o epicarpo dos tomates. Na sequência, os frutos foram colocados sobre uma tela que permitiu a secagem natural. Essa aplicação é constantemente direcionada para revestimentos a base de hidrocoloides. A evaporação do solvente diminui a solubilidade dos polímeros, permitindo que as cadeias poliméricas se alinhem e formem o filme sobre a superfície lisa do epicarpo do fruto (Moraes et al., 2013). O estudo obteve ensaios com dois tomates revestidos (TR₁ – Tomate revestido com amido e TR₂ – Tomate revestido com amido e cera de abelha) e como confronto ao experimento utilizou-se um ensaio sem revestimento (TSR).

2.2 Análises Físicas e Químicas

As seguintes análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Machado.

O valor de a*, b* e L* (luminosidade), foi determinado com as leituras realizadas diretamente na superfície delimitadas dos tomates, sendo esses valores usados para calcular o C* (croma), Hue (tonalidade) e IE (Índice de escurecimento), utilizando colorímetro marca Minolta, com iluminante D65, ângulo de observação de 2° e no sistema de cor CIEL*a*b* (MINOLTA, 1998). O valor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado por leitura em refratômetro digital com os resultados expressos em °Brix. O valor da acidez titulável total (ATT) foi determinada por titulometria (NaOH 0,1 mol/L) e expressa em ácido cítrico (%), enquanto que o pH foi obtido por leitura direta no phmetro Tecnal. A relação dos sólidos solúveis totais com a acidez titulável total (Ratio) foi calculada pela relação SST/ATT (IAL, 2008). O valor da firmeza foi determinado com a utilização de

penetrômetro Impact, modelo IP-90DI, com escala de leitura entre 5 e 200 N, utilizando uma ponteira de 6 mm (Moretti., 2006). A perda de massa (g) que foi determinada por pesagem do fruto antes e a cada dia de armazenamento em balança analítica.

2.3 Análises Estatísticas

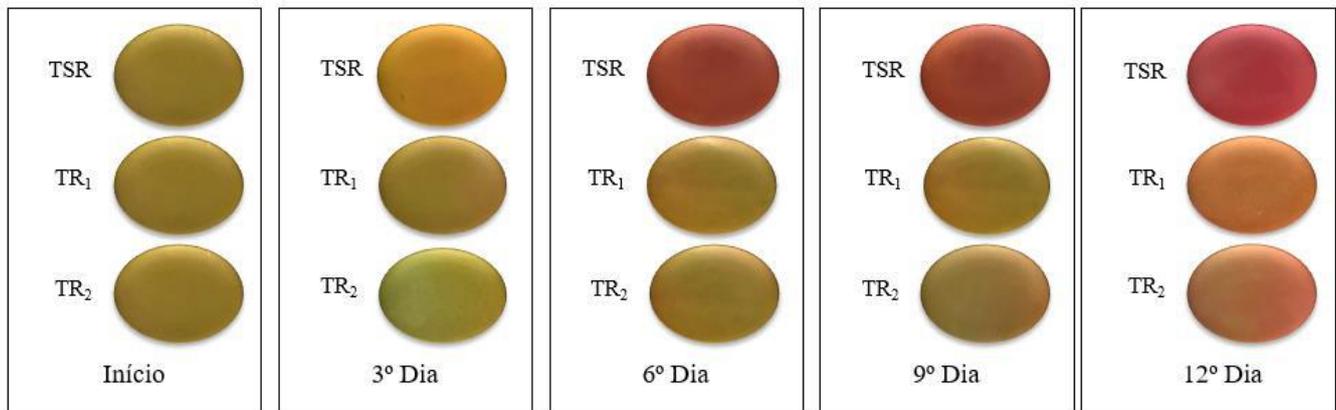
O experimento foi conduzido baseado em um delineamento experimental sob um arranjo fatorial 5x3, sendo os fatores, o período de armazenamento (0; 3; 6; 9 e 12 dias) e os ensaios (TSR, TR₁ E TR₂), com uma amostragem significativa (n=8) para as determinações. Os resultados foram avaliados por análise de variância (Anova), e, para testar os efeitos nas variáveis avaliadas, utilizou-se a comparação de médias por Tukey, com o auxílio do *Software* SISVAR, ao nível de 5% de significância, e as dos períodos de armazenamentos, submetidas à análise de regressão linear (Ferreira, 2008).

Para a realização deste estudo, utilizou-se uma metodologia de natureza quantitativa em modelo experimental, cujo método caracteriza como aquele onde há coleta de dados quantitativos ou numéricos por meio do uso de medições de grandezas, as quais são analisados através de cálculos matemáticos (Pereira, 2018).

3. Resultados e Discussão

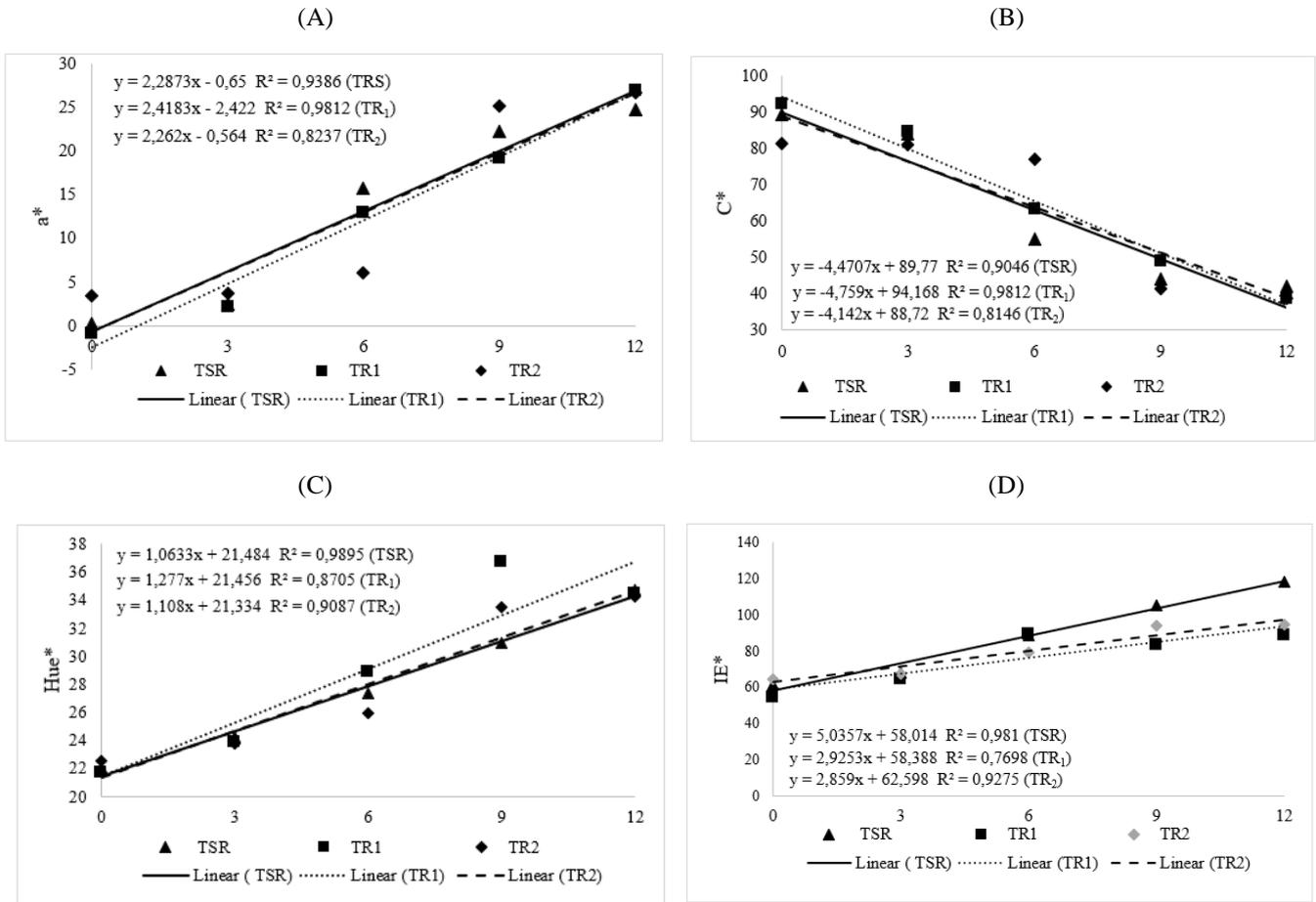
Ao analisar as Figuras 1 e 2, e a Tabela 1, observa-se a influência dos revestimentos nos tomates, em relação aos parâmetros colorimétricos avaliados.

Figura 1. Ensaios: TSR – Tomate sem revestimento; TR₁ – Tomate revestido com amido e TR₂ – Tomate revestido com amido e cera de abelha.



Fonte: Autores (2022).

Figura 2. Comparação entre os dias, dos valores médios para a^* (A), C^* (B), Hue^* (C) e IE^* (D) dos tomates com diferentes revestimentos comestíveis durante 12 dias de armazenamento em temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ C$ e 85 ± 5 UR).



Fonte: Autores (2022).

Tabela 1. Comparação entre os tratamentos, valores médios e desvio padrão para a*, b*, L*, C*, Hue* e IE* dos tomates com diferentes revestimentos comestíveis durante 12 dias de armazenagem em temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$ e 85 ± 5 UR).

EN ¹	0 ²	3	6	9	12
	a*				
TSR	0,26 b* \pm 2,45	2,50 b \pm 0,85	15,70 c \pm 2,53	22,18 b \pm 1,49	24,73 a \pm 1,88
TR1	-0,87 a \pm 2,31	2,22 a \pm 2,78	12,95 b \pm 1,16	19,25 a \pm 2,31	26,89 b \pm 3,98
TR2	3,46 c \pm 2,92	3,69 c \pm 3,33	6,10 a \pm 3,38	25,11 c \pm 1,71	26,68 b \pm 1,64
	b*				
TSR	22,10 b \pm 4,98	24,13 c \pm 4,97	22,38 a \pm 3,46	21,56 a \pm 1,97	24,36 c \pm 3,42
TR1	21,70 a \pm 3,42	23,77 b \pm 3,68	25,78 c \pm 4,02	22,25 c \pm 3,88	23,27 b \pm 2,37
TR2	22,25 c \pm 2,29	23,44 a \pm 2,80	25,22 b \pm 3,92	22,10 b \pm 3,17	21,52 a \pm 1,72
	L*				
TSR	46,73 a \pm 3,46	49,31 b \pm 2,60	44,16 a \pm 2,07	42,21 a \pm 2,93	41,14 a \pm 3,05
TR1	49,05 c \pm 2,23	50,31 c \pm 1,50	49,51 c \pm 3,01	50,70 c \pm 2,01	50,49 c \pm 2,23
TR2	48,22 b \pm 2,24	49,25 a \pm 2,34	48,60 b \pm 2,54	49,01 b \pm 0,81	48,87 b \pm 1,16
	C*				
TSR	89,32 b	84,08 b	54,94 a	44,18 a	44,56 c
TR1	92,29 c	84,66 c	63,32 b	49,13 b	38,67 a
TR2	81,16 a	81,05 a	76,90 c	41,35 c	38,88 b
	Hue*				
TSR	22,10 b	24,25 c	27,33 b	30,93 a	34,71 c
TR1	21,71 a	23,87 b	28,85 c	36,72 c	34,44 b
TR2	22,51 c	23,73 a	25,95 a	33,45 b	34,27 a
	IE*				
TSR	61,28 b	67,74 b	88,75 b	105,37 c	118 c
TR1	54,27 a	64,27 a	89,35 c	83,05 a	88,76 a
TR2	64,55 c	67,29 b	78,92 a	93,84 b	94,16 b

¹Ensaio: TSR – Tomate sem revestimento; TR₁ – Tomate revestido com amido e TR₂ – Tomate revestido com amido e cera de abelha. ² Dias de armazenagem. *Médias seguidas com as letra iguais na mesma coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey (p<0,05). Fonte: Autores (2022).

O amadurecimento é resultado de diversas reações que ocorrem principalmente na polpa dos frutos. A maturação e o escurecimento desses alimentos estão diretamente relacionados com a ação enzimática e a oxidação de determinadas substâncias presente em frutos como o tomate (Chitarra & Chitarra., 2005).

Em síntese, o tomate adquire as colorações verde, passando pelo amarelo até chegar ao vermelho, devido à presença de clorofila α e β , caroteno e licopeno, respectivamente, sendo que a clorofila é oxidada pelo etileno para formação do caroteno (Luiz., 2005). Neste caso, de acordo com a Tabela 1 o tomate sem revestimento obteve os maiores valores de a* (< valor de a = verde e > valor de a = Vermelho) a partir do terceiro dia de armazenamento ($3^\circ = 2,50$; $6^\circ = 15,70$; $9^\circ = 22,18$ e $12^\circ = 24,73$) seguido por ambos ensaios revestidos (TR₁ – $3^\circ = 32,22$; $6^\circ = 12,95$; $9^\circ = 19,25$ e $12^\circ = 26,89$ e TR₂ – $3^\circ = 3,69$; $6^\circ = 6,10$; $9^\circ = 25,11$; $12^\circ = 26,68$), exceto pelo nono dia no qual o valor do TR₂ ficou mais próximo do vermelho que TSR. O ensaio revestido com amido e cera de abelha foi o único com diferença significativa (p<0,05) entre os dois últimos dias de armazenagem.

Analisando as Figuras 1 e 2 e Tabela 1, observa-se a permanência da cor verde no tomate revestido com biopolímero, resultante da diminuição das trocas gasosas (respiração) entre o fruto e o meio atmosférico, sendo que a disponibilidade de oxigênio é essencial para a ação do etileno. Nota-se que houve redução na degradação da clorofila nos frutos com revestimento (R₁ e R₂) até o nono dia de armazenagem enquanto o tomate sem revestimento, já apresentou, no terceiro dia de armazenagem, uma coloração avermelhada característico de maturidade quase que completa dos tomates.

O parâmetro L* é muito importante para a escolha durante a compra do fruto, pois quanto menor o brilho, maior será a semelhança dos tomates a um fruto em deterioração. A luminosidade que foi caracterizada por este estudo enquadrou-se entre 49,31 e 41,14 para o TSR, sendo o mesmo o ensaio com os menores valores em constante decréscimo de luminescência (6° ,

9° e 10° dia de armazenamento). Já os tomates revestidos (TR₁ e TR₂), mantiveram a alternância de brilho em uma unidade (± 1), variando entre 49,05 e 50,49 para o revestimento com amido e 48,22 e 49,25 para o revestimento com amido e cera de abelha, enquanto o tomate sem revestimentos teve uma perda de luminosidade constante.

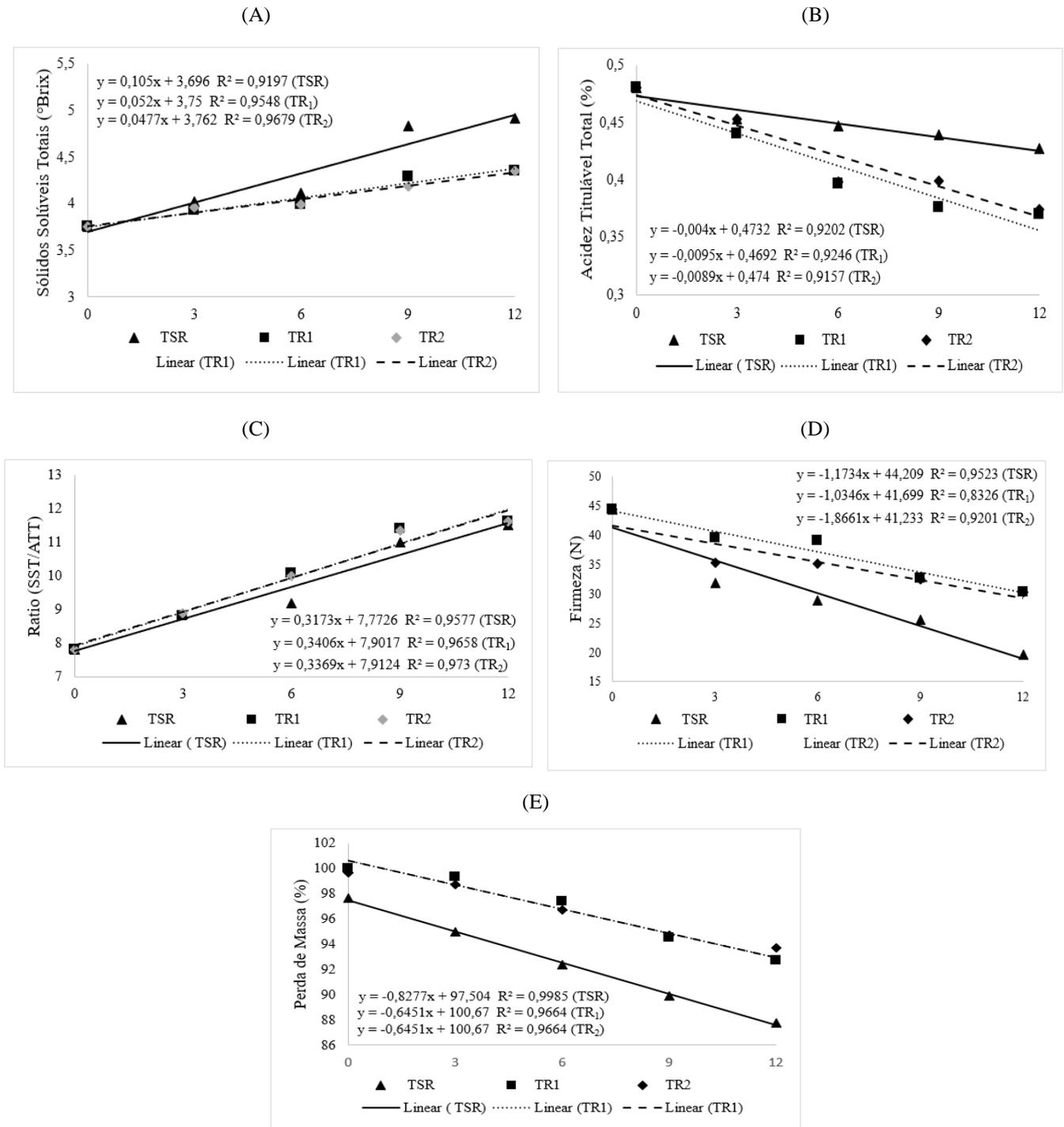
O parâmetro C* refere-se à intensidade, sendo este observado pela Tabela 1 com uma diminuição ao decorrer dos dias de armazenamento na escala cromática, variando seus valores entre 80,32 e 44,56 para o TSR, 92,29 e 32,29 para TR₁ e por fim 81,16 e 38,88 TR₂. Já na Figura 1, não é possível identificar a alteração da cromaticidade apenas por olho nu mesmo com diferenças significativas ($p < 0,05\%$). Em contrapartida, de acordo Minolta., (1998), a tonalidade da coloração (Hue*), aumenta conforme os valores de a* e b* aumentam e a mesma não se mostrou afetada pelos ensaios revestidos, visto que o ensaio sem revestimento obteve a similaridade dos valores médios analisados do início do armazenamento (TSR = 22,10; TR₁ = 21,71 e TR₂ = 22,51) até o final (TSR = 34,71; TR₁ = 34,44 e TR₂ = 34,27). Porém é perceptível a olho nu (Figura 1) a mudança de tonalidade de acordo com a maturidade fisiológica dos frutos que é ocasionada pela degradação dos pigmentos clorofilinos.

O índice de escurecimento (IE*) representa a pureza da coloração marrom, sendo descrito como um parâmetro de grande relevância em alguns processos e alimentos, tanto quanto a sua presença ou ausência (Swain et al., 2014). Dentre os ensaios deste estudo, os valores médios do IE*, foi aumentativo do início ao fim do armazenamento variando entre 61,28 e 318 para o TSR, de 54,27 e 88,76 (exceto no 6° dia de armazenamento, onde houve uma diminuição) para o TR₁ e de 67,29 e 94,16 para o TR₂, demonstrando que o escurecimento no dia final foi mais evidente no tomate sem revestimento (Figura 1 e 2D).

Após nove dias de investigação, somente os frutos revestidos (TR₁ e TR₂) apresentaram retardamento na degradação da clorofila apresentando ainda em sua película pigmentos verdes. Fagundes et al., (2014), mesmo conseguindo reduzir a taxa de respiração dos tomates tipo cereja com os revestimentos a base de conservantes, não conseguiu resultados significativas na coloração da casca dos frutos.

A Figura 3, expressa os resultados médios obtidos através das análises entre os dias sobre os parâmetros de sólidos solúveis totais, acidez, ratio, firmeza e perda de massa dos tomates investigados durante o período de armazenamento.

Figura 3. A comparação entre os dias, dos valores médios para sólidos solúveis totais (A), acidez (B ratio (C), firmeza (D) e perda de massa (E) dos tomates com diferentes revestimentos comestíveis durante 12 dias de armazenamento em temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$ e 85 ± 5 UR).



Fonte: Autores (2022).

A Tabela 2 mostra os resultados das análises de sólidos solúveis totais (STT), acidez (ATT), ratio, pH, firmeza e perda de massa (PM), dos tomates investigados durante o período de armazenamento.

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão dos STT (°Brix), ATT (%), Ratio (SST/ATT), pH, Firmeza (N) e perda de massa – PM (g), dos tomates com diferentes revestimentos comestíveis durante 12 dias de armazenagem em temperatura ambiente (25 ± 2°C e 85 ± 5 UR).

Parâmetro	DAM ²	Ensaio ¹		
		TSR	TR ₁	TR ₂
SST (°Brix)	0	3,75 a ± 0,25	3,75 a ± 0,25	3,75 a ± 0,25
	3	4,02 c ± 0,15	3,93 a ± 1,25	3,96 b ± 1,06
	6	4,11 b ± 0,96	3,99 a ± 0,53	3,99 a ± 1,11
	9	4,83 c ± 1,16	4,29 b ± 0,75	4,19 a ± 0,87
	12	4,92 b ± 1,45	4,35 a ± 1,09	4,35 a ± 0,93
ATT (%)	0	0,48 a ± 0,08	0,48 a ± 0,08	0,48 a ± 0,08
	3	0,453 b ± 0,05	0,44 a ± 0,05	0,453 b ± 0,08
	6	0,447 c ± 0,02	0,396 a ± 0,03	0,398 b ± 0,03
	9	0,439 c ± 0,05	0,376 a ± 0,02	0,399 b ± 0,05
	12	0,427 b ± 0,05	0,37 a ± 0,02	0,374 a ± 0,02
Ratio (SST/ATT)	0	7,8125 a	7,8125 a	7,8125 a
	3	8,8676 b	8,8116 a	8,8735 c
	6	9,1946 a	10,0757 c	10,0083 b
	9	11,0022 a	11,4095 c	11,3447 b
	12	11,5042 a	11,6206 b	11,6310 c
pH	0	4,50 a ± 0,23	4,50 a ± 0,23	4,50 a ± 0,23
	3	4,41 a ± 0,23	4,44 c ± 0,07	4,43 b ± 0,05
	6	4,42 a ± 0,00	4,34 b ± 0,38	4,12 c ± 0,66
	9	4,39 a ± 0,01	4,46 c ± 0,09	4,45 b ± 0,09
	12	4,48 c ± 0,25	4,42 b ± 0,08	4,41 a ± 0,09
Firmeza (N)	0	44,38 a ± 1,20	44,38 a ± 1,20	44,38 a ± 1,20
	3	31,85 a ± 1,14	39,49 c ± 0,62	35,28 b ± 2,44
	6	28,88 a ± 0,02	39,10 c ± 0,01	35,06 b ± 2,50
	9	25,50 a ± 1,09	32,65 c ± 0,43	32,44 b ± 0,44
	12	19,56 a ± 0,10	30,20 b ± 0,83	30,28 c ± 1,32
PM (g)	0	97,6463	100,8875	99,67
	3	2,68 c ± 0,62	1,55 b ± 0,45	0,93 a ± 0,50
	6	2,37 c ± 0,27	1,95 a ± 0,71	2,03 b ± 0,52
	9	2,47 b ± 1,35	2,84 c ± 0,64	1,98 a ± 0,86
	12	2,42 c ± 1,00	1,81 b ± 1,07	1,00 a ± 0,96
	Total	10,1 ± 0,10	8,16 ± 0,83	5,96 ± 1,32

¹ Ensaios: TSR – Tomate sem revestimento; R₁ – Tomate revestido com amido e R₂ – Tomate revestido com amido e cera de abelha. ² Dias de armazenamento. * Médias seguidas com a letra iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo Teste de Tukey (p<0,05). Fonte: Autores (2022).

De acordo com a Figura 3(A) e Tabela 2, o comportamento do teor de sólidos solúveis totais dos tomates em relação aos ensaios e aos dias de armazenamento que se mostrou crescente em todos os dias das determinações, sendo o TSR o único ensaio que atingiu a troca de unidade (de 3 p/4), a partir do terceiro dia de armazenamento (4,02 °Brix), variando ao longo do período entre 3,75 e 4,92. Já e os tomates com revestimento alteraram a unidade (TR₁ = 4,29; TR₂ = 4,19) apenas no nono dia de armazenamento, além de não apresentarem diferença estatística (p<0,05%) no sexto e décimo segundo dia de investigação. Em seu estudo até o décimo dia, da Costa et al., (2012) obteve teores inferiores de sólidos solúveis entre 3,00 e 3,20 para tomates sob refrigeração pelo método *dipping* revestidos com quintosa e argila.

Em relação a acidez dos tomates observou-se uma constante (0,3%) nos ensaios revestidos, entre os dias de armazenamento (6, 9 e 12), sendo que no intervalo do nono ao décimo segundo dia, o TR₁ não demonstrou diferença significativa ao nível de 5%. No geral, um decréscimo nos valores médios durante o período de armazenamento total é expresso na Tabela 2, sendo de 0,48% até 0,42% para o ensaio sem revestimento (TSR), e até 0,37% para os ensaios revestidos com amido (TR₁) e com amido e cera de abelha (TR₂). Vale ressaltar que os tomates revestidos não tiveram diferença significativa (p<0,05) no último dia de armazenamento do experimento, o que pode ser justificado pela ação da barreira fornecida pelo fornecimento que

minimizou a respiração dos frutos. Outra observação importante é que na comparação dos tratamentos, a maior acidez sempre foi a demonstrada pelo TSR.

Na literatura, revestimentos a base de amido aplicados em tomates também demonstraram similaridade com o decréscimo deste estudo, como o trabalho de Oliveira et al., (2015) que expressou diminuição de acidez durante o período de 24 dias. Já em outro estudo, Almeida., (2014) encontrou valores similares a este experimento no dia inicial (entre 0,42% e 0,49%) e valores reduzidos durante a maturação (Entre 25% e 44,8%) dos tomates revestidos com filme de fécula de batata e óleos de sálvia e manjerona. A variação da acidez relatada acima, pode ter sido ocasionada pelo preenchimento parcial dos poros da cutícula dos tomates, o que ocasiona no aumento de ácidos orgânicos constituintes (Calegaro et al., 2002).

Segundo Viégas., (1991), indicando o grau de equilíbrio entre o teor de açúcares e os ácidos orgânicos do tomate o ratio está diretamente relacionado ao sabor dos frutos, um valor baixo é acondicionado ao baixo teor de sólidos solúveis que é consequente do alto teor de acidez. Neste contexto é observado na Tabela 2 que houve diferenças significativas pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Porém, não foi observado diferença estatística dos ensaios entre dias de armazenamento o que evidencia que os revestimentos não foram eficazes no retardamento do índice de maturação, relacionado ao sabor.

Os frutos, durante o seu amadurecimento, perdem seu caráter ácido, cujo grau varia em limites diversos de pH, sendo este outro importante fator de qualidade dos tomates, visto que os ácidos orgânicos possuem a capacidade de figurar nas substâncias alimentícias (Aché e Ribeiro., 1957; Coon & Crwley., 1994). Assim sendo, os valores de pH encontrados durante a investigação foram inferiores ao dia inicial ($< 4,50$), que no geral não demonstrou dissemelhança de unidade (entre 4,12 e 4,50).

De acordo com os dados expressos na Tabela 2, a perda de massa foi evidente. Os tomates TSR obtiveram a maior perda de massa (10,2 g) seguidos pelo TR₁ (8,16 g) e TR₂ (5,96 g). Os tomates sem revestimentos obtiveram uma perda constante variando de 2,37 a 2,68 g, a cada aferição, enquanto os ensaios com revestimento variaram entre 1,95 a 2,94 g (R₁) e 0,93 a 2,03 g (R₂). A comparação entre os ensaios mostra que a eficácia do revestimento a base de amido e de cera de abelha foi muito significativa, conseguindo reter quase a metade da perda total do tomate com revestimento.

Sendo similar a esse estudo, Evangelista et al., (2014) deparou em sua investigação que o revestimento à base amido de milho a 3% em tomates cereja também se mostraram eficientes na redução da perda de massa ao longo do período de armazenamento com relação controle. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), pequenas perdas de água podem ser toleradas, porém perdas da ordem de $\geq 6\%$ são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade, sendo estas responsáveis pelo murchamento ou enrugamento.

A perda da firmeza é atribuída as transformações na estrutura celular dos frutos, pois a medida que o fruto amadurece, a força equivalente para que haja deformação diminui, devido a transformação da protopectina insolúvel presente em uma pectina solúvel, que diminui a resistência tecidual durante a maturação dos frutos (Andrade et al., 2001). Nesse contexto, em relação ao parâmetro analisado, pode-se observar que dentre os ensaios ao longo dos 12 dias, os tomates sem revestimento (SR), foram os que tiveram a maior perda de firmeza constante, o que mostra a eficácia dos revestimentos nos tomates com TR₁ e TR₂. Entre o terceiro e sexto dia, o TR₁ obteve a maior resistência sendo seus valores variando entre 39,49 A 32,65 N, enquanto TR₂ variando entre 35,28 A 32,44 N, no decimo segundo dia os valores observados entre os dois revestimentos foram próximos, porém obteve diferenças significativas ($p < 0,05$), pelo método estatístico utilizado.

Tal caracterização observada por esse estudo pode ser associada as afirmativas de Chitarra e Chitarra (2005), que alegam que a perda de firmeza pode estar relacionada à degradação da pectina na parede celular e/ou pela hidrólise do amido em açúcar associados ao amadurecimento. Essa afirmativa é condizente com a diminuição da resistência do tecido e conjuntura dos tomates sem revestimento (TSR) e com revestimento (TR₁ e TR₂). Outro estudo similar, optou também por desenvolver um recobrimento a base de biopolímero de hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha que apresentou benefícios na conservação pós-colheita e

qualidade de caju, retardando a senescência dos frutos (Oliveira., 2020). O que ressalta a significância do emprego de componentes como a cera de abelha em revestimentos.

Este estudo juntamente ao que foi embasado, evidencia que a aplicação de revestimentos comestíveis por solução em frutos, têm-se apontado como um método de baixo custo e, portanto, viável para utilização por pequenos agricultores e agroindústrias, pois utiliza uma tecnologia simples e não necessita de investimentos financeiros elevados.

4. Considerações Finais

Os revestimentos impediram o amadurecimento dos tomates garantindo uma maior estabilidade física e química.

Sugere-se para continuidade desse estudo a utilização de aditivos alimentares em nanoescala para uma maior efetividade dos revestimentos pois possui uma maior efetividade como por exemplo, o óxido de zinco (ZnO), que apresenta atividade antimicrobiana e é classificado como seguro pela (FDA), sendo um possível componente favorável.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Machado, pela concessão de bolsa e disponibilização da infraestrutura e a apícula Apiários Mata Verde pela concessão da cera de abelha.

Referências

- Aché, L., & Ribeiro, I. F. (1950). O pH de frutas nacionais. *Revista da Faculdade de Medicina Veterinária*, Universidade de São Paulo, 4(2), 267-270.
- Almeida, D. M. (2015). Tomate revestido com filme de fécula de batata e óleos de sálvia e manjerona. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 9(4), 289 – 296.
- Amancio, D. (2020). Efeito da aplicação de revestimentos comestíveis para conservação de tomate italiano (*Solanum lycopersicum* L.)'Ravena'in natura. *Embrapa Agroindústria de Alimentos-Tese/dissertação*.
- de Andrade Jr, A. S., Sentelhas, P. C., de Lima, M. G., Aguiar, M. D. J. N., & Leite, D. A. S. R. (2001). Zoneamento agroclimático para as culturas de milho e de soja no estado do Piauí. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 9(3), 544- 550.
- Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. (2009). Dispõe sobre Regulamento Técnico para Produtos Saneantes Categorizados como Água Sanitária e Alvejantes à Base de Hipoclorito de Sódio ou Hipoclorito de Cálcio e dá outras providências. *RDC*, 55.
- Assis, O. B. G., & Britto, D. D. (2014). Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. *Brazilian Journal of Food Technology*, 17(2), 87–97.
- Awad, M. (1993). Fisiologia pós-colheita de frutos. *Editora Nobel*, 1993, 114 p.
- Azeredo, H. M. C.; Brito, E. S., & Garruti, D. S. Alterações químicas durante a estocagem. *Fundamentos de estabilidade de alimentos*. Brasília: Embrapa, 2012. p. 59p.
- Brayner, R., Ferrari-Iliou, R., Brivois, N., Djediat, S., Benedetti, M. F., & Fiévet, F. (2006). Toxicological impact studies based on *Escherichia coli* bacteria in ultrafine ZnO nanoparticles colloidal medium. *Nano letters*, 6(4), 866-870.
- Calegari, J. M., Pezzi, E., & Bender, R. J. (2002). Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(8), 1049-1055.
- Chitarra M.I.F. &, Chitarra A. B. (2005). *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. (2a ed.), Universidade Federal de Lavras,.
- Conn, Ph. D, P. M., & Crowley Jr, MD, W. F. (1994). Gonadotropin-releasing hormone and its analogs. *Annual review of medicine*, 45(1), 391-405.
- Contreras-Oliva, A., Rojas-Argudo, C., & Pérez-Gago, M. B. (2012). Effect of solid content and composition of hydroxypropyl methylcellulose–lipid edible coatings on physico-chemical and nutritional quality of 'Oronules' mandarins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(4), 794-802.
- da Costa, T. L. E., de Oliveira, T. A., dos Santos, F. K. G., Aroucha, E. M. M., & de Lima Leite, R. H. (2012). Avaliação de coberturas comestíveis compostas por quitosana e argila no revestimento em tomates sob refrigeração pelo método dipping. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 7(5), 13.
- da Silva, N., Junqueira, V. C. A., de Arruda Silveira, N. F., Taniwaki, M. H., Gomes, R. A. R., & Okazaki, M. M. (2017). Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. Editora Blucher.

- de Oliveira, T. A., de Lima Leite, R. H., Aroucha, E. M. M., & de Araujo Ferreira, R. M. (2011). Efeito do revestimento de tomate com biofilme na aparência e perda de massa durante o armazenamento. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 6(1), 44.
- de Moraes, J. O., Scheibe, A. S., Sereno, A., & Laurindo, J. B. (2013). Scale-up of the production of cassava starch based films using tape-casting. *Journal of Food Engineering*, 119(4), 800-808.
- Dossa, D., & Fuchs, F. (2017). Tomate: análise técnico-econômica e os principais indicadores da produção nos mercados mundial, brasileiro e paranaense. *Boletim Técnico*, 3, p 8.
- Evangelista, R. M., Gouveia, A. M. D. S., Corrêa, C. V., & Cardoso, A. I. I. (2014). Uso de películas comestíveis e gelatina na conservação de frutos de mini tomate orgânico 'Sweet Grape'. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 15(2), 168-176.
- Fagundes, C., Palou, L., Monteiro, A. R., & Pérez-Gago, M. B. (2015). Hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings formulated with antifungal food additives to reduce alternaria black spot and maintain postharvest quality of cold-stored cherry tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 193, 249-257.
- Ferreira, D. S., & Sisvar, F. (2008). Um programa para análises e ensino de estatística. In *Revista Científica Symposium*, 6(2), 36-41.
- Fonseca, J. P. C. G. Q. DA. (2012). Revestimentos comestíveis à base de quitosano e cera de abelha: aplicação na conservação da uva de mesa. Lisboa: *Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar)*.
- Formiga, A. S., Junior, J. S. P., Pereira, E. M., Cordeiro, I. N., & Mattiuz, B. H. (2019). Use of edible coatings based on hydroxypropyl methylcellulose and beeswax in the conservation of red guava 'Pedro Sato'. *Food Chemistry*, 290, 144-151.
- Huang, J., Wu, Y., Gu, C., Zhai, M., Yu, K., Yang, M., & Liu, J. (2010). Large-scale synthesis of flowerlike ZnO nanostructure by a simple chemical solution route and its gas-sensing property. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 146(1), 206-212.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020). Sistema IBGE de recuperação automática, SIDRA: levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro.
- Instituto Adolfo Lutz (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*, (4a ed.), Instituto Adolfo Lutz. 1020 p.
- Lenucci, M. S., Cadinu, D., Taurino, M., Piro, G., & Dalessandro, G. (2006). Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(7), 2606-2613.
- Lopes, A. R., Dragunski, D. C., Caetano, J., Francisco, C. B., & Júnior, L. F. B. (2018). Conservação de goiabas com revestimentos comestíveis de amido e caseína com extrato de barbatimão. *Revista Engenharia na Agricultura*, 26(4), 295-305.
- Lopes, C. M., Lobo, J. M. S., & Costa, P. (2005). Formas farmacêuticas de liberação modificada: polímeros hidrofílicos. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 41(2), 143-154.
- Luiz, K. M. B. (2005). Avaliação das características físico-químicas e sensoriais de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) armazenados em refrigeradores domésticos.
- Moretti, C. L. (2006). Protocolos de avaliação da qualidade química e física de tomates. *Embrapa Hortaliças-Comunicado Técnico. INFOTECA-E*.
- Nair, M. S., Saxena, A., & Kaur, C. (2018). Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). *Food chemistry*, 240, 245-252.
- Navarro-Tarazaga, M. L., Massa, A., & Pérez-Gago, M. B. (2011). Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. Angeleno). *LWT-Food Science and Technology*, 44(10), 2328-2334.
- Oliveira, C. M., Coneglian, R. C., & Carmo, M. G. (2015). Conservação pós-colheita de tomate cereja revestidos com película de fécula de mandioca. *Horticultura Brasileira*, 33, 471-479.
- Oliveira, K. T. E. F. (2020). Recobrimento comestível a base de hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha na conservação pós-colheita de caju. São Paulo: *Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)*.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM. https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1
- Ranieri, E., Schwan-Estrada, K. R. F., Oliveira, J. S. B., Mesquini, R. M., Clemente, E., & da Silva Cruz, M. E. (2015). Utilização de compostos bioativos de plantas medicinais na pós-colheita de tomate. *Scientia Agraria Paranaensis*, 14(3), 160-165.
- Santos, T. M., Men de Sá Filho, M. S., Silva, E. D. O., da Silveira, M. R., de Miranda, M. R. A., Lopes, M. M., & Azeredo, H. M. (2018). Enhancing storage stability of guava with tannic acid-crosslinked zein coatings. *Food chemistry*, 257, 252-258.
- Swain, S., Samuel, D. V. K., Bal, L. M., & Kar, A. (2014). Thermal kinetics of colour degradation of yellow sweet pepper (*Capsicum annum* L.) undergoing microwave assisted convective drying. *International Journal of Food Properties*, 17(9), 1946-1964.
- Sothornvit, R., & Klangmuang, P. (2014, October). Active edible coating to maintain the quality of fresh mango. In *V International Conference Postharvest Unlimited 1079* (pp. 473-480).
- Talam, S., Karumuri, S. R., & Gunnam, N. (2012). Synthesis, characterization, and spectroscopic properties of ZnO nanoparticles. *International Scholarly Research Notices*, 2012, p. 1-6.

Vieira, R. C., dos Brainer, N., da silva oliveira de Holanda, R., Vieira, W. T., Soletti, J. I., Balliano, T. L., & Almeida, R. M. R. G. (2018). Mapeamento Prospectivo das Tecnologias Envolvidas na Modelagem e Simulação do Fermentado Alcoólico do Tomate e seus Resíduos. *Cadernos de Prospecção*, 11(5), 1712-1712.

Viégas, F. D. C. P. (1991). A industrialização dos produtos cítricos. *Citricultura brasileira*, 2, 898-922.

Yazdankhah, S., Rudi, K., & Bernhoft, A. (2014). Zinc and copper in animal feed—development of resistance and co-resistance to antimicrobial agents in bacteria of animal origin. *Microbial ecology in health and disease*, 25(1), 25862.

Zhang, H., Jung, J., & Zhao, Y. (2017). Preparation and characterization of cellulose nanocrystals films incorporated with essential oil loaded β -chitosan beads. *Food hydrocolloids*, 69, 164-172.