



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL**

Bruno Emanuel Souza Coelho

**Avaliação de técnicas para aumentar a estabilidade da  
polpa e suco de acerola**

Petrolina/PE

2022

**Bruno Emanuel Souza Coelho**

**Avaliação de técnicas para aumentar a estabilidade da  
polpa e suco de acerola**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do *Campus* de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Sérgio Tonetto de Freitas  
Co-orientadora: Dra. Ana Cecilia Poloni Rybka

Petrolina/PE

2022

C672a Coelho, Bruno Emanuel Souza  
Avaliação de técnicas para aumentar a estabilidade da polpa e suco de acerola / Bruno Emanuel Souza Coelho. – Petrolina-PE, 2022.  
95 f.: il.; 29 cm.

Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) -  
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias,  
Petrolina-PE, 2022.

Orientador: Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Sérgio Tonetto de Freitas.  
Coorientadora: Dr.<sup>a</sup> Ana Cecilia Poloni Rybka.

Inclui referências.

1. Acerola - Cultivo. 2. Antocianinas. 3. Ácido ascórbico. 4. Bentonita. I.  
Título. II. Freitas, Sérgio Tonetto de. III. Rybka, Ana Cecilia Poloni. IV.  
Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 634.973214

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UNIVASF.  
Bibliotecária: Andressa Laís Machado de Matos CRB – 4/2240.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Bruno Emanuel Souza Coelho

Avaliação de técnicas para aumentar a estabilidade da polpa e suco de acerola

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 03 de agosto de 2022.

**Banca Examinadora**



Documento assinado digitalmente

SERGIO TONETTO DE FREITAS

Data: 22/02/2023 09:01:34-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Sérgio Tonetto de Freitas  
Doutor em Biologia de Plantas, Embrapa Semiárido.

---

Ana Cecília Poloni Rybka  
Doutora em Ciência de Alimentos, Embrapa Semiárido.

---

Marcos dos Santos Lima  
Doutor em Engenharia de Alimentos, IFSertãoPE.



Documento assinado digitalmente

KARLA DOS SANTOS MELO DE SOUSA

Data: 27/02/2023 08:37:23-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Karla dos Santos Melo de Sousa  
Doutora em Engenharia Agrícola, Univasf.

*Aqueles que nos alimentam, e muitos chamam de caipiras ou matutos, mas vos digo que considero como uns doutores da vida, pois fazem brotar da terra não somente plantas e frutos, mas também a realização de sonhos.*

Dedico

## AGRADECIMENTOS

À Deus humildemente agradeço pelo dom da vida, por seu amor infinito, bondade e misericórdia, pela coragem e força depositadas ao longo do percurso, por nunca abandonar seu filho e por sempre providenciar cada dia vivido, aos espíritos de luz por estarem comigo durante minha caminhada, obrigada Senhor!

Aos meus pais, Benedita Neta e Manoel Antônio, por todo auxílio, compreensão e pela confiança ao longo do percurso, apesar das dificuldades, deixando-me com livre arbítrio para minhas escolhas. Ao meu irmão Mateus Eduardo, agradeço pela compreensão e apoio em todos os momentos, principalmente nos quais me acompanhou até a Embrapa Semiárido.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Semiárido (Embrapa Semiárido) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertão, PE), por disponibilizarem suas dependências para o desenvolvimento do presente estudo, e todos e todas que indiretamente me auxiliaram, expresse minha gratidão.

Ao Professor e Pesquisador Dr. Sérgio Tonetto de Freitas, por ter me recebido em sua equipe, por sua paciência, perseverança, atenção, pois sei que não foi uma tarefa fácil me orientar. És um grande exemplo de pessoa e profissional. Certamente, parte do profissional que hoje sou, tem a sua influência.

Ao Professor Dr. Marcos dos Santos Lima, agradeço imensamente por ter aberto espaço e disponibilizar as dependências do Laboratório de Análise Instrumental de Alimentos e Bebidas, para o desenvolvimento do primeiro experimento, além das imensas contribuições dadas a minha dissertação.

A Pesquisadora Dra. Ana Cecília Poloni Rybka, pela atenção durante a execução dos meus experimentos, pela atenção, e por todas as contribuições dadas ao meu trabalho.

Aos produtores de acerola, a Sra. Maria do Socorro, e o Sr. Carlos Alberto pela doação da matéria-prima para a execução do experimento.

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa semiárido, Alberto Soares, Ana Géssica, Bruna Parente, Mônica de Sá e Raquel de Souza. Agradeço pela imensa ajuda nos experimentos! Obrigado também pelos conselhos, as conversas, os momentos de descontração.

Aos funcionários da Embrapa Semiárido, Danielly Trindade e Joviniano (Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita), Edna Santos (Laboratório de Enologia), Viviane Siqueira (Laboratório de Microbiologia do Solo), e Hélio Barbosa (Laboratório de Solos e Análise Foliar), por todas as contribuições e apoio técnico durante a execução do experimento.

À Professora Dra. Karla dos Santos Melo de Sousa, que me acolheu durante a graduação e inspirou-me a ser uma pessoa e um profissional melhor, e mesmo sem me conhecer profissionalmente abriu as portas mesmo quando estava no segundo período da graduação.

Agradeço pelas orientações, parcerias, por ter me recebido no estágio docência, pelas oportunidades de ministrar as aulas, os trabalhos que desenvolvemos junto, os convites para participações de bancas de trabalho de conclusão de curso de graduação, e a abertura de sempre! Tudo isso foi fundamental para a minha carreira. Serei eternamente grato.

Ao Professor Dr. Acácio Figueiredo Neto, que também me acolheu durante a graduação. Agradeço pelas orientações, parcerias, os trabalhos que desenvolvemos junto, as coorientações de trabalhos de conclusão de curso de graduação, os convites para participações de bancas de trabalho de conclusão de curso de graduação, e a abertura de sempre! Tudo isso foi fundamental para a minha carreira. Serei eternamente grato.

A todos, que acreditaram em mim, e que de uma forma ou de outra contribuíram para que eu chegasse até aqui! Muito obrigado!

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado através do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf). Gratidão, por eu nunca ter desistido, apesar dos percalços!

## RESUMO

O Brasil é terceiro maior produtor de frutas do mundo, e ao mesmo tempo, maior produtor, exportador e consumidor de acerolas do mundo. A cultura da acerola é uma importante atividade econômica no Vale do São Francisco, pois é uma das principais fontes de emprego e renda na região. Esta fruta possui alto valor biológico em função do alto conteúdo de vitamina C, sendo comumente consumida na forma de polpa congelada e suco. No que se refere a cor de sucos e polpas de acerola, sabe-se que ocorrem modificações bioquímicas durante o processamento e armazenamento. Este trabalho teve o objetivo de avaliar as modificações químicas relacionadas à mudança da coloração de suco de acerola, bem como avaliar o efeito do uso de bentonita para estabilizar a cor do suco durante a vida de prateleira. Foram realizados dois experimentos. No primeiro, foi feita a extração de polpas de acerolas 'Costa Rica', sendo submetidas a quatro tratamentos: polpa congelada imediatamente; polpa pasteurizada e congelada imediatamente; polpa branqueada e mantida em temperatura ambiente, posteriormente congelada; e polpa mantida em temperatura ambiente, e posteriormente congelada. Após a obtenção da polpa foram feitas análise de cor e determinação de compostos fenólicos. O emprego da pasteurização na polpa levou a modificação da cor, aumentando a intensidade de vermelho e luminosidade, além de ter levado a uma maior extração do conteúdo de antocianinas e compostos fenólicos. Já o branqueamento e exposição à condição ambiente, conferiram esbranquiçamento a polpa, levando a perda da cor avermelhada. O processo de pasteurização pode melhorar a preservação do conteúdo de antocianinas na polpa, além de outros compostos fenólicos, levando a proteção dos principais compostos que são responsáveis pelas propriedades antioxidantes atribuídas à polpa de acerola. O Segundo experimento foi conduzido para avaliar o efeito da bentonita como coadjuvante de tecnologia para estabilizar a cor do suco de acerola clarificado. Optou-se por usar suco clarificado obtido utilizando acerolas 'Junko' e 'Costa Rica'. Foi feita a adição de bentonita ao suco clarificado em diferentes concentrações de bentonita, variando de 0 a 4% (m/m). Os sucos foram armazenados sob refrigeração durante 56 dias, e avaliados quanto aos parâmetros de: pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação SS/AT, ácido ascórbico, cor: L\*, a\*, b\*, C\*, °H, índice de amarelecimento, índice de cor, e índice de escurecimento. Ao longo do armazenamento do suco *in natura*, sem a adição de bentonita, constatou-se a degradação dos pigmentos naturais do suco, levando a perda de cor e amarelecimento. A concentração de bentonita com 1% foi suficiente para a estabilização da cor vermelha do suco elaborado com as duas cultivares de acerola, embora os teores de ácido málico, ácido ascórbico e pH tenham sido reduzidos.

**Palavras-chave:** *Malpighia emarginata*; antocianinas; ácido ascórbico; consumidor; tratamento térmico; bentonita.

## ABSTRACT

Brazil is the largest producer, exporter and consumer of acerolas (*Malpighia emarginata*), which are mainly produced in the Northeast region. Acerola fruit has high biological value due to its high vitamin C content, which is mainly consumed as pulp or juice. However, the color of acerola juice shows undesirable modifications during shelf life in response to chemical changes. The objectives of this study were to determine the most important chemical changes that are possibly related to color modifications in acerola juice, as well as to evaluate the effect bentonite on color stability of acerola juice during shelf life. This study was composed by two experiments. The first experiment was accomplished with 'Costa Rica' acerola pulp that was subjected to four treatments: 1) extracted and immediately frozen, 2) extracted, pasteurized and frozen, 3) extracted, treated at high temperature for a short time, kept at room temperature and then frozen, and 4) extracted, kept at room temperature and then frozen. After obtaining the pulp, samples were subjected to color and phenolic compound analyses. Pulp pasteurization increased lightness and red color, as well as resulted in higher concentrations of anthocyanins and phenolic compounds in the samples. Treatment at high temperature for a short time resulted in pulp whitening and red color loss. The pasteurization process improved the preservation of anthocyanin content, in addition to other phenolic compounds, leading to the protection of the main compounds that are responsible for the antioxidant properties in acerola pulp. The second experiment was conducted to evaluate the effect of bentonite as an additive to stabilize the color of clarified acerola juice. The juice was obtained from 'Junko' and 'Costa Rica' acerolas. Bentonite was added to the clarified juice at concentrations ranging from 0 to 4%. The juices were then cold stored and evaluated for 56 days. During storage, acerola juice, without bentonite, showed higher rates of undesirable color changes, which changed from red to yellow. Bentonite at the lowest concentration of 1% was efficient to stabilize the acerola juice red color in both cultivars. In all juices of both cultivars, malic acid and ascorbic acid concentrations decreased during storage.

