

Caracterização química de morangos orgânicos congelados e embalados em alumínio
Chemical characterization of frozen organic strawberries and packed in aluminum
Caracterización química de fresas orgánicas congeladas y envueltas en aluminio

Recebido: 20/03/2020 | Revisado: 20/03/2020 | Aceito: 27/03/2020 | Publicado: 28/03/2020

Juliano Tadeu Vilela de Resende

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5226-7813>

Universidade Estadual de Londrina, Brasil

E-mail: jvresende@uel.br

Thays Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3374-6055>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: thays.silva000@gmail.com

Daiana Novelo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0762-5292>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: nutridai@gmail.com

Nathalia Campos Vilela Resende

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7825-3070>

Universidade Federal de Viçosa, Brasil

E-mail: nathcvr@gmail.com

Laura Souza Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0101-8379>

Universidade Estadual de Londrina, Brasil

E-mail: laurasouzas02@yahoo.com.br

Danilo Pezzoto de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8508-9435>

Universidade Estadual de Londrina, Brasil

E-mail: danilopezzoto@hotmail.com

Kélin Schwarz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2613-685X>

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: kelinschwarz@hotmail.com

Resumo

O fruto do morangueiro é muito sensível e facilmente danificado quando manuseado in natura, gerando assim grandes perdas na pós-colheita, tanto comerciais como nutricionais. Assim, torna-se necessário o aprimoramento de tecnologias para otimizar o armazenamento, visando minimizar perdas nutricionais e sensoriais e que mantenham a integridade organoléptica do produto. Com o presente trabalho objetivou-se avaliar as características químicas de frutos inteiros e processados de morangueiro, cultivados em sistema orgânico, acondicionados em diferentes embalagens sob congelamento por 105 dias. Foram avaliados quatro tratamentos (polpa com embalagem plástica transparente; polpa com embalagem plástica envolta em alumínio; fruto inteiro com embalagem plástica transparente; fruto inteiro com embalagem plástica envolta em alumínio). Os frutos foram analisados em relação aos teores de sólidos solúveis, acidez titulável, compostos fenólicos, relação SS/AT e ácido ascórbico. A acidez titulável apresentou redução a partir dos 21 dias de armazenamento para frutos inteiros e a partir dos 42 dias, quando envolto em alumínio. O teor de sólidos solúveis também diminuiu em decorrência do armazenamento, sendo mais pronunciado nos frutos inteiros, envolto com alumínio. O ácido ascórbico e a relação SS/AT apresentaram decréscimo para todos os tratamentos a partir do congelamento, porém se mantendo estável por todo o período de armazenamento. Os compostos fenólicos aumentaram ao longo do período de congelamento, tanto na polpa quanto no fruto, com uso ou não de alumínio como envoltório na embalagem. De forma geral, o congelamento se mostrou apropriado para manutenção das propriedades químicas dos frutos de morangueiro. A polpa como forma de armazenamento, manteve as propriedades químicas do fruto. Para a maioria das características analisadas, a folha de alumínio não contribuiu de forma significativa para manutenção ou melhoria das propriedades químicas da polpa/frutos, quando congelados.

Palavras-chave: Fragaria x ananassa Duch; Armazenamento; Conservação pós-colheita; Compostos fenólicos; Vitamina C.

Abstract

The strawberry fruit is very sensitive and easily damaged, generating large post-harvest losses, both commercial and nutritional. Therefore, the improvement of new storage technologies is needed to reduce the both nutrients and sensors losses, increase profitability and maintain it as the organoleptic features of the product. The present work aims to evaluate the chemical characteristics of organic strawberry fruits, whole and processed, conditioned in

different packages under freezing for 105 days. Four procedures were used (Pulp with clear plastic packaging; Pulp with plastic-wrapped aluminum; Whole lid with transparent plastic; Whole lid with plastic-wrapped aluminum) for 105 days. The fruits were analyzed for soluble solids, titratable acidity, phenolic compounds, SS / TA ratio, and ascorbic acid. Titratable acidity shows a reduction from 21 days of storage for whole fruits and from 42 days when shipped on aluminum foil. The soluble solids content also decreases due to storage, being more pronounced in whole fruits wrapped in aluminum. Ascorbic acid shows a decrease in all treatments after freezing but remains stable throughout the storage period. The SS / TA ratio decreased with freezing pulp but remained stable until the last evaluation. Phenolic compounds increase over the freezing period of both pulp and fruit, with or without aluminum foil as a wrapper in the package. In general, or frozen, it is suitable for maintaining the chemical properties of strawberry fruits. A pulp as storage was more effective in maintaining the chemical properties of the fruit. For most of the characteristics analyzed, aluminum foil does not contribute significantly to the maintenance or improvement of pulp/fruit chemical properties when frozen.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch; Storage; Post-harvest conservation; Phenolic compounds; Vitamin C.

Resumen

El fruto de la fresa es muy sensible y se daña fácilmente cuando se manipula fresco, generando grandes pérdidas en la post cosecha, tanto comercial como nutricional. Por lo tanto, es necesario mejorar las tecnologías para optimizar el almacenamiento, con el objetivo de minimizar las pérdidas nutricionales y sensoriales y que mantengan la integridad organoléptica del producto. Este estudio tuvo como objetivo evaluar las características químicas de las frutas de fresas enteras y procesadas, cultivadas en un sistema orgánico, embalado en diferentes paquetes bajo congelación durante 105 días. Se evaluaron cuatro tratamientos (pulpa con embalaje de plástico transparente; pulpa con embalaje de plástico envuelto en aluminio; fruta entera con embalaje de plástico transparente; fruta entera con embalaje de plástico envuelto en aluminio). Las frutas fueron analizadas para sólidos solubles, acidez titulable, compuestos fenólicos, relación SS/AT y ácido ascórbico. La acidez titulable disminuyó después de 21 días de almacenamiento para frutas enteras y después de 42 días cuando se envolvió en aluminio. El contenido de sólidos solubles también disminuyó como resultado del almacenamiento, siendo más pronunciado en frutas enteras, envueltas en

aluminio. El ácido ascórbico y la relación SS/AT disminuyeron para todos los tratamientos por congelación, pero se mantuvieron estables durante todo el período de almacenamiento. Los compuestos fenólicos aumentaron durante el período de congelación, tanto en la pulpa como en la fruta, con o sin el uso de aluminio como envoltorio en el embalaje. En general, la congelación resultó ser apropiada para mantener las propiedades químicas de las frutas de fresa. La pulpa como forma de almacenamiento, mantuvo las propiedades químicas de la fruta. Para la mayoría de las características analizadas, el aluminio no contribuyó significativamente al mantenimiento o la mejora de las propiedades químicas de la pulpa/frutas, cuando se congelaron.

Palabras clave: *Fragaria x ananassa* Duch; Almacenamiento; Conservación poscosecha; Compuestos fenólicos; Vitamina C.

1. Introdução

O morango apresenta bom perfil nutricional, com razoável teor de fibras, alta quantidade de água e baixas calorias. Também se destaca pelos altos teores de vitaminas e minerais. O fruto possui ainda elevado poder antioxidante, associado aos compostos bioativos, que são representados pelas antocianinas, metabólitos pertencentes à classe dos flavonoides. Os frutos de produção orgânica se destacam ainda mais no que se refere às propriedades organolépticas, apresentando notável valor nutricional e composição química (Camargo, et al., 2009).

Fruto não climatérico, o morango possui curto tempo de armazenamento após a colheita. Esse fato requer tecnologias apropriadas que permitam estender o período de armazenamento, sem que ocorra perdas nutricionais importantes.

Com rápida deterioração, o fruto apresenta intensa atividade metabólica e susceptibilidade à lesão mecânica, intensificando as perdas de sólidos por meio da respiração e, conseqüentemente causando alterações nutricionais, sensoriais e econômicas, implicando em prejuízos aos diversos seguimentos da cadeia produtiva (Mirahmadi, et al., 2011).

Em frutos provenientes de sistemas orgânicos as características químicas e nutricionais são diferenciadas, no entanto, se desconhece a intensidade do metabolismo e seus efeitos nas propriedades químicas e no comportamento em pós-colheita, quando armazenados sob congelamento por longo período.

A característica de baixa conservação pós-colheita aliada a alta perecibilidade dos frutos e sazonalidade da produção, conduz a baixa oferta do produto durante alguns períodos

do ano, principalmente, quando se trata de frutos provenientes de sistemas alternativos de produção.

Uma alternativa para que haja disponibilidade dos frutos orgânicos no mercado por maior período de tempo, consiste em manter os mesmos sob congelamento, o que permite sua estocagem fora da época de produção (Vergara, et al., 2018). Temperaturas de refrigeração e congelamento reduzem a atividade microbiana e as alterações químicas e enzimáticas do vegetal. Com isso, é possível manter a qualidade do produto e garantir a segurança alimentar ao consumidor (Moraes, et al., 2008).

Apesar da preservação de frutos por congelamento ser eficiente, alguns estudos demonstraram que temperaturas negativas e o tipo de embalagem podem influenciar nas características químicas responsáveis pela qualidade e sabor dos frutos armazenados (Pompeu, et al., 2009). Estudos que relatam essas modificações em frutos de morangueiro sob cultivo orgânico são escassas na literatura. Em frutos de cultivo convencional foram observadas alterações químicas por Castricin et al. (2017), durante o armazenamento de morangos congelados inteiros ou em polpa, para as características de cor, sólidos solúveis e acidez titulável e por Donazzolo et al. (2003) para morangos da cultivar Oso Grande, embalados com filmes de PEBD de 45 µm, para firmeza de polpa, cor vermelha e podridões.

As variações nas características físico-químicas do fruto podem ser diminuídas ou eliminadas, mediante aprimoramento de técnicas que promovam melhores condições de armazenamento, como adequação de temperatura de congelamento, forma de congelamento, tipos de embalagem, efeitos diretos da luz no produto armazenado. Nesse contexto, o aprimoramento dessas tecnologias é de suma importância para minimizar as perdas químicas, nutricionais e sensoriais dos frutos quando congelados. Com isso é possível oferecer alimentos mais saudáveis aos consumidores por períodos mais longos e aumentar a rentabilidade dos produtores. Sendo assim, objetivou-se com a presente pesquisa, avaliar as características químicas de frutos e polpas de morangos orgânicos, armazenados de forma congelada em diferentes embalagens.

2. Metodologia

A pesquisa de caráter exploratória e quantitativa (Pereira, et al., 2018) foi desenvolvida no laboratório de Fisiologia Vegetal/Horticultura da Universidade Estadual do Centro-Oeste. Os frutos para o ensaio foram colhidos no pico de safra da região, entre os dias 10 e 20 de outubro de 2018.

Os frutos da cultivar Albion utilizados na pesquisa foram obtidos no município de Guarapuava, Paraná, provenientes de produtor local, certificado para cultivo orgânico. Os frutos foram selecionados de acordo com o estágio de maturação e coloração uniforme, sendo utilizado apenas aqueles com massa acima de 10 g, considerados de padrão comercial. Os frutos foram colhidos e transportados em caixa térmica até o laboratório de análises químicas do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro - Oeste.

Os frutos foram lavados e em seguida higienizados com solução contendo hipoclorito de sódio (0,1 mol L⁻¹). Posteriormente foram divididos em cinco lotes, cada um com aproximadamente 800 g. O primeiro lote foi utilizado para as análises in natura (dia 0). Dos quatro lotes restantes, dois foram processados na forma de polpa em liquidificador doméstico (MONDIAL NL 26) e os outros dois mantidos com os frutos inteiros. Dois tipos de embalagem foram utilizados para o armazenamento congelado: embalagens plásticas transparentes de polietileno (12 cm x 17 cm) e 35 micras de espessura e embalagens plásticas envoltas em folha de alumínio (12 cm x 17 cm) com 50 micras de espessura.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial diferenciado com um tratamento testemunha (duas formas de fruto – inteiro e polpa x dois tipos de embalagem x tempo de armazenamento), com três repetições.

Os tratamentos foram: 1. Polpa + embalagem plástica transparente; 2. Polpa + embalagem plástica envolta em alumínio; 3. Fruto inteiro + embalagem plástica transparente; 4. Fruto inteiro + embalagem plástica envolta em alumínio.

As amostras foram armazenadas em freezer horizontal a - 18 °C e avaliadas aos 21, 42, 63, 84 e 105 dias de armazenamento. As análises do dia zero foram realizadas com os frutos in natura para posterior comparação.

O teor de sólidos solúveis foi determinado em triplicada em refratômetro de bancada (marca Optech modelo RMT) com duas a três gotas de polpa filtrada, obtidas de uma amostra homogênea constituída a partir de 8 frutos e os resultados expressos em °Brix (SANTOS et al., 2016). A acidez titulável foi determinada por método titulométrico, conforme o Instituto Adolfo Lutz (2008) a partir da mesma amostra homogênea, em triplicata. Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico por 100 gramas de polpa. A relação entre sólidos solúveis e a acidez titulável foi obtida por meio da razão entre o teor de sólidos solúveis (SS) e o teor de acidez titulável (AT) de cada amostra.

O conteúdo de compostos fenólicos foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu de acordo com Woisky & Salatino (1998) em espectrofotômetro (SP-2000UV

Spectrum). Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico por 100 gramas de amostra. A extração dos compostos fenólicos foi realizada por agitação da amostra homogeneizada com solução de etanol: água (80:10) na proporção de 1:4 (amostra: solvente). A mistura foi homogeneizada em ambiente com pouca luz durante 30 minutos em mesa agitadora, seguida de 30 minutos em banho-maria a 37 °C e centrifugação por 5 minutos.

O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método titulométrico da AOAC (1984) modificado por Benassi & Antunes (1988). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 gramas de amostra.

Os resultados foram submetidos à análise de homogeneidade de variância (Box-Cox) e normalidade dos dados (Shapiro-Wilk) pelo SAS 9.0. Em seguida, aplicou-se a análise de variância (ANOVA) e teste F pelo software SISVAR. A comparação de médias foi realizada pelo teste de T (Student) a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussões

Não houve significância para interações triplas entre as fontes de variação estudadas (forma de armazenamento x tempo de armazenamento x tipos de embalagens) e da interação entre formas de armazenamento e tipos de embalagem. Interações significativas ocorreram para as fontes de variação, forma de armazenamento e dias de armazenamento e, tipos de embalagem e tempo de armazenamento.

A vitamina C é considerada indicadora de qualidade dos nutrientes durante o processamento e armazenamento de alimentos, pois geralmente se observa que, se o ácido ascórbico for retido, os outros nutrientes também serão (Uddin, et al., 2002). Entre as frutas, o morango é considerado a mais rica em ácido ascórbico (Derossi, et al., 2010) com valores médios acima de 0,60mg 100g⁻¹ de polpa (Mapa, 2016).

O teor de ácido ascórbico diminuiu a partir do momento em que as amostras foram submetidas ao processo de congelamento, independente da forma em que foram armazenadas, polpa ou fruto inteiro. A partir desse momento não foram observadas alterações nos teores de ácido ascórbico (vitamina C), permanecendo constante ao longo do armazenamento, dos 21 aos 105 dias. Contudo, ressalta-se que a partir dos 21 dias de armazenamento, as perdas de Vitamina C foram mais acentuadas, quando o armazenamento ocorreu na forma de polpa congelada (Tabela1).

Tabela 1. Teor de ácido ascórbico, relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (ratio), sólidos solúveis e compostos fenólicos em frutos inteiros e polpa de morango orgânico da cultivar Albion, armazenados na forma congelada por 105 dias. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

Forma de armazenamento	Dias de armazenamento					
	0	21	42	63	84	105
Ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹)						
Fruto	68,32A	56,00Ba	61,44Ba	60,57Ba	59,09Ba	62,42Ba
Polpa	68,32A	40,58Bb	37,92Bb	42,88Bb	44,54Bb	45,44Bb
Relação SS/AT						
Fruto	08,78A	8,23Aa	8,19Aa	8,41Aa	8,17Aa	8,23Aa
Polpa	08,78A	7,56Bb	7,43Bb	7,44Bb	7,37Bb	7,90Aa
Sólidos Solúveis (%)						
Fruto	08,30A	7,45Bb	7,00B	6,88B	7,10B	6,50Bb
Polpa	08,30A	7,92Aa	6,97B	7,07B	7,18B	7,40Ba
Acidez titulável (g 100g⁻¹)						
Fruto	0,94A	0,90Ab	0,85Bb	0,81Bb	0,87Bb	0,79Bb
Polpa	0,94A	1,04Aa	0,93Aa	0,95Aa	0,97Aa	0,93Aa
Compostos fenólicos (mg 100 g⁻¹)						
Fruto	71,84D	70,40D	89,82C	97,84B	88,96C	113,28Aa
Polpa	71,84C	70,76C	84,95C	102,09B	99,03B	125,24Ab

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

Fonte: (Resende, et al., 2019).

O ácido ascórbico é uma molécula termolábil e altamente sensível a várias condições de processamento (Valdramidis, et al., 2010). O fato de a amostra ter sido processada pode ter colaborado para que ocorresse maior degradação da vitamina C na polpa,

quando comparada ao fruto. O processamento promove rompimento das membranas com exposição do suco celular, ativando reações de oxidação, gerando instabilidade e como consequência a degradação de parte do ácido ascórbico presente na polpa congelada (Melo, et al., 2008).

Mesmo a polpa estando congelada, ocorrem reações de oxidação do ácido ascórbico. Quando ocorre o processamento, gradientes de alta tensão induzem maior degradação do ácido ascórbico, devido a reações eletroquímicas que promovem a síntese de compostos que catalisam as vias de degradação do ácido ascórbico na presença de oxigênio (Mercali, et al., 2012). Sapeia & Hwaa (2014), demonstraram ocorrência de degradação de vitamina C em suco de morangos frescos, com taxa de reação entre 4,42 e 1,85 mg de vitamina C 100 mL⁻¹ h⁻¹, evidenciando, portanto, o efeito do processamento na redução do ácido ascórbico, assim como ocorrido na presente pesquisa.

Além da oxidação, outros fatores influenciam na degradação como: dessecação e alcalinidade do meio (Freire, et al., 2013), exposição à luz, pH, nível de oxigênio dissolvido, presença de íons metálicos (Serpen, et al., 2007) e temperatura de armazenamento (Burdurlu, et al., 2006).

Alta relação SS/AT confere às frutas melhor equilíbrio entre o doce e o ácido, conferindo sabor mais agradável, tornando-as mais atrativas ao consumo (Fawole, et al., 2013; Qiu, et al., 2015; Zhou et al., 2018). Resende et al. (2008), avaliando a relação SS/AT de diferentes cultivares de morangueiro, e relacionando-a com a aceitação por parte do consumidor, observaram que as maiores relações SS/AT estão associadas à melhor percepção de flavor da fruta pelos provadores.

Na pesquisa realizada os valores obtidos para a Relação SS/AT para frutos inteiros estão dentro da faixa tolerável para que se tenha melhor percepção de flavor pelo consumidor. Quando se comparou as formas de armazenamento, frutos inteiros e polpa, em relação ao Ratio, observou-se superioridade do armazenamento na forma de fruto inteiro para as avaliações aos 63 e 84 dias. Quando os frutos foram armazenados na forma de polpa congelada, a partir dos 21 dias, constatou-se que os valores estavam abaixo do mínimo recomendável para a característica, permitindo inferir que essa forma de armazenamento interferiu negativamente, diminuindo a relação SS/AT. Costa et al. (2011) observaram que a relação SS/AT de frutos de morango processados, diminuiu a partir do 13º dia de armazenamento, porém manteve-se os valores acima do exigido comercialmente (8,75).

Brackmann et al. (2001) observaram que os teores de SS/AT, em geral, não sofreram modificações com o tempo de armazenamento, a ponto de prejudicar o sabor da polpa.

O teor de sólidos solúveis indica a quantidade de açúcares que se encontram dissolvidos no suco ou polpa dos frutos, sendo um critério importante para melhorar o sabor e qualidade dos mesmos (Portela et al., 2012). Em morango, o teor de sólidos solúveis aumenta continuamente, durante o desenvolvimento do fruto, devido aos componentes químicos, oriundos da fotossíntese realizada pela planta, que correspondem principalmente aos carboidratos que são carreados para os frutos (Taiz & Zeiger, 2017).

No presente trabalho os sólidos solúveis variaram de 6,5 a 8,3 no fruto inteiro, e 6,97 a 8,3 na polpa, ou seja, valores próximos ao indicado pela literatura para que o morango tenha um sabor aceitável. O teor de sólidos solúveis diminuiu a partir do momento em que ocorreu o congelamento dos frutos inteiros. Quando avaliada a polpa, os sólidos solúveis reduziram de forma significativa somente a partir dos 21 dias de armazenamento, na forma congelada. Andrade Júnior et al. (2016), avaliando conservação pós-colheita de frutos de morangueiro em diferentes condições de armazenamento, também observaram redução dos sólidos solúveis do início ao fim do processo de armazenamento. Ao final do período de armazenamento (105 dias) sob congelamento, observou-se que a polpa manteve maior concentração de solutos, quando comparada ao fruto inteiro.

Durante o armazenamento em baixas temperaturas (congelamento), os frutos permanecem “respirando”, mesmo que em menor intensidade, pois as células continuam intactas com metabolismo ativo. Assim, o processo catabólico da respiração, consome açúcares na via glicolítica para produção de compostos intermediários e piruvato, e conseqüentemente, promove a redução de sólidos solúveis nos tecidos. A menor oscilação nos teores de sólidos solúveis na polpa vai no sentido inverso ao observado para o fruto inteiro, pois com o processamento, várias células são danificadas, diminuindo, portanto, a eficiência do aparato respiratório com degradação de proteínas de oxi-redução e danificação da mitocôndria, e conseqüentemente, não havendo consumo de açúcares ou ácidos orgânicos, mantendo, portanto, os sólidos solúveis estáveis (Nelson, et al., 2017).

O ácido presente na polpa contribui para a acidez titulável dos frutos, que diminui gradualmente durante o desenvolvimento dos mesmos. A proporção açúcar/ácidos orgânicos é um dos principais parâmetros do sabor do morango. A acidez titulável é um importante parâmetro no estado de conservação de um produto alimentício, ocorre devido a ácidos

orgânicos e é uma característica importante no que se refere ao sabor e aroma do fruto. Os resultados do presente estudo indicam variação de acidez titulável nos morangos de 0,79 a 1,04 g 100g⁻¹ de amostra (Tabela1). Tais valores estão de acordo com os esperados para morango, que geralmente apresentam variação entre 0,5 a 1,87 g de ácido cítrico 100 g⁻¹ polpa, sendo recomendável que apresentem valor máximo de 0,8 para melhor aceitação pelo mercado consumidor. Essa quantidade tende a aumentar com o decorrer do crescimento do fruto até o seu completo desenvolvimento fisiológico, quando começa a decrescer à medida que vai amadurecendo (Chitarra & Chitarra, 2005; Kader, 1999).

Nos frutos inteiros armazenados sob congelamento, a acidez titulável a partir dos 42 dias, permaneceu constante, até o final das avaliações (105 dias). Quando o fruto foi armazenado na forma de polpa, não se observou diferença ao longo do período de avaliação para acidez titulável. A partir dos resultados, pode se inferir que o morango armazenado na forma de polpa congelada, manteve maior acidez, quando comparado ao fruto inteiro.

Durante o armazenamento, os ácidos orgânicos são consumidos pela respiração, justificando assim a menor acidez nos frutos inteiros, tendo em vista que o processamento aplicado para transformar o fruto em polpa, destrói todo aparato respiratório e mantém os níveis de ácido cítrico estáveis na polpa, pois não há consumo destes sólidos durante a via glicolítica e ciclo de Krebs (Nelson et al., 2017; Brackmann et al., 2011).

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o crescimento e reprodução. Além disso, se formam em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (Sartori, 2012). Como principais compostos fenólicos, o morango contém ácido elágico e alguns flavonoides, como as antocianinas, a catequina, a quercetina e o kaempferol (Hannum, 2004).

Na presente pesquisa os compostos fenólicos aumentaram em decorrência do período de armazenamento, independente da forma do fruto armazenado, inteiro ou processado. Durante o armazenamento, os compostos fenólicos se mantiveram estatisticamente iguais para polpa e fruto inteiro, para cada dia de avaliação, exceto aos 105 dias em que os teores se elevaram na polpa congelada. Esse aumento dos compostos fenólicos pode ser justificado pela ação da enzima fenilalanina amônia-liase e outras enzimas, as quais atuam no metabolismo secundário, formando outros compostos fenólicos (Edagi, et al., 2009). Com a queda de temperatura durante o armazenamento, em que ocorre redução de processos que compõe o aparato respiratório da célula (glicólise, ciclo de Krebs e cadeia de transporte

de elétrons), é notável o acúmulo dos compostos intermediários, que podem ser utilizados na síntese de várias outras substâncias, entre elas os compostos fenólicos (Taiz & Ziger, 2017).

A diminuição de compostos fenólicos nas amostras a partir dos frutos in natura até o processo de congelamento, pode estar relacionada a uma degradação inicial pela presença de oxigênio, luz, pH e temperatura. Já o posterior aumento na quantidade de compostos fenólicos, tanto na polpa quanto no fruto, pode ter ocorrido pelo fato de que os danos causados pelo frio decorrem da atividade de enzimas específicas, responsáveis pela formação de compostos fenólicos e pelo escurecimento destes compostos, tal como a enzima fenilalanina amônia liase (PAL), que é a principal enzima do metabolismo secundário e pode participar, juntamente com outras, em uma nova formação de lignina, bem como de outros compostos fenólicos. Além da PAL, a enzima peroxidase (POD) também participa do processo de lignificação (Edagi, et al., 2009).

Os teores de ácido ascórbico foram alterados ao longo do armazenamento na forma congelada, independente do uso ou não do papel alumínio como embalagem (Tabela 2). Houve decréscimo nos teores de ácido ascórbico com o congelamento (estádio in natura para 21 dias de armazenamento congelado), porém os valores aumentaram novamente ao longo do período, tanto para o tratamento com embalagem envolta por alumínio, quanto para o sem alumínio. Esses resultados podem ser explicados de acordo com Tsaniklidis et al. (2014) que estudando o efeito do armazenamento refrigerado em minitomates, observaram que o armazenamento em baixa temperatura aumentou a expressão da maioria dos genes que codificam enzimas envolvidas na biossíntese do ácido l-ascórbico e nas reações redox.

Tabela 2. Teor de ácido ascórbico, relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (ratio), sólidos solúveis, acidez titulável e compostos fenólicos em frutos/polpa de morango orgânico, cultivar Albion armazenados por 105 dias na forma congelada, envolta ou não sem papel alumínio. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2018.

Dias de armazenamento						
Embalagem de armazenamento	0	21	42	63	84	105
Ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹)						
Com Alumínio	68,32B	48,40Ca	58,76Ba	59,40Ba	64,46Ba	77,91Ab

Sem Alumínio	68,32B	48,18Ca	53,60Cb	53,65Cb	63,18Ba	83,95Aa
Relação SS/AT						
Com Alumínio	8,78A	7,81Ba	7,65Ba	7,59Ba	7,53Ba	7,69Ba
Sem Alumínio	8,78A	7,31Bb	7,26Bb	7,26Bb	7,21Bb	7,14Bb
Sólidos solúveis (%)						
Com Alumínio	8,3A	7,92Aa	7,83Ab	7,02Ba	7,05Ba	6,55Cb
Sem Alumínio	8,3A	7,45Ab	8,13Aa	6,93Ba	7,13Ba	7,35Aa
Acidez titulável g 100g⁻¹						
Com Alumínio	0,95A	1,01A	1,02Ab	0,92B	0,93B	0,85Cb
Sem Alumínio	0,95A	1,01A	1,11Aa	0,95A	0,99A	1,03Aa
Compostos fenólicos (mg 100 g⁻¹)						
Com Alumínio	71,84D	71,08D	89,77Ca	96,07Bb	94,92Bb	116,56Ab
Sem Alumínio	71,84D	70,89D	84,99Cb	103,86Ba	113,06Aa	121,96Aa

*Medias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

(Fonte: Resende, et al., 2019).

Para essa característica houve interação significativa entre os fatores tempo de armazenamento e tipo de embalagem. Aos 42 e 63 dias de armazenamento congelado, o teor de ácido ascórbico foi mais elevado quando os frutos/polpas tiveram a embalagem envolta com papel alumínio. Esse resultado se explica em decorrência da maior impermeabilidade do alumínio, que diminui a passagem de luz, principal responsável pela degradação da vitamina C (Salvador, et al., 2016). Na última avaliação o teor de ácido ascórbico foi superior quando a embalagem não foi envolta pelo papel alumínio. A partir desse resultado pode inferir que existe relação da embalagem com o período de armazenamento dos frutos/polpa de morango. Moraes et al. (2010) observaram que hortaliças armazenadas envoltas por alumínio, apresentaram maiores perdas de vitamina c quando armazenadas sob refrigeração, o que pode de certa forma explicar esse resultado. No entanto, as bases bioquímicas para o fato, ainda foram elucidadas.

A relação sólidos solúveis e acidez titulável não foi influenciada pelo período de armazenamento, independente da presença ou não do papel alumínio (Tabela 2). Porém observa-se que a presença do alumínio como envoltório na embalagem foi efetivo em manter a relação mais elevada, quando comparado ao tratamento sem papel alumínio. Observou-se apenas um decréscimo na Relação SS/AT entre o estádio in natura para o congelado, fato este esperado, tendo em vista o estresse térmico ocorrido no processo.

Quanto aos sólidos solúveis foi observada interação significativa entre os fatores analisados. Na avaliação aos 21 dias o teor de sólidos solúveis foi mais alto quando a embalagem estava envolta pela folha de alumínio, entretanto, aos 42 e 105 dias de armazenamento, o tratamento com folha de alumínio foi inferior, reduzindo os teores de sólidos, quando comparado ao tratamento sem folha de alumínio (Tabela 2). Os teores de sólidos solúveis, de forma geral, diminuíram em decorrência do aumento do período de armazenamento, principalmente quando passou do estádio in natura para o congelado.

Interação significativa também foi observada para as fontes de variação embalagem e período de armazenamento para compostos fenólicos de frutos/polpa de morangueiro. Aos 42 dias de armazenamento, os compostos fenólicos foram encontrados em teores mais elevados, quando utilizada a folha de alumínio na embalagem.

Com o avanço do período de armazenamento, os compostos fenólicos foram encontrados em maiores concentrações quando os frutos/polpa estavam acondicionados em embalagem sem a folha de alumínio (63, 84 e 105 dias). Os compostos fenólicos, aumentaram a concentração ao longo do armazenamento da polpa/fruto congelados, o que também foi observado na Tabela 1 para a relação entre forma de armazenamento e tempo de armazenamento sob congelamento. Quando um produto de origem vegetal é exposto a períodos longos de armazenamento, mesmo em baixas temperaturas, é normal que ocorra processos oxidativos e de hidrólise por ação de peroxidases e outras enzimas, que produzem compostos intermediários que são precursores básicos na síntese de compostos fenólicos. Um exemplo disso é a Eritrose - 4P, proveniente da Rota das Pentoses Fosfato, que é utilizada como substrato da rota do ácido chiquímico, que por sua vez controla a via do fenilpropanoide responsável pela síntese de diversos compostos fenólicos nas plantas (Saltveit, 2017).

O alumínio tem características fundamentais para ser utilizado como embalagem, destacando a impermeabilidade e a opacidade. O alumínio não permite a passagem de umidade, oxigênio e luz, isso faz com que a deterioração dos alimentos seja evitada por período maior de armazenagem.

A acidez titulável apresentou leve redução ao longo do período de armazenamento sob congelamento, quando as amostras se encontraram envoltas em papel alumínio. Na ausência de papel alumínio, as amostras armazenadas mantiveram os teores estáveis durante o período de 105 dias. Ao final, observou a maior efetividade da embalagem sem alumínio na manutenção da acidez da amostra armazenada. Esse fato é interessante, pois auxilia na manutenção da integridade da polpa, pois valores elevados de ácidos contribuem para diminuir a ação de agentes fermentante ou decompositores da polpa.

Essa redução pode ser explicada pelo uso de ácidos como fonte de energia para as reações catabólicas, que não foram totalmente interrompidas pelo congelamento (Melo, et al., 2000). Também, porque durante o amadurecimento os ácidos orgânicos são utilizados no metabolismo dos frutos, sendo convertidos em açúcares ou servindo de substrato para o processo respiratório (Chitarra & Chitarra, 2005). Esses resultados corroboram com Castricini et al. (2017), em que morangos da cultivar Albion mantidos em armazenamento congelado e avaliados em seis tempos de armazenamento (0, 30, 60, 90, 150 e 180 dias) tiveram redução na acidez em relação ao dia zero de armazenamento.

Segundo Vieites et al. (2006), níveis mais elevados de acidez titulável podem ser resultantes da redução da taxa respiratória, pois os ácidos são as substâncias mais prontamente disponíveis para a obtenção de energia no ciclo de Krebs. Esse aumento pode também ser devido à perda de água, e conseqüentemente à maior concentração de ácidos (Nunes, et al., 2017).

Os frutos de morangueiro de cultivo orgânico mantiveram suas características químicas durante o período de armazenamento sob congelamento, sem que ocorresse perdas consideráveis. O fruto quando congelado inteiro, manteve melhor sua propriedade quando comparado ao fruto armazenado de forma processada. Os tratamentos com folha de alumínio não demonstrou melhor eficiência na manutenção das propriedade químicas do fruto/polpa congelados, quando comparado ao tratamento sem alumínio.

A pesquisa em tela, permitiu o estabelecimento de práticas de pós-colheita em frutos de morangueiro, visando o armazenamento por períodos maiores de tempo, disponibilizando o produto em momentos de pequena oferta no comércio. No entanto, pesquisas futuras são necessárias no que consiste em avaliações em diferentes temperaturas e umidades de congelamento. Para, além disso, outras embalagens podem ser testadas, bem como a utilização de atmosfera modificada. Assim, a compilação de todas essas informações

poderão compor uma condição ideal de preservação de frutos de morangueiro, sem que ocorra perdas nas propriedades físico-químicas.

Referências

Andrade Júnior, V. C., Guimarães, A. G., Azevedo, A. M., Pinto, N. A. V. D. & Ferreira, M. A. M. (2016). Conservação pós-colheita de frutos de morangueiro em diferentes condições de armazenamento. *Horticultura Brasileira*, 34 (3), 405-411.

AOAC. Association of official analytical chemists. (1984). *Official methods of analysis*. 14th ed. Arlingyon: Sidney Willians.

Benassi, M.T. & Antunes, A.J. (1988). Comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, 31(4), 507-513.

Brackmann, A., Hunsche, M., Waclawovsky, A. J. & Donazzolo, J. (2001). Armazenamento de morangos cv. Oso Grande (*Fragaria ananassa* L.) sob elevadas pressões parciais de CO₂. *Revista Brasileira de Agrociência*, 7(1), 10-14.

Brackmann, A., Pavanello, E. P., Both, V., Janisch, D. I., Schmitt, O. J. & Giménez, G. (2011). Avaliação de genótipos de morangueiro quanto à qualidade e potencial de armazenamento. *Revista Ceres*, 58(5): 542-547.

Burdurlu, H. S., Koca, N. & Karadeniz, F. (2006). Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering*, 74(2), 211–216.

Camargo, L. K. P., Resende, J. T. V., Galvão, A. G., Baier, J. E., Faria, M. V. & Camargo, C. K. (2009). Caracterização química de frutos de morangueiro cultivados em vasos sob sistemas de manejo orgânico e convencional Chemical characterization of strawberry fruits in the organic and conventional cropping systems in pots. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 30(suplemento 1), 993-998.

Castricini, A., Dias, M. S. C., Martins, R. N. & Santos, L. O. (2017). Morangos produzidos no semiárido de Minas Gerais: qualidade do fruto e da polpa congelados. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, e2016149. Epub August 17.

Chitarra, M. I. F. & Chitarra, A. B. (2005). Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 785.

Costa, R. C., Calvete, E.O., Reginatto, F. H., Cecchetti, D., Loss, J. T., Rambo, A. & Tessaro F. (2011). Telas de sombreamento na produção de morangueiro em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 29(1), 98-102.

Derossi, A., De Pilli, T. & Fiore, A. G. (2010). Vitamin C kinetic degradation of strawberry juice stored under non-isothermal conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 43(4), 590–595.

Donazzolo, J., Hunsche, M., Brackmann, A. & Waclawovsky, A. J. (2003). Utilização de filmes de polietileno de baixa densidade(PEBD) para prolongar a vida pós-colheita de morangos, cv. oso grande. *Ciência e Agrotecnologia*, 27(1), 165-172.

Edagi, F. K., Sestari, I., Sasaki, F. F., Cabral, S. M., Meneghini, J. & Kluge, R. A. (2009). Aumento do potencial de armazenamento refrigerado de nêspersas 'Fukuhara' com o uso de tratamento térmico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(10), 1270-1276.

Fawole, O. A. & Opara, U. L. (2013). Harvest Discrimination of Pomegranate Fruit: Postharvest Quality Changes and Relationships between Instrumental and Sensory Attributes during Shelf Life. *Journal of Food Science*, 78(8), S1264–S1272.

Freire, J. M., Abreu, C. M. P. de, Rocha, D. A., Corrêa, A. D. & Marques, N. R. (2013). Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. *Ciência Rural*, 43(12), 2291–2295.

Hannum, S. M. (2004). Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(1), 1-17.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p. Disponível em:

<http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf>. Acesso em: setembro de 2019

Kader, A. A. (1999). Fruit maturity, ripening and quality relationships. *Acta Horticulturae*, (485), 203–208.

MAPA - Ministério da agricultura pecuária e abastecimento. (2016). Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de morango. *Diário Oficial da União*, (169), 1-6. <<http://www.in.gov.br/autenticidade.html>>. Acesso em: Setembro de 2019.

Melo, E. A., Maciel, M. I. S., Lima, V.L.A.G. & Araújo, C.R. (2008). Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. *Alimento e Nutrição*, 19(1), 67- 72.

Melo, E. A., Lima, V. L. A. G. & Nascimento, P. P. (2000). Temperatura no armazenamento de Pitanga. *Scientia Agricola*, 57(4), 629-634.

Mercali, G. D., Jaeschke, D. P., Tessaro, I. C. & Marczak, L. D. F. (2012). Study of vitamin C degradation in acerola pulp during ohmic and conventional heat treatment. *LWT - Food Science and Technology*, 47(1), 91–95.

Mirahmadi, F., Hanafi, Q. M., Alizadeh, M., Mohamadi, H. & Sarsaifee, M. (2011). Effect of low temperature on physico-chemical properties of different strawberry cultivars. *African Journal of Food Science and Technology*, 2(5), 109-115.

Moraes, F. A., Cota, A. M., Campos, F. M. & Pinheiro-Sant’Ana, H. M. (2010). Perdas de vitamina C em hortaliças durante o armazenamento, preparo e distribuição em restaurantes. *Ciência & Saúde Coletiva*, 15(1), 51–62.

Moraes, I. V. M., Censi, S. D., Benedetti, B. C., Mamede, A. M. G. N. Soares, A. G. & Barboza, H. T. G. (2008). Características físicas e químicas de morango processado

minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada. *Food Science and Technology*, 28(2), 274-281.

Nelson, D. L. & Cox, M. M. (2017). *Lehninger's principles of biochemistry*. 7th ed. New York: WH Freeman & Co, 1441–2003.

Nunes, A., C. D., Neto, A. F., Nascimento, I. K. S., Oliveira, F. J. V. & Mesquita, R. V. C. (2017). Armazenamento de mamão formosa revestido à base de fécula de mandioca. *Revista de Ciências Agrárias*, 40(1), 254-263.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 20 março 2020.

Pompeu, D. R., Barata, V.C.P. & Rogez, H. (2009). Impacto da refrigeração sobre variáveis de qualidade dos frutos do açaizeiro (*Euterpe oleracea*). *Alimentos e Nutrição* 20(1), 141-148.

Portela, I. P., Peil, R. M. N., Rodrigues, S. & Carini, F. (2012). Densidade de plantio, crescimento, produtividade e qualidade das frutas de morangueiro “Camino Real” em hidroponia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(3), 792–798.

Qiu, S., Wang, J. & Gao, L. (2015). Qualification and quantisation of processed strawberry juice based on electronic nose and tongue. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 115–123.

Resende, J. T. V., Camargo, L. K. P., Argandoña, E.J.S., Marchese, A. & Camargo, C. K. (2008). Sensory analysis and chemical characterization of strawberry fruits. *Horticultura Brasileira*, 26(3), 371-374.

Saltveit, M. E. (2017). Synthesis and Metabolism of Phenolic Compounds. *Fruit and Vegetable Phytochemicals*, 115–124.

Salvador, M. P., Junior, J. A. & Chiari-Andréo, B. G. (2016). Influência do material de embalagem na estabilidade de formulação cosmética contendo vitamina c. *Revista UNIARA*, 19(2), 38-52.

Santos, E. H. F., Figueiredo Neto, A. & Donzeli, V. P. (2016). Aspectos físico-químicos e microbiológicos de polpas de frutas comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). *Brazilian Journal of Food Technology*, 19, e2015089. Epub September 01, 2016.

Sapei, L. & Hwa, L. (2014). Study on the Kinetics of Vitamin C Degradation in Fresh Strawberry Juices. *Procedia Chemistry*, 9, 62–68.

Sartori, C.J. (2012). Avaliação dos teores de compostos fenólicos nas cascas de *Anadenanthera peregrina* (angico-vermelho). Lavras : UFLA.

Serpen, A. & Gökmen, V. (2007). Reversible degradation kinetics of ascorbic acid under reducing and oxidizing conditions. *Food Chemistry*, 104(2), 721–725.

Taiz, L. & Zeiger, E. (2017). *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, (918).

Tsaniklidis, G., Delis, C., Nikoloudakis, N., Katinakis, P. & Aivalakis, G. (2014). Low temperature storage affects the ascorbic acid metabolism of cherry tomato fruits. *Plant Physiology and Biochemistry*, 84, 149–157.

Uddin, M., Hawlader, M. N., Ding, L. & Mujumdar, A. (2002). Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. *Journal of Food Engineering*, 51(1), 21–26.

Valdramidis, V. P., Cullen, P. J., Tiwari, B. K. & O'Donnell, C. P. (2010). Quantitative modelling approaches for ascorbic acid degradation and non-enzymatic browning of orange juice during ultrasound processing. *Journal of Food Engineering*, 96(3), 449–454.

Vergara, L. P., Reissig, G. N., Franzon, R. C., Rodrigues, R. S. & Chim, J. F. (2018). Bioactive compound retention in frozen red and yellow Strawberry guava pulps added with L-Ascorbic acid. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(6), e-032. Epub November 14.

Vieites, R. L., Evangelista, R. M., Silva, C. D. S. & Martins, M. L. (2006). Conservação do morango armazenado em atmosfera modificada. *Semina: Ciências Agrárias*, 27(2), 243.

Woisky, R. & Salatino, A. (1998). Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. *Journal of Apicultural Research*, 37(2), 99-105.

Zhou, J., Wang, G. & Liu, Z. (2018). Efficient genome editing of wild strawberry genes, vector development and validation. *Plant Biotechnology Journal*. 16(11),1868-1877.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Juliano Tadeu Vilela de Rezende – 40%

Thays Silva 20 – 10%

Daiana Novelo – 10%

Nathalia Campos Vilela Resende – 10%

Laura Souza Santos – 10%

Danilo Pezzoto de Lima – 10%

Kélin Schwarz – 10%