**Key-words:** *Malpighia emarginata*; anthocyanins; Ascorbic acid; consumer; heat treatment; bentonite.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Pág

**Figura 1.** Coloração da polpa de acerola extraída e congelada imediatamente à -80 °C (A); extraída, pasteurizada à 75 °C por 20 minutos e congelada à -80 °C (B); extraída, branqueada à 80 °C por 2 min, mantida em temperatura ambiente (25 ± 5 °C) por 36 h e então congelada à -80 °C (C); extraída, mantida em temperatura ambiente (25 ± 5 °C) por 36 h e congelada à -80 °C (D)..... 44

**Figura 2.** Parâmetros de cor: L, a\*, b\*, °H, C\*, ácido gálico, ácido siríngico, ácido caftárico, ácido clorogênico, ácido caféico, ácido p-cumárico, galato de epigalocatequina, epicatequina, galato de epicatequina, procianidina B1, procianidina B2, Isoramnetina, rutin, miricetina, procianidina A2, isoquercitrina, astragalin, hesperidina, naringenina, cianidina-3,5-O-diglicosídeo, cianidina-3-O-ramnosídeo e trans-resveratrol. A - gráfico das amostras (carregamentos); B - gráfico das variáveis (escores)..... 53

### CAPÍTULO 2

Pág

**Figura 1.** Variações de luminosidade (L\*) do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias ± desvio padrão..... 74

**Figura 2.** Variações intensidade de vermelho (+a\*) do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias ± desvio padrão..... 75

**Figura 3.** Variações intensidade de amarelo (+b\*) do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias ± desvio padrão..... 77

**Figura 4.** Variações de Croma (\*C) do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias

seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias $\pm$ desvio padrão.....	78
<b>Figura 5.</b> Variações de ângulo Hue ( $^{\circ}$ H) do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias $\pm$ desvio padrão.....	79
<b>Figura 6.</b> Variações do índice de amarelecimento do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias $\pm$ desvio padrão.....	80
<b>Figura 7.</b> Variações do índice de cor do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias $\pm$ desvio padrão.....	82
<b>Figura 8.</b> Variações do índice de escurecimento do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias $\pm$ desvio padrão.....	83
<b>Figura 9.</b> Estimativa do conteúdo de antocianinas monoméricas totais do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias $\pm$ desvio padrão.....	84
<b>Figura 10.</b> Cor do suco de acerola clarificado com diferentes concentrações de bentonita durante o armazenamento. A – suco elaborado com a cultivar Junko; B – suco elaborado com a cultivar Costa Rica.....	86

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Pág.

**Tabela 1.** Cor da polpa de acerola obtida sob diferentes formas de processamento. Polpa de acerola extraída e congelada imediatamente à -80 °C (PC); extraída, pasteurizada à 75 °C por 20 minutos e congelada à -80 °C (PPC); extraída, branqueada à 80 °C por 2 min, mantida em temperatura ambiente (25 ± 5 °C) por 36 hs e então congelada à -80 °C (PBA); extraída, mantida em temperatura ambiente (25 ± 5 °C) por 36 hs e congelada à -80 °C (PA)..... 46

**Tabela 2.** Compostos fenólicos quantificados ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de polpa) da polpa de acerola obtida em diferentes condições de processamento. Polpa de acerola extraída e congelada imediatamente à -80 °C (PC); extraída, pasteurizada à 75 °C por 20 minutos e congelada à -80 °C (PPC); extraída, branqueada à 80 °C por 2 min, mantida em temperatura ambiente (25 ± 5 °C) por 36 h e então congelada à -80 °C (PBA); extraída, mantida em temperatura ambiente (25 ± 5 °C) por 36 h e congelada à -80 °C (PA)..... 48

### CAPÍTULO 2

Pág.

**Tabela 1.** pH do suco de acerola aditivado com concentrações de bentonita..... 69

**Tabela 2.** Acidez titulável (g de ácido málico.100g<sup>-1</sup>) do suco de acerola aditivado com concentrações de bentonita ..... 70

**Tabela 3.** Sólidos solúveis (%) do suco de acerola aditivado com concentrações de bentonita ..... 71

**Tabela 4.** Relação SS/AT do suco de acerola aditivado com concentrações de bentonita..... 72

**Tabela 5.** Teor de ácido ascórbico (mg.100g<sup>-1</sup>) do suco de acerola aditivado com concentrações de bentonita..... 73

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>14</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Produção e exportação de frutas no Brasil.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Acerola.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Processamento de sucos e polpas de acerola .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4 Antocianinas presentes na acerola .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5 Uso de argilas para a estabilização da cor de sucos .....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>39</b>
<b>PERFIL FENÓLICO E COR DA POLPA DE ACEROLA OBTIDA SOB DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSO .....</b>	<b>39</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>39</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>42</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>62</b>
<b>ESTABILIZAÇÃO DA COR DO SUCO DE ACEROLA UTILIZANDO BENTONITA.....</b>	<b>62</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>62</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>65</b>
<b>2.1 Aquisição de matéria-prima e processamento do suco.....</b>	<b>65</b>
<b>2.2 Avaliações físico-químicas dos sucos .....</b>	<b>65</b>
<b>2.3 Avaliações da cor do suco .....</b>	<b>66</b>

<b>2.4 Estimativa do conteúdo de antocianinas monoméricas totais.....</b>	<b>67</b>
<b>2.5 Análise estatística .....</b>	<b>68</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>68</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>87</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>88</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>95</b>

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO

A acerola é considerada uma fruta de alto valor biológico devido seu alto teor de ácido ascórbico que pode atingir até 5% na polpa, representando cerca de 80 vezes as concentrações encontradas em outras frutas como laranjas e limões (ANCOS et al., 2017; PRAKASH; BASKARAN, 2018; REKHA et al., 2012; CUNHA et al., 2014). A acerola também possui um alto conteúdo de minerais como cálcio, fósforo e ferro; vitaminas A, B1, B2, B3; flavonoides, ácidos fenólicos, antocianinas e carotenoides (PRAKASH; BASKARAN, 2018; FERREIRA et al., 2021).

Esta fruta pode ser consumida in natura ou processada em forma de sache, néctar, iogurte, sorvete, licor, doce, geleia, além de ser usada no enriquecimento de sucos e néctares de outras frutas (ARAÚJO et al., 2016). Entretanto, a elaboração da polpa congelada é o produto derivado da acerola mais encontrado no mercado, e mais consumido, por ser um processado de fácil obtenção por pequenos produtores (JAESCHKE et al., 2016).

Globalmente, a saúde dos consumidores é o principal foco para o desenvolvimento de novos produtos com alto valor nutricional e biológico. Neste contexto, o termo “superfruta” ganhou popularidade com o intuito de promover os benefícios inerentes ao consumo de frutas que não apresentam popularidade mundial, como é o caso da acerola (DEMBITSKY et al. 2011; CHANG et al. 2018).

Quando se pensa em produtos que atendam a requisitos que satisfaçam as necessidades do consumidor, destaca-se uma forte tendência para consumo de bebidas saudáveis (RIBEIRO et al., 2017; CARMO et al., 2014). Desta forma o uso de polpas para preparação de sucos vem ganhando espaço no mercado, além do, suco integral, que apresenta maior praticidade pode atender a esse mercado, por ser uma forma para agregar valor a matéria prima, e diversificar os produtos a base de acerola no mercado (RIBEIRO et al., 2017; CARMO et al., 2014).

Entre as técnicas de processamento de polpas e sucos de acerola, o uso de processos térmicos como a pasteurização e o branqueamento, são empregados para aumentar a vida de prateleira, por possibilitar a inibição do crescimento de microrganismos e inativação de diversas enzimas (CHEN et al., 2020; LI et al., 2017). No entanto, o emprego de altas temperaturas e exposição ao oxigênio podem

promover modificações nos atributos sensoriais e nutricionais, conduzindo a uma redução no nível de compostos antioxidantes, alteração no flavor e textura, e principalmente modificações na concentração de pigmentos, alterando a cor do produto final (CHEN et al., 2020). Além disto, um processo industrial para a obtenção de polpas e sucos, não deve focar apenas na garantia da sanidade microbiológica, mas também da qualidade física e química do produto.

No que se refere a cor de sucos e polpas de acerola, sabe-se que ocorrem modificações bioquímicas durante o processamento e armazenamento, sendo uma delas a degradação das antocianinas (MCGHIE WALTON, 2007; PATRAS et al., 2010). Neste contexto, técnicas de processamento devem ser desenvolvidas e avaliadas para garantir a estabilidade do produto, garantindo assim a manutenção da qualidade até o consumidor final.

Estudos sugerem que o uso de argilas como adsorvente de pigmentos pode ter um papel importante na estabilização de antocianinas em sucos (BRITO et al., 2018; MONTEIRO et al., 2018). Estas argilas são capazes de proteger os pigmentos presentes em bebidas, inibindo a sua degradação e/ou modificações (RIBEIRO et al., 2018). Lima et al. (2007) relataram a adsorção de antocianina a várias substâncias inorgânicas, como minerais argilosos, entretanto o efeito da estabilização destes pigmentos resulta na diminuição da cor.

Kohno et al. (2009) concluíram que o uso da argila montmorilonita (bentonite) resultou em uma maior estabilidade e conservação das antocianinas presentes no suco exposto a diferentes condições de pH, luminosidade e oxigênio. Ribeiro et al. (2018) observaram que o emprego de montmorilonita em suco de acerola melhorou a estabilidade e proteção de antocianinas durante o armazenamento e vida de prateleira.

No entanto, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) não prevê o uso desta argila em como ingrediente em alimentos no Brasil, apesar de prever a utilização de bentonitas em alimentos como coadjuvante de processo, sendo utilizada como agente de clarificação (ANVISA, 2013). A bentonita não é tóxica e tem outras conhecidas funcionalidades para alimentos, entre as quais destaca-se a capacidade de adsorver toxinas (LÓPEZ-GALINDO et al., 2007; EL-NEKEETY et al., 2017).

Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as modificações químicas relacionadas à mudança da coloração da polpa de acerola,

bem como avaliar o efeito do uso de bentonita para estabilizar a cor do suco durante a vida de prateleira.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Produção e exportação de frutas no Brasil**

No que se refere a produção mundial de frutas, a China destaca-se como maior produtor mundial com 241,13 milhões de toneladas, seguida pela Índia com 107,54 milhões de toneladas e o Brasil aparece como o terceiro maior produtor com 42,39 milhões de toneladas no ano de 2018, sendo que a produção desses três países juntos corresponde a 42,07% de toda produção mundial de frutas (FAO, 2018).

Entretanto, apesar do Brasil ser o terceiro maior produtor mundial de frutas, apenas uma pequena parte da sua produção é exportada. Em 2018, foram exportadas 877.556 toneladas, gerando um faturamento de US\$ 890,60 milhões, já em 2019 foram registrados crescimentos nas exportações e receitas brasileiras de 13,65% e 3,03%, respectivamente (ABRAFRUTAS, 2019; IBGE, 2019; MAPA, 2020). Além disto, o setor emprega cerca de 5 milhões de trabalhadores, sendo que esse número representa 16% de toda mão de obra empregada no agronegócio brasileiro, o que significa dizer que para cada hectare plantado são gerados no mínimo dois empregos diretos (ABRAFRUTAS, 2018).

A produção de frutas tropicais vem apresentando nos últimos anos uma forte expansão mundial, abrindo novos espaços à produção e diversidade de frutas e trazendo aos consumidores uma vasta variedade de produtos. Esta expansão na produção deve-se ao crescente aumento na demanda por frutas tropicais, frescas e processadas (CORADIN; CAMILLO; PAREYN, 2018).

O Brasil possui uma grande diversidade de espécies frutíferas nativas e exóticas, as quais possuem alto potencial para a agroindustrialização, e representa um nicho de mercado para os que os produtores locais possam explorar, gerando renda e agregando valor comercial e nutricional a estas frutas, que são capazes de prevenir doenças crônicas e degenerativas (SILVA et al., 2014).

As frutas desempenham um importante papel nutricional e funcional na alimentação humana, o que vem incentivando o aumento de seu consumo pela

população. Frutas e seus produtos processados fornecem calorias, sais minerais, vitaminas, fibras e água, contribuindo, dessa forma, para a manutenção da saúde dos consumidores, bem como apresentam características sensoriais atrativas ao seu consumo (SILVA et al., 2014, LAGO; MAIA; MATTA, 2016).

A acerola, *Malpighia emarginata* DC, apesar de ser nativa na América do Sul, atualmente, está sendo cultivada principalmente no Brasil, no México e em algumas partes do sudeste da Ásia e da Índia (MOHAMMED, 2011; MOURA, et al., 2018), sendo o Brasil o maior produtor e exportador dessa fruta. Estima-se que o mercado global de extrato de acerola alcance US\$ 17,5 bilhões até 2026, com uma taxa de crescimento anual de 8,5% devido ao alto valor nutricional, nutracêutico e sensorial da fruta (REZENDE et al., 2017).

Alguns dos principais fabricantes de produtos à base de acerola são a Green Labs LLC, Nutrilite (Amway), Naturex, Nature's Power Nutraceuticals Corp., Florida Food, Inc., Diana Naturals e Vita Forte, que operam no mercado global de extrato de acerola (BELWAL et al., 2018).

Tratando-se de alimentos altamente perecíveis, as frutas exigem a aplicação de tecnologia adequada para prevenir a deterioração pós-colheita dos componentes nutricionais e funcionais, aumentando assim sua vida de prateleira e proporcionando produtos com a qualidade no mercado (DURIGAN, 2013; CORADIN; CAMILLO; PAREYN, 2018).

## 2.2 Acerola

A aceroleira é uma planta de clima tropical, no entanto, pode adaptar-se bem em regiões de clima subtropical. Entretanto, apresentam um ótimo desenvolvimento em temperaturas médias de 26 °C com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e variando entre 1.200 e 2.000 mm (MANICA et al. 2003). O cultivo da acerola apresentou um acelerado crescimento nos últimos 30 anos devido ao aumento da procura por alimentos naturais e funcionais, pois esta fruta apresenta altos teores de ácido ascórbico (MOURA et al., 2007).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador de acerola com mais de 7000 hectares em cultivo, sendo que 60% do total produzido permanece no mercado interno e 40% é exportado, notadamente para o Japão, Europa e Estados Unidos, existindo plantios comerciais em praticamente todos os estados brasileiros, ainda

evidencia-se uma tendência para o crescimento da produção comercial em decorrência do expressivo conteúdo de vitamina C nas frutas (FERREIRA et al., 2021; BELWAL et al., 2018; XU et al., 2020).

Esta cultura apresenta elevada importância social e econômica principalmente para o Nordeste, como fonte de renda para os pequenos e médios produtores rurais, sendo que esta região representa 75% das 60.996 t de acerolas colhidas no país (IBGE, 2017).

O Vale do Francisco (VSF), localizado no Nordeste do Brasil, é o maior polo de produção de acerola do país, respondendo por mais de 25% da produção nacional, com destaque para os pequenos e médios produtores (BELWAL et al., 2018). Nesta região, a cultura da acerola apresenta-se implementada tanto em área irrigada, como em área de sequeiro, tendo valores médios de produtividade de 20 a 50 t/ha/ano, podendo alcançar até 60 t/ha/ano quando associa à irrigação, assim como possibilitando até oito ciclos produtivos por ano. As principais cultivares comerciais em cultivo são Junko, Flor Branca, BRS Sertaneja, Costa Rica, Okinawa, Nikki, Coopama N° 1, e BRS Cabocla (RIBEIRO; FREITAS, 2020; SOUZA et al., 2013).

A crescente demanda pelo consumo de alimentos funcionais fez com que a aceroleira ganhasse espaço em pomares comerciais de pequenos e médios portes no Brasil. A importância econômica e social desta cultura tem aumentado ao longo dos anos, pois exige a presença constante do agricultor nas áreas de cultivo e requer mão de obra em grande escala, propiciando uma importante fonte de renda e a fixação do homem no campo (RIBEIRO; FREITAS, 2020; FERREIRA et al., 2021).

O alto valor econômico da acerola deve-se a sua composição nutracêutica, visto que esta fruta é rica em substâncias bioativas, que conferem propriedades antioxidantes, como o ácido ascórbico que pode atingir até 5% na polpa e representa aproximadamente 80 vezes a quantidade encontrada em laranjas e limões (ANCOS et al., 2017; REKHA et al., 2012; CUNHA et al., 2014). Acerolas também são fontes importantes de vitaminas, como a tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3); pectina, fibras, proteínas e sais como o ferro, cálcio e fósforo (CAETANO et al., 2012), assim como compostos fenólicos relacionados à cor da fruta como antocianinas e flavonóides amarelos (SOUZA et al., 2014).

### 2.3 Processamento de sucos e polpas de acerola

A importância econômica da acerola se dá devido ao elevado valor nutricional e aos altos níveis de compostos antioxidantes presentes nessa fruta, com destaque para o expressivo teor de ácido ascórbico e antocianinas, além da presença de carotenoides (MOHAMMED, 2011; REZENDE; NOGUEIRA; NARAIN, 2018).

A acerola pode ser consumida fresca ou processada na forma de diversos produtos como polpas, sucos, concentrados, geleias, sorvetes, xaropes, licores, produtos de panificação e confeitaria (SILVA; DURATE; BARROZO, 2016). Ainda, a parte não comestível dessa fruta, considerada os subprodutos de seu processamento (sementes, grãos e bagaço) também é aproveitada para a fabricação de suplementos alimentares (REZENDE; NOGUEIRA; NARAIN, 2018).

A produção de polpa, os sucos integrais, tropicais e néctares se sobrepõem aos demais produtos existentes no catálogo do consumidor, em função da facilidade de transporte e armazenamento, e praticidade, além da busca por alimentos naturais. No entanto, quando se pensa em produtos que atendam a requisitos do mercado consumidor, acompanhando a tendência mundial de consumo de bebidas saudáveis, convenientes e saborosas, um suco tropical ou integral armazenado sob refrigeração, que não necessita ser descongelado para o consumo, pode atender a esse mercado (RIBEIRO et al., 2017; CARMO et al., 2014).

Ainda a conservação de frutas na forma de suco pode aumentar a demanda e possibilitar o aproveitamento de excedentes de produção, agregando valor a matéria-prima e diversificando a gama de produtos disponíveis no mercado. Assim, a importância e a popularização das bebidas prontas e sucos ganharam destaque pela facilidade de consumo, disponibilidade de frutas fora a época de colheita, além da qualidade nutricional e benefícios para a saúde ofertados (MEDEIROS et al., 2021).

Esse comportamento tem despertado o interesse da indústria de bebida em buscar novos tipos de produtos, sabores, nichos de mercado, além de melhorar a sua qualidade e popularizar seu uso (SMITH et al., 2019). No entanto, as polpas e sucos de frutas são afetados negativamente pelo tratamento térmico convencional, o qual degrada compostos fenólicos como as antocianinas, interferindo na cor e qualidade do produto final (LEE, 2019; MA et al., 2019). Além disso, sabe-se que, e estabilidade de polpas e sucos também depende diretamente da forma de extração, acondicionamento, e condições de armazenamento, sendo os principais fatores

possivelmente relacionados a esta degradação a luz, oxigênio, temperatura, enzimas, proteínas, íons metálicos, e pH (MCGHIE; WALTON, 2007; PATRAS et al. 2010), assim como a alta concentração de ácido ascórbico (DE ROSSO; MERCADANTE, 2007).

Atualmente, um processo industrial para a obtenção de suco, não deve focar apenas na garantia da sanidade microbiológica, mas também na manutenção do seu conteúdo vitamínico e fenólico. Por muito tempo a pasteurização e esterilização (ARAÚJO et al., 2016) vêm sendo utilizadas no processo de conservação de sucos, por inativar a carga enzimática e reduzir a carga microbiana. No entanto, o uso do calor degrada os pigmentos vegetais, compostos fenólicos e conteúdo de ácido ascórbico, podendo promover o escurecimento e/ou a perda de cor do suco (SANTOS et al., 2018).

O emprego de altas temperaturas durante um longo período de exposição, promove modificações nos atributos sensoriais e nutricionais (YOU et al., 2018), conduzindo a uma redução no nível de compostos antioxidantes, alteração no flavor e textura, e principalmente a destruição de pigmentos, alterando a cor e promovendo o escurecimento, podendo também alterar o sabor (ARAÚJO et al., 2016).

A esterilização e pasteurização são métodos térmicos usuais empregados no processamento de sucos, e consistem no emprego de elevadas temperaturas (JADAHV et al., 2021). No caso da esterilização, a temperatura empregada é bem maior, porém com menor tempo de exposição ao calor, seguido de rápido resfriamento visando a redução da carga microbiana até se obter o produto estável em condições ambientes, diferentemente da pasteurização, que consiste no emprego de temperaturas menores, porém com maior tempo de exposição. Ambas são empregadas com o mesmo objetivo, de inativar a ação enzimática e de inibir a atividade microbiana (WANG et al., 2010).

O branqueamento é empregado com objetivo principal de inativar as enzimas deletérias presentes na célula vegetal, que são responsáveis por modificar os pigmentos, levando ao escurecimento ou a descoloração do produto (KAMBLE et al., 2021). Este método consiste em submeter o suco ou a polpa após extração a um “choque térmico” seguido de um rápido resfriamento (PLAZZOTTA; MANZOCCO, 2019), tendo como finalidade reduzir a mudança de cor e aumentar a vida de prateleira.

Segundo Oliveira et al. (2012), a provável causa da mudança de coloração de sucos devido calor é a degradação de pigmentos vermelhos, como as antocianinas, carotenoides e cantaxantina, promovendo o decréscimo do número de ligações duplas conjugadas e a formação de polímeros escuros.

Machado et al. (2019), ao estudarem a estabilidade química e antioxidante de polpa de *Physalis* pasteurizada e não pasteurizada sob congelamento, observaram que após 120 dias de armazenamento, a pasteurização promoveu a perda de compostos fenólicos possivelmente associados a redução da intensidade de vermelho, cor característica desses compostos.

Segundo Ribeiro et al. (2018), acerolas processadas em polpas congeladas e sucos pasteurizados tem sua cor profundamente afetada pelo processamento, possivelmente devido à degradação das antocianinas, o que prejudica sua aceitabilidade pelo consumidor. Neste contexto, outras técnicas de processamento devem ser desenvolvidas para garantir a estabilidade da qualidade do produto até o consumidor final.

#### **2.4 Antocianinas presentes na acerola**

Entre os compostos fenólicos, as antocianidinas e seus conjugados acilglicosilado ou glicosiladas, denominadas antocininas, fazem parte dos flavonóides e uma interessante classe de pigmentos vacuolares solúveis em água (ALAPPAT; ALAPPAT, 2020). Além disso, as antocianinas são derivadas poliidroxi ou polimetoxi glicosilados de 2-fenilbenzopirílio, contendo dois anéis benzoíla separados por um anel heterocíclico. Sendo caracterizadas por diversas propriedades como o número e grau de metilação de hidroxila grupos; natureza, número e posição das porções de açúcar ligadas à molécula fenólica (aglicona); natureza e número de ácidos alifáticos ou aromáticos ligados aos açúcares (MAZZA; MINIATI, 2018).

As antocianinas são derivadas dos flavonoides, que são sintetizados como parte da rota metabólica de fenilpropanóides. Os flavonóides são formados por compostos aromáticos derivados do aminoácido fenilalanina e do malonil-CoA que, por ação da chalcona sintase, formam o precursor comum aos flavonóides, a chalcona. Sua biossíntese é considerada mista devido ao envolvimento das vias do ácido chiquímico e do acetato-malonato (STAFFORD, 1990). De maneira geral, a

chalcona é formada a partir da condensação de 3 unidades de acetato que formam o anel A (via do acetato-malonato), enquanto o anel B e os três carbonos do anel central são derivados do ácido p-cumárico (via do ácido chiquímico) (VICKERY; VICKERY, 1981). Por fim, a partir da chalcona formam-se os seis maiores subgrupos de flavonóides encontrados na maioria das plantas superiores e conhecidos como chalconas, flavonas, flavonóis, flavanonas, antocianinas e catequinas (GONÇALVES et al., 2021).

Estes flavanóides são considerados os principais contribuintes para as cores vividas de vermelho, laranja, violeta e azul exibido por várias flores comestíveis, legumes, frutas, alguns cereais, sementes e folhas de plantas, assim como por seus derivados, como sucos, chás e vinhos tintos (GONÇALVES et al., 2021). Além dos atributos de cor, o interesse em antocianinas intensificou-se devido aos seus possíveis benefícios para a saúde (BRAGA et al., 2018), como o potencial efeito terapêutico antiinflamatório, radioprotetor, quimioprotetor, vasoprotetor, assim como na inibição da oxidação de LDL e diminuição dos riscos de doenças cardiovasculares (BENDOKA et al., 2020; SIVAMARUTHI et al., 2020).

Pesquisas recentes com humanos e animais revelaram que antocianinas são compostos funcionais capazes de aumentar as defesas antioxidantes, diminuir danos dos radicais livres, inflamação crônica e o risco de mutações, e atenuar, ou mesmo mitigar, o desenvolvimento e progressão de muitas doenças não transmissíveis e degenerativas, doenças crônicas como aterosclerose, síndrome metabólica, complicações oculares e renais, muitos tipos de câncer e também controlar o peso (GROSSO et al., 2014; LYNN et al., 2014; KENT et al., 2017; BOWTELL et al., 2017; THOMPSON et al., 2017; LI et al., 2020). Essas atividades biológicas estão associadas à sua estrutura química, com a presença de grupos catecol e do pirogalol, permitindo que tenham a capacidade de quelar íons metálicos e neutralizar radicais livres e espécies reativas (MARTÍN et al., 2017; TANG; MONICA GIUSTI, 2020; MLADENKA; SINOPOLI et al., 2019).

As antocianinas predominantes encontradas nos alimentos são cianidina, delfinidina, pelargonidina, peonidina, petunidina e glicosídeos de malvidina (GROSSO et al., 2014; WU et al., 2016; QI et al., 2022). Dentre as antocianinas, a cianidina e a delfinidina 3-O-glicosídeos apresentam potencial para reduzir os níveis de proteína C reativa em 77% no câncer de fígado humano HepG2, células e

secreção da molécula-1 de adesão celular vascular em células endoteliais em 47%, em concentrações de 50 µg/mL em comparação com o grupo de células não expostas (ZHU et al., 2013).

Adicionalmente, delphinidina, petunidina e malvidina 3,5-diglicosídeos também revelaram capacidade de inibir a liberação de óxido nítrico e IL-6, IL-1b e TNF- $\alpha$  induzida por lipopolissacarídeo (LPS) Macrófagos RAW264.7 em concentrações de 80 µg/mL (JIANG et al., 2020). Extratos de antocianinas de framboesas (concentrações de 100, 150 e 200 µg/mL) também mostraram capacidade de reduzir os níveis de expressão de *ciclooxigenase-2 (COX-2)*, *sintase de óxido nítrico induzível (iNOS)*, e *IL 1b* e *IL-6*, e para suprimir a sinalização de AP-1 e fator de transcrição nuclear kappa B (NF- $\kappa$ B) (LU et al., 2006; LI et al., 2008).

Estes pigmentos são muito reativos e degradáveis; sua estabilidade depende das propriedades do produto e condições de processamento, incluindo estrutura das antocianinas presentes, luz, oxigênio, temperatura, presença de enzimas (particularmente polifenol oxidase), proteínas, íons metálicos e principalmente pH (MCGHIE; WALTON, 2007; PATRAS et al., 2010). Especificamente em acerolas, as antocianinas cianidina-3-ramnósido e pelargonidina-3-ramnosídeo são os principais pigmentos responsáveis pela cor vermelha nos frutos (BRITO et al., 2007; DE ROSSO; MERCADANTE 2008). Estes flavonoides são muito propensos à degradação, que pode ser induzida pela luz, oxigênio, temperatura e, principalmente, mudanças de pH (MCGHIE; WALTON, 2007; PATRAS et al., 2010).

Em soluções aquosas, as antocianinas coexistem como quatro espécies em equilíbrio-cátion flavílio (vermelho, a principal forma em pH < 2), base quinoidal (azul), carbinol ou pseudobase (incolor) e chalcona C (incolor) (PASCUAL-TERESA; SANCHEZBALLESTA, 2008). Algumas antocianinas são relativamente estáveis, como as acilados (GULDIKEN et al., 2017), uma vez que a acilação promove um aumento na proporção relativa do cátion flavílio (PASCUAL-TERESA; SANCHEZ-BALLESTA, 2008).

As antocianinas presentes na acerola conferem cor vermelha, são altamente instáveis, sensíveis ao calor, variações de pH e presença de oxigênio, e durante o processamento e armazenamento ocorre a mudança de cor para o vermelho-amarelo ou cores acastanhadas (MERCALI et al., 2013; MERCALI et al., 2014).

A baixa estabilidade das antocianinas em acerola tem sido atribuída à alta concentração de ácido ascórbico, degradação que ocorre por condensação direta do ácido ascórbico com o carbono C4 das antocianinas, resultando na perda de ambos os componentes (DE ROSSO; MERCADANTE, 2007). Ainda segundo De Rosso et al. (2008), as agliconas (antocianidinas) cianidina e pelargonidina estão presentes nas acerolas juntamente com seus homólogos, o que pode contribuir para a baixa estabilidade de cor de produtos derivados de acerola, uma vez que as agliconas são menos estáveis que as antocianinas glicosiladas em meio levemente ácido (HE; GIUSTI, 2010).

## **2.5 Uso de argilas para a estabilização da cor de sucos**

A argila é um material natural, terroso, de granulação fina, que geralmente adquire, quando umedecido com água, certa plasticidade. Pode ser caracterizada fisicamente pelo alto teor de partículas com um diâmetro de 2  $\mu\text{m}$ . Quimicamente, minerais de argila são compostos de alumínio, silicatos, magnésio e podem conter outros elementos tais como ferro, cálcio, sódio, potássio em sua estrutura cristalina em camadas, o que caracteriza o grupo dos argilominerais (KOMADEL; MADEJOVÁ, 2013; AGUIAR, 2016).

As argilas têm sido largamente aproveitadas em indústrias de papel, óleo vegetal, mineral, alimentícia e amplamente utilizado na indústria farmacêutica como lubrificantes, dessecantes, desintegrantes, diluentes, aglutinantes, pigmentos e opacificadores, bem como emulsificantes, espessantes, isotônicos, antiaglomerantes e corretores de sabor, além de transportadores de ingredientes ativos (HAMILTON et al., 2014; KHLIBSUWAN; PONGJANYAKUL, 2016; OLUTOYE; HAMEED, 2013).

O uso de materiais argilosos naturais ou sintetizados a partir de um precursor natural em detrimento aos adsorventes comerciais disponíveis tem se tornado popular devido a sua disponibilidade, ausência de toxicidade e potencial elevado para troca iônica (DAS et al., 2018).

Diversos materiais argilosos, como sepiolita, montmorilonita e bentonita, têm sido empregados em ensaios para retenção de materiais corantes. Estes materiais possuem uma variedade de propriedades superficiais e estruturais, como estabilidade química, em detrimento área superficial elevada e significativa capacidade de adsorção (ÁLVAREZ et al., 2011; AGUIAR, 2016).

Quando dispersas em água, estas argilas podem formar tactóides cujos espaços interlamelares ficam disponíveis para a intercalação de moléculas orgânicas. Desta forma, os sítios de adsorção estão localizados tanto nas superfícies externas como nas superfícies internas das partículas de argila (NEUMMAN et al, 2000).

As argilas apresentam uma forte afinidade para a adsorção tanto de corantes catiónicos quanto dos aniônicos (DUARTE NETO et al., 2014). Os corantes, em geral, são rapidamente adsorvidos pelas argilas e as diferentes espécies formadas após a adsorção são facilmente detectadas por técnicas espectroscópicas (NEUMANN et al., 2000). Resultados apresentados por Lopes et al. (2006) já mostram o grande potencial do uso de argilas, como adsorvente de baixo custo, no processo de purificação de antocianinas.

Os argilominerais do grupo das esmectitas têm aplicação em diversos processos industriais, como em tintas e vernizes, cosméticos, fluídos tixotrópicos utilizados na perfuração de poços, produtos para adsorção de metais pesados, processos com corantes sintéticos e naturais, entre outros (PATRICIO et al., 2014).

Sua larga aplicabilidade está associada à sua elevada área superficial, grande capacidade de troca iônica, baixo custo, grande disponibilidade e boa inércia química. Essas argilas mostram uma forte afinidade para a adsorção de corantes catiónicos e aniônicos e seu comportamento adsorptivo vem sendo produto de diversas pesquisas em virtude do seu potencial econômico e industrial (YAGUB et al., 2014).

A bentonita consiste principalmente em minerais de argila cristalina pertencentes ao grupo da esmectita, que são silicatos de alumínio hidratado contendo ferro e magnésio, bem como sódio ou cálcio, formadas pela alteração das cinzas vulcânicas, carregada negativamente com silicato de alumínio hidratado, contendo ferro, magnésio, e sódio ou cálcio. (CHAGAS et al., 2012; LAMBRI et al., 2012b).

Dentre os argilominerais esmectíticos constituintes da bentonita, o argilomineral mais frequentemente encontrado é a montmorilonitas (Mnt), que é amplamente utilizada como agente de suspensão, estabilização e liga, assim como agente absorvente clarificante em diversas aplicações (KOHNO et al., 2009; RIBEIRO et al., 2018).

Na indústria de alimentos a bentonita é utilizada para remoção de partículas que causam a turbidez do suco, assim como para adsorver substâncias e depois extraí-las para purificá-las (BRITO et al., 2018). Também é amplamente utilizada na elaboração de vinho branco (CHAGAS et al., 2012; LAMBRI et al., 2012b), para a remoção de proteínas alergênicas e resíduos (LAMBRI et al., 2012a).

As características enoquímicas da bentonita são conhecidas à bastante tempo, sendo utilizada sendo utilizadas para a remoção de proteínas do vinho (LAMBRI et al., 2010), antocianinas e outros compostos fenólicos (LAMBRI et al., 2013b) em detrimento da superfície específica (SSA) e densidade de carga superficial (SCD). Além disso, o desempenho da adsorção dos pigmentos com bentonita depende do pH natural da suspensão levando a diferentes mecanismos de formação de gel (BENNA et al., 1999).

Apesar da bentonita ser amplamente utilizada para limitar o risco de turvação proteica em vinhos brancos, ainda é pouco utilizada para a clarificação dos vinhos tintos porque a combinação de proteínas com taninos é considerada suficiente para sua estabilização coloidal (RIBEREAU-GAYON et al., 2006). Além disso, pode se ligar a grandes compostos fenólicos, como antocianinas, e componentes complexados com proteínas (SALAZAR et al., 2007; STANKOVIC et al., 2012), promovendo a estabilização desses pigmentos.

A adsorção de compostos bioativos, como os pigmentos vegetais e corantes em geral dá-se por suas principais características como a elevada capacidade de inchamento em água para formar uma suspensão coloidal ou gel altamente tixotrópico (ZHANG et al., 2017; GAMOUDI et al., 2019; ROY et al., 2019). Estas argilas são aplicadas na indústria farmacêutica como lubrificantes, dessecantes, desintegrantes, diluentes, aglutinantes, pigmentos e opacificadores, bem como emulsificantes, espessantes, isotônicos, antiaglomerantes e corretores de sabor além de transportadores de ingredientes ativos (PATRICIO et al., 2014; WU et al., 2017), entre outros.

Alguns compostos inorgânicos foram relatados como potenciais alternativas para aumentar a estabilidade das antocianinas. Estudos mostram que minerais argilosos como montmorilonita (Mt) resultam na ligação e estabilização de antocianinas em meio aquoso (KOHNO et al., 2007; KOHNO et al., 2009). Esta argila não apresenta toxidez para os consumidores (MAISANABA et al., 2014), e tem

sido considerada segura para ser adicionada às dietas humanas visando diminuir a biodisponibilidade de aflatoxinas (WANG et al., 2007).

Foi investigado por Ribeiro et al. (2018) o desempenho da capacidade do uso da argila como protetora das antocianinas de possíveis degradações, os quais observaram que a argila melhorou a estabilidade das antocianinas durante o armazenamento. Ademais, as bentonitas clarificantes são extrema importância para a obtenção de maior rendimento, clarificação e melhoria nos processos de filtração, além da obtenção de sucos clarificados com maior qualidade quando direcionados para o processo de concentração (MUHLACK; COLBY, 2018). Estudos anteriores mostram que em presença de bentonita, as antocianinas apresentaram melhor estabilidade de cor frente a mudanças bioquímicas, de temperatura e pH. Este efeito foi atribuído à intercalação das antocianinas entre lamelas da argila, resultando em interação eletrostática entre ambas e proteção estérica contra reações de degradação (HASS et al., 2020).

Embora o efeito da bentonita sobre as antocianinas já tenha sido observado anteriormente, sua aplicabilidade tecnológica em sucos de frutas ainda não havia sido testada (BRITO et al., 2018). Apesar do alto potencial de uso de argilas para a estabilização de antocianinas e cor de sucos, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) apenas prevê a utilização de bentonitas em alimentos como agente de clarificação (ANVISA, 2013).

## REFERÊNCIAS

ABRAFRUTAS. Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. **Exportações Brasileiras de Frutas Janeiro a Dezembro 2018**. 2019. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2019/05/09/exportacoes-brasileiras-de-frutas-janeiro-a-dezembro-2018/>>. Acesso em 23 de ago.2019.

ABRAFRUTAS. Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. **Fruticultura – Setor em Expansão**. 2018. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2018/08/14/fruticultura-setor-em-expansao/>>. Acesso em 06 de set.2019.

AGUIAR, J. E. **Materiais nanoporosos para aplicação ambiental com ênfase na adsorção de contaminantes – Estudos experimental e teórico**. 2016, 159 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará. 2016.

ALAPPAT, B.; ALAPPAT, J. Anthocyanin pigments: Beyond aesthetics. **Molecules**, v. 25, n. 23, p. 5500, 2020.

ÁLVAREZ, A.; SATARÉN, J.; ESTEBAN-CUBILLO, E.; APARICIO, P. Current industrial applications of palygorskite and sepiolite. In: Galán, E., Singer, A. (Eds.), *Developments in Palygorskite–Sepiolite Research. A New Look at these Nanomaterials Developments*. In: **Clay Science**, v. 3. Elsevier, p. 281–298. 2011.

ANCOS B.; CILLA A.; BARBERÁ R.; SÁNCHEZ-MORENO C.; CANO M. P. Influence of orange cultivar and mandarin postharvest storage on polyphenols, ascorbic acid and antioxidant activity during gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, v.225, 15, p.114-124, 2017.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada** – RDC Nº 7, de 6 de março de 2013. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/3352026/RDC\\_07\\_2013\\_.pdf/071a4df8-4cf5-484d-bd5ae52fe1fd4a41](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/3352026/RDC_07_2013_.pdf/071a4df8-4cf5-484d-bd5ae52fe1fd4a41). Acesso em: 10 maio 2020.

ARAÚJO, A. P. O.; SANTOS, E. C. C.; DAMASCENO, F. S.; T. DEBONI, M.; CUEVAS, M. S.; MOTA, R. V. Utilização de planejamento experimental no estudo da pasteurização do suco de acerola. **Scientia Plena**, v. 12, n.6, p. 1-8, 2016.

ARAÚJO, P. S. R.; MINAMI, K. **Acerola**. Campinas: Fundação Cargill, 1994, 81p.

BELWAL, T.; DEVKOTA, H. P.; HASSAN, H. A.; AHLUWALIA, S.; RAMADAN, M. F.; MOCAN, A.; ATANASOV, A. G. Phytopharmacology of Acerola (*Malpighia* spp.) and its potential as functional food. **Trends in Food Science & Technology**, v. 74, p. 99-106, 2018.

BENDOKAS, V.; SKEMIENE, K.; TRUMBECKAITE, S.; PASSAMONTI, S.; BORUTAITE, V.; LIObIKAS, J. Anthocyanins: From plant pigments to health benefits at mitochondrial level. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, p. 3352–3365, 2020.

BENNA, M.; KBIR-ARIGUIB, N.; MAGNIN, A.; BERGAYA, F. Effect of pH on rheological properties of purified sodium bentonite suspensions. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 218, p. 442–455, 1999.

BELWAL, T.; DEVKOTA, H. P.; HASSAN, H.A.; AHLUWALIA, S.; RAMADAN, M. F.; MOCAN, A.; ATANASOV, A. G. Phytopharmacology of Acerola (*Malpighia* spp.) and its potential as functional food. **Trends in Food Science & Technology**, v. 74, p. 99-106, 2018.

BOWTELL, J. L.; ABOO-BAKKAR, Z.; CONWAY, M.; ADLAM, A.-L.R.; FULFORD, J. Enhanced task related brain activation and resting perfusion in healthy older adults

after chronic blueberry supplementation. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.42, n.7, p.773-779, 2016.

BRAGA, A. R. C.; Murador, D. C.; MESQUITA, L. M.S; DE ROSSO, V. V. Bioavailability of anthocyanins: Gaps in knowledge, challenges and future research. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 68, p. 31-40, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **AGROSTAT – Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. 2020. Disponível em <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em 17 de nov. 2021.

BRITO, D. F.; FILHO, E. C. S.; FONSECA, M. B.; JABER, M. Organophilic bentonites obtained by microwave heating as adsorbents for anionic dyes. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 6, n. 6, p. 7080–7090, 2018.

BRITO, E. S.; ARAÚJO, M. C. P.; ALVES, R. E.; CARKEET, C.; CLEVIDENCE, B. A.; NOVOTNY, J. A. Anthocyanins present in selected tropical fruits: acerola, jambolão, jussara, and guajiru. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n.23 p. 9389–9394, 2007.

CARMO, M. C. L. DANTAS, M. I. de S.; RIBEIRO, S. M. R. Caracterização do mercado consumidor de sucos prontos para o consumo, **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 17, n.4, p. 305-309, 2014.

CHAGAS, R.; MONTEIRO, S.; FERREIRA, R. Assessment of potential effects of common fining agents used for white wine protein stabilization. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 63, n. 4, p. 574–578, 2012.

CHANG, K. S.; ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. Superfruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health effects – A comprehensive review, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 10, p. 1580-1604, 2018.

CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial**. Plantas para o Futuro: Região Nordeste. Ministerio do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade. Brasília, 2018.

CUNHA, K. D.; SILVA, P. R.; COSTA, A. L. F. S. F.; TEODORO, A. J.; KOBLITZ, M. G. B. Estabilidade de ácido ascórbico em sucos de frutas frescos sob diferentes formas de armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.17, n.2, p.139-145, 2014.

DAS, A. B.; GOUD, V. V.; DAS, C. Adsorption/desorption, diffusion, and thermodynamic properties of anthocyanin from purple rice bran extract on various adsorbents. **Journal of Food Process Engineering**, v. 41, n. 6, p. e12834, 2018.

DE PASCUAL-TERESA, S.; SANCHEZ-BALLESTA, M. T. Anthocyanins: from plant to health. **Phytochemistry reviews**, v. 7, n. 2, p. 281-299, 2008.

DE ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid composition of two Brazilian genotypes of acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) from two harvests. **Food Research International**, v. 38, n. 8, p. 1073-1077, 2005.

DE ROSSO, V. V.; HILLEBRAND, S.; MONTILLA, E. C.; BOBBIO, F. O.; WINTERHALTER, P.; MERCADANTE, A. Z. Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and açai (*Euterpe oleracea* Mart.) by HPLC–PDA–MS/MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 4, p. 291–299, 2008.

DEMBITSKY, V. M. S.; POOVARODOM, H.; LEONTOWICZ, M.; LEONTOWICZ, S.; VEARASILP, S.; TRAKHTENBERG, S.; GORINSTEIN. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. **Food Research International**, v. 44, p. 1671–1701, 2011.

DURIGAN, J. Pós colheita de frutas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n.2, p.339 – 675.

EL-NEKEETY, A. A.; EL-KADY, A. A.; ABDEL-WAHHAB, K. G.; HASSAN, N. S.; ABDEL-WAHHAB, M. A. Reduction of individual or combined toxicity of fumonisin B1 and zearalenone via dietary inclusion of organo-modified nano-montmorillonite in rats. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 25, p. 20770–20783, 2017.

FARINELLI, D.; PORTARENA, S.; DA SILVA, D.F.; TRAINI, C.; DA SILVA, G.M.; DA SILVA, E.C.; DA VEIGA, J.F.; POLLEGIONI, P.; VILLA, F. Variability of Fruit Quality among 103 Acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) Phenotypes from the Subtropical Region of Brazil, **Agriculture**, v. 11, p.1078, 2021.

FERREIRA, I. C.; SILVA, V. P.; VILVERT, J. C.; SOUZA, F. F.; DE FREITAS, S. T.; DOS SANTOS LIMA, M. Brazilian varieties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) produced under tropical semi-arid conditions: bioactive phenolic compounds, sugars, organic acids and antioxidant capacity, **Journal of Food Biochemistry**, v. 45, p. e13829, 2021.

GAMOUDI, S.; SRASRA, E. Adsorption of organic dyes by HDPy+-modified clay: Effect of molecular structure on the adsorption. **Journal of Molecular Structure**, v. 1193, p. 522–531, 2019.

GONÇALVES, A. C.; NUNES, A.R.; FALCÃO, A.; ALVES, G.; SILVA, L. R. Dietary Effects of Anthocyanins in Human Health: A Comprehensive Review. **Pharmaceuticals**, v. 14, n. 7, p. 690, 2020.

GROSSO, G.; STEPANIAK, U.; TOPOR-MADRY, R.; SZAFRANIEC, K.; PAJAK, A. Estimated dietary intake and major food sources of polyphenols in the Polish arm of the HAPIEE study. **Nutrition**, v. 30, n. 11-12, p. 1398-1403, 2014.

HAMILTON, A.R.; HUTCHEON, G. A.; ROBERTS, M.; GASKELL, E. E. Formulation and antibacterial properties of clay mineral-tetracycline and -doxycycline composites. **Applied Clay Science**, v. 87, p. 129 – 135, 2014.

LACERDA, E. H. C.; MONTEIRO, F. C.; KLOSS, J. R.; FUJIWARA, S. T. Bentonite clay modified with Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: An efficient and reused photocatalyst for the degradation of reactive textile dye. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 388, n. 1, p. 112084, 2020.

HE, J.; GIUSTI, M. M. Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. **Annual Review of Food Science and Technology**. v.1, p. 163–187, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. **SIDRA**. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em 09 de set. 2021.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 30 jan. 2021.

JADHAV, H. B.; ANNAPURE, U. S.; DESHMUKH, R. R. Non-thermal technologies for food processing. **Frontiers in Nutrition**, v. 8, 2021.

JAESCHKE, D. P.; MARCZAK.; L. D. F.; MERCALI, G. D. Evaluation of non-thermal effects of electricity on ascorbic acid and carotenoid degradation in acerola pulp during ohmic heating, **Food Chemistry**, v.199, p.128-134, 2016.

JIANG, T.; ZHOU, J.; LIU, W.; TAO, W.; HE, J.; JIN, W.; GUO, H.; YANG, N.; LI, Y. The anti-inflammatory potential of proteinbound anthocyanin compounds from purple sweet potato in LPS-induced RAW264.7 macrophages. **Food Research International**, v. 137, p. 109647, 2020.

KAMBLE, H. A.; GATADE, A. A.; SAHOO, A. K.; ANNAPURE, U. S. Effect of blanching treatment on antioxidant activity and color values of sugarcane juice. **Materials Today: Proceedings**, v. 47, p. 5663-5667, 2021.

KENT, K.; CHARLTON, K.; ROODENRYS, S.; BATTERHAM, M.; POTTER, J.; TRAYNOR, V.; GILBERT, H.; MORGAN, O.; RICHARDS, R. Consumption of anthocyanin-rich cherry juice for 12 weeks improves memory and cognition in older adults with mild-to-moderate dementia. **European Journal of Nutrition**, v. 56, n.1, p. 333–341, 2017.

KHLIBSUWAN, R.; PONGJANYAKUL, T. Chitosan-clay matrix tablets for sustained-release drug delivery: Effect of chitosan molecular weight and lubricant. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 35, p. 303–313, 2016.

KOHNO, Y.; HOSHINO, R.; MATSUSHIMA, R.; TOMITA, Y.; KOBAYASHI, K. Stabilization of flavylum dyes by incorporation in the clay interlayer. **Journal of the Japan Society of Colour Material**, v. 80, p. 6–12, 2007.

KOHNO, Y.; SHIBATA, Y.; OYAIZU, N.; YODA, K.; SHIBATA, M.; MATSUSHIMA, R. Stabilization of flavylum dye by incorporation into the pore of protonated zeolites. **Microporous and mesoporous materials**, v. 114, n. 1-3, p. 373-379, 2008.

KOMADEL, P.; MADEJOVÁ, J. Chapter 10.1 - Acid Activation of Clay Minerals. In: FAÏZA BERGAYA AND GERHARD, L. (Ed.). **Developments in Clay Science**, v. 5, p.385-409. 2013.

LAGO, R. C. A.; MAIA, M. L. L; MATTA, V. M. D. O sabor das frutas tropicais no Brasil. **Embrapa Agroindústria de Alimentos-Livro técnico (INFOTECA-E)**, p.49, 2016.

LAMBRI, M.; DORDONI, R.; GIRIBALDI, M.; VIOLETTA, M. R.; GIUFFRIDA, M. G. Heat-unstable protein removal by different bentonite labels in white wines. **LWT-Food Science and Technology**, v. 46, n. 2, p. 460-467, 2012a.

LAMBRI M.; DORDONI R.; SILVA A.; DE FAVERI D. M. Comparing the impact of bentonite addition for both must clarification and wine fining on the chemical profile of wine from Chambave Muscat grapes, **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 1, p. 1-12, 2012b.

LAMBRI, M.; DORDONI, R.; SILVA, A.; DE FAVERI, D. M. Effect of bentonite fining on odor-active compounds in two different white wine styles. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 61, n.1, p. 225–233, 2010. LEE, J. Anthocyanins of açai products in the United States. **NFS Journal**, v. 14–15, p. 14–21, 2019.

LI, F.; CHEN, G.; ZHANG, B.; FU, X. Current applications and new opportunities for the thermal and non-thermal processing technologies to generate berry product or extracts with high nutraceutical contents. **Food Research International**, v. 100, p. 19–30, 2017.

LI, J.; ZHANG, D.; STONER G, D.; HUANG C. Differential effects of black raspberry and strawberry extracts on BaPDE-induced activation of transcription factors and their target genes. **Molecular Carcinogenesis**, v. 47, n.4, 286–294, 2008.

LI, L.; LYALL, G.K.; MARTINEZ-BLAZQUEZ, J.A.; VALLEJO, F.; TOMAS-BARBERAN, F.A.; BIRCH, K.M.; BOESCH, C. Blood orange juice consumption

increases flow-mediated dilation in adults with overweight and obesity: A randomized controlled trial. **The Journal of nutrition**, v.150, p. 2287–2294, 2020.

LIMA, E.; MARTINEZ-ORTIZ, M. J.; FREGOSO, E.; MENDEZ-VIVAR, J. Capturing natural chromophores on natural and synthetic aluminosilicates. **Studies in Surface Science and Catalysis**, v. 170, p. 2110–2115, 2007.

LOPES, T. J.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. Recovery of anthocyanins from red cabbage using sandy porous medium enriched with clay. **Applied Clay Science**, v. 37, n. 1-2, p. 97-106, 2007.

LÓPEZ-GALINDO, A.; VISERAS, C.; CERESO, P. Compositional, technical and safety specifications of clays to be used as pharmaceutical and cosmetic products. **Applied Clay Science**, v. 36, n. 1-3, p. 51–63, 2007.

LU H.; LI, J.; ZHANG, D.; STONER G. D.; HUANG C. Molecular mechanisms involved in chemoprevention of black raspberry extracts: From transcription factors to their target genes. **Nutrition and Cancer**, v. 54, n. 1, p. 69–78, 2006.

LYNN, A.; MATHEW, S.; MOORE, C.T.; RUSSELL, J.; ROBINSON, E.; SOUMPASI, V.; BARKER, M. E. Effect of a tart cherry juice supplement on arterial stiffness and inflammation in healthy adults: A randomised controlled trial. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 69, p. 122–127, 2014.

MA, Y.; DING, S.; FEI, Y.; LIU, G.; JANG, H.; FANG, J. Antimicrobial activity of anthocyanins and catechins against foodborne pathogens *Escherichia coli* and *Salmonella*. **Food Control**, v. 106, n. March, p. 106712, 2019.

MACHADO, T. F.; MONTEIRO, E. R.; TIECHER, A. Estabilidade química, físico-química e antioxidante de polpa de *Physalis* pasteurizada e não pasteurizada sob congelamento. **Brazilian Journal of Food and Technology**, Campinas, v.22, p.1-10, 2019.

MAISANABA, S.; GUTIÉRREZ-PRAENA, D.; PICHARDO, S.; MORENO, F.J.; JORDÁ, M.; CARMEÁN, A. M.; AUCEJO, S.; JOS, A. Toxic effects of a modified montmorillonite clay on the human intestinal cell line Caco-2. **Journal of Applied Toxicology**, v. 34, p. 714–725, 2014.

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; FIORAVANÇO, J. C.; PAIVA, J.R. DE.; PAIVA, M.C.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Acerola: tecnologia de produção, pós colheita, congelamento, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. v. 1. 397p.

MARINO NETTO, L. **Acerola: a cereja tropical**. São Paulo: Nobel; Dieberguer, 1986.

MARTÍN, J.; KUSKOSKI, E.M.; NAVAS, M.J.; ASUERO, A.G. Antioxidant capacity of anthocyanin pigments. In **Flavonoids-From Biosynthesis to Human Health**; Justino, G.C., Ed.; IntechOpen: London, UK, 2017; pp. 205–255.

MAZZA, G.; MINIATI, E. **Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains**. CRC press, 2018.

MCGHIE, T. K.; WALTON, M. C. The bioavailability and absorption of anthocyanins: Towards a better understanding. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 51, n. 6, p. 702-713, 2007.

MEDEIROS, A.; TAVARES, E.; BOLINI, H. M. A. Descriptive Sensory Profile and Consumer Study Impact of Different Nutritive and NonNutritive Sweeteners on the Descriptive, Temporal Profile, and Consumer Acceptance in a Peach Juice Matrix. **Foods**, v. 11, n. 2, p. 244, 2022.

MERCALI, G. D.; JAESCHKE, D. P.; TESSARO, I. C.; MARCZAK, L. D. F. Degradation kinetics of anthocyanins in acerola pulp: comparison between ohmic and conventional heat treatment. **Food Chemistry**, v.136, n.2, p. 853–857, 2013.

MERCALI, G.D.; SCHWARTZ, S.; MARCZAK, L.D.F.; TESSARO, I.C.; SASTRY, S. Ascorbic acid degradation and color changes in acerola pulp during ohmic heating: effect of electric field frequency. **Journal of Food Engineering**, v. 123, p. 1–7, 2014.

MLADĚNKA, P.; ŘÍHA, M.; MARTIN, J.; GOROVÁ, B.; MATĚJÍČEK, A.; SPILKOVÁ, J. Fruit extracts of 10 varieties of elderberry (*Sambucus nigra* L.) interact differently with iron and copper. **Phytochemistry Letters**, v. 18, p. 232-238, 2016.

MOHAMMED, M. Acerola (*Malpighia emarginata* DC), in: (ed. E.M. Yahia), **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits**, Chapter 2, Woodhead Publishing Series in Food Science, Cambridge, United Kingdom, v.2, p. 27-47, 2011.

MONTEIRO, M. K. S.; DE OLIVEIRA, V. R. L.; DOS SANTOS, F. K. G.; DE BARROS NETO, E. L.; DE LIMA LEITE, R. H.; AROUCHA, E. M. M.; de Oliveira Silva, K. N. Synergistic effect of the sequential intercalation of three types of surfactants in the exfoliation degree of bentonite clay in films of cassava. **Journal of Molecular Liquids**, v. 266, p. 770–780, 2018.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; DE FIGUEIREDO, R. W.; DE PAIVA, J. R. Avaliações físicas e físico-químicas de frutos de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 52–57, 2007.

MOURA, C. F.; OLIVEIRA, L. D. S.; SOUZA, K. O.; FRANCA, L. G.; RIBEIRO, L. B.; SOUZA, P. A.; MIRANDA, M. R. Acerola-*Malpighia emarginata*. In: RODRIGUES, S.;

de OLIVEIRA SILVA, E.; DE BRITO E. (ed) **Exotic Fruits Reference Guide**, Academic Press, Elsevier, p. 7-14, 2018.

MUHLACK, R. A.; COLBY, C. B. Reduced product loss associated with inline bentonite treatment of white wine by simultaneous centrifugation with yeast lees. **Food and Bioproducts Processing**, v. 108, p. 51–57, 2018.

OLIVEIRA, A.; PINTADO, M.; ALMEIDA, D. P. F. Phytochemical composition and antioxidant activity of peach as affected by pasteurization and storage duration. **LWT - Food Science and Technology**, v. 49, n.2, p.202-207, 2012.

OLIVEIRA, J. R. P.; SOARES FILHO, W. S.; KOBAYASHI, A. K.; RITZINGER, R. Aspectos botânicos. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. (Ed.). **A cultura da aceroleira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003, p. 17-23.

OLUTOYE, M. A.; HAMEED, B. H. A highly active clay-based catalyst for the synthesis of fatty acid methyl ester from waste cooking palm oil. **Applied Catalysis A: General**, v. 450, n.15, p. 57–62, 2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. FAO. FAOSTAT. **Divisão de estatística**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 05 maio. 2021.

PATRAS, A.; BRUNTON, N. P.; O'DONNELL, C.; TIWARI, B. K. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n.1, p. 3–11, 2010.

PATRICIO, J. S.; HOTZA, D.; NONI JÚNIOR, A. de. Argilas adsorventes aplicadas à clarificação de óleos vegetais. **Cerâmica**, v. 60, p. 171-178. 2014.

PLAZZOTTA, S.; MANZOCCO, L. High-pressure homogenisation combined with blanching to turn lettuce waste into a physically stable juice. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 52, p. 136-144, 2019.

PRAKASH, A.; BASKARAN, R. Acerola, an untapped functional superfruit: a review on latest frontiers. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n.9, p. 3373–3384, 2018.

QI, Q.; CHU, M.; YU, X.; XIE, Y.; LI, Y.; DU, Y.; LIU, X.; ZHANG, Z.; SHI, J.; YAN, N. Anthocyanins and Proanthocyanidins: Chemical Structures, Food Sources, Bioactivities, and Product Development. **Food Reviews International**, 1-29, 2022

REIS, E. F.; PINTO, J. F. N.; ASSUNÇÃO, H. F.; SILVA, D. F. P. Diversidade genética de frutos de macaúba provenientes de 35 municípios de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 4, p. 277–282, 2017

REKHA, C.; POORNIMA, G.; MANASA, M.; ABHIPSA, V.; PAVITHRA DEVI, J.; VIJAY KUMAR, H. T.; PRASHITH KEKUDA, T, R. Ascorbic acid, total phenol content and antioxidant activity of fresh juices of four ripe and unripe Citrus fruits. **Chemical Science Transactions**, v.1, n.2, p.303–310, 2012.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization. **Food Chemistry**, v. 254, p. 281-291, 2018.

RIBEIRO, B. S.; FREITAS, S. T. Maturity stage at harvest and storage temperature to maintain postharvest quality of acerola fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 260, p. 108901, 2020.

RIBEIRO, H. L.; OLIVEIRA, A. V. DE.; BRITO, E. S. DE ; RIBEIRO, P. R. V. ; SOUZA, F. M. S. M. ; AZEREDO, HENRIETTE M.C. Stabilizing effect of montmorillonite on acerola juice anthocyanins. **Food Chemistry**, v. 245, p. 966-973, 2018.

RIBEIRO, L. O.; PONTES, S. M.; RIBEIRO, A. P. O.; PACHECO, S.; FREITAS, S. P.; MATTA, V. M. Avaliação do armazenamento a frio sobre os compostos bioativos e as características físico-químicas e microbiológicas do suco de umbu pasteurizado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1-8, 2017.

RIBEREAU-GAYON, P.; STONESTREET, P. Le dosage des anthocyanes dans le vin rouges. **Bulletin of the Chemistry Society**, v. 9, p. 2649–2652, 1965.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C.H.S.P. Acerola. In: RODRIGUES, M. G. V; DIAS, M. S. C. Cultivo tropical de fruteiras. **Belo Horizonte: Informe agropecuário**, v. 32, n. 264, 2011, p.17-25.

RITZINGER, R.; SOARES FILHO, W. S.; OLIVEIRA, J. R. P. Variedades e melhoramento. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. (Org.). **A cultura da aceroleira**. 1. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2003. p. 65-72.

ROY, A.; JOSHI, M.; BUTOLA, B. S. Preparation and antimicrobial assessment of zinc-montmorillonite intercalates based HDPE nanocomposites : A costeffective and safe bioactive plastic. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, n.1, p. 1518–1525, 2019.

SALAZAR, F.N.; DE BRUIJN, J. P. F.; SEMINARIO, L.; GUELL, C.; LOPEZ, F. Improvement of wine crossflow microfiltration by a new hybrid process. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n.4, p.1329–1336, 2007.

SANTOS, V. O.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. Improvements on the Stability and Vitamin Content of Acerola Juice Obtained by Ultrasonic Processing. **Foods**, v. 7, n.68, p.1-10, 2018.

SEGTOEWICK, E. C. D. S.; BRUNELLI, L.T.; VENTURINI FILHO, W.G. Avaliação físico-química e sensorial de fermentado de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.16, n. 2, p. 147 – 154, 2016.

SILVA, P.B., DUARTE, C.R., BARROZO, M.A.S. Dehydration of acerola (*Malpighia emarginata*D.C.) residue in a new designed rotary dryer: Effect of process variables on main bioactive compounds. **Food and Bioproducts Processing**, v. 98, p. 62- 70, 2016.

SIMÃO, S. Cereja das Antilhas. In: SIMÃO, S. **Manual de Fruticultura**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1971. cap.15, p. 477-485.

SINOPOLI, A.; CALOGERO, G.; BARTOLOTTA, A. Computational aspects of anthocyanidins and anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, v.297, n.1, p.124898, 2019.

SIQUEIRA, K. M. M.; MARTINS, C. F.; KIILL, L. H. P.; SILVA, L. T. Estudo comparativo da polinização em variedades de aceroleiras (*Malpighia emarginata* DC.). **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 18-25, jun. 2011.

SIVAMARUTHI, B.S.; KESIKA, P.; CHAIYASUT, C. The influence of supplementation of anthocyanins on obesity-associated comorbidities: A concise review. **Foods**, v.9, p.687, 2020.

SOUZA, F. D. F.; DEON, M. D. I.; CASTRO, J. D. C.; DE LIMA, M. A. C.; RYBKA, A. C. P.; DE FREITAS, S. T. **Principais variedades de aceroleiras cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013, 21p.

SOUZA, K. O. D.; MOURA, C. F. H.; BRITO, E. S. D.; MIRANDA, M. R. A. D. Antioxidant compounds and total antioxidant activity in fruits of acerola from cv. Flor branca, Flórida Sweet and BRS 366. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 294-304, 2014.

SOUZA, S. F.; SILVA, J. L. M.; GUEDES, J. P. M.; LIMA, J. R. F. Competitividade e parcela de mercado das exportações brasileiras de manga: uma análise do modelo Constant Market Share. **Revista Econômica do Nordeste**, v.47, n.1, p.39-48, 2016.

STAFFORD, H. A. **Flavonoid metabolism**. Boca Raton: CRC Press, 298p., 1990.

STANKOVIC, S.; JOVIC, S.; ZIVKOVIC, J.; PAVLOVIC, R. Influence of age on red wine colour during fining with bentonite and gelatin. **International Journal of Food Properties**, v.15, n.2, p.326–335, 2012.

TANG, P.; MONICA GIUSTI, M. Metal chelates of petunidin derivatives exhibit enhanced color and stability. **Foods**, v. 9, p.11–15, 2020.

THOMPSON, K.; HOSKING, H.; PEDERICK, W.; SINGH, I.; SANTHAKUMAR, A.B. The effect of anthocyanin supplementation in modulating platelet function in sedentary population: A randomised, double-blind, placebo-controlled, cross-over trial. **British Journal of Nutrition**, v. 118, n. 5, p. 368-374, 2017.

VICKERY, M. L.; VICKERY, B. **Secondary plant metabolism**. London: Macmillan Press Ltd., 335p, 1981.

WANG, J. S.; LUO, H.; BILLAM, M.; WANG, Z.; GUAN, H.; TANG, L.; GOLDSTON, T.; AFRIYIE-GYAWU, E.; LOVETT, C.; GRISWOLD, J.; BRATTIN, B.; TAYLOR, R.J.; HUEBNER, H.J.; PHILLIPS, T.D. Short-term safety evaluation of processed calcium montmorillonite clay (NovaSil) in humans. **Food Additives and Contaminants**, v. 22, n. 3, p. 270-279, 2005.

WANG, J.; HU, X.; WANG, Z. Kinetics models for the inactivation of *Alicyclobacillus acidiphilus* DSM14558T and *Alicyclobacillus acidoterrestris* DSM 3922T in apple juice by ultrasound. **International Journal of Food Microbiology**, v.139, n.3, p.177-181, 2010.

WU, K.; YE, Q.; WU, R.; DAI, H. Alkali metal-promoted aluminum-pillared montmorillonites: Highperformance CO<sub>2</sub> adsorbents. **Journal of Solid State Chemistry**, v. 291, n. May, p. 121585, 2020

WU, K.; YE, Q.; WU, R.; DAI, H. Alkali metal-promoted aluminum-pillared montmorillonites: High-performance CO<sub>2</sub> adsorbents. **Journal of Solid State Chemistry, Journal of Solid State Chemistry**, v. 291, p. 121585, 2020.

XU, M.; SHEN, C.; ZHENG, H., XU, Y.; XUE, C.; ZHU, B.; HU, J. Metabolomic analysis of acerola cherry (*Malpighia emarginata*) fruit during ripening development via UPLC-Q-TOF and contribution to the antioxidant activity. **Food Research International**, v. 130, p. 108915, 2020.

YAGUB, M. T.; SEN, T. K.; AFROZE, S.; ANG, H. M. Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 209, p. 172-184, 2014.

YOU, Y.; LI, N.; HAN, X.; GUO, J.; ZHAO, Y.; LIU, G.; HUANG, W.; ZHAN, J. Influence of different sterilization treatments on the color and anthocyanin contents of mulberry juice during refrigerated storage. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.48, p.1-10, 2018.

ZHANG, A.J.; MU, B.; LUO, Z. H.; WANG, A.Q. Bright blue halloysite/CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> hybrid pigments: Preparation, characterization and application in water-based painting. **Dyes Pigments**, v.139, p.473–481, 2017.

ZHU, Y.; LING, W.; GUO, H.; SONG, F.; YE, Q.; ZOU, T.; LI, D.; ZHANG, Y.; LI, G.; XIAO, Y.; LIU, F.; LI, Z.; SHI, Z.; YANG, Y. Anti-inflammatory effect of purified dietary anthocyanin in adults with hypercholesterolemia: A randomized controlled trial. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 23, n.9, p.843-849, 2013.

## CAPÍTULO 2

### PERFIL FENÓLICO E COR DA POLPA DE ACEROLA OBTIDA SOB DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSO<sup>1</sup>

#### RESUMO

A acerola é uma superfruta com alto valor biológico, apresentando expressivo teor de vitamina C e presença de elevado conteúdo fenólico. Esta fruta é consumida principalmente na forma de polpas e sucos. Métodos de extração de polpas de frutas influenciam a qualidade e a estabilidade dos produtos, o que faz com que a técnica de processamento da acerola deva ser melhor estudada para garantir a qualidade do produto final aos consumidores. O objetivo deste trabalho foi avaliar e identificar as principais modificações no perfil fenólico relacionadas às mudanças na coloração da polpa de acerola obtida por meio de diferentes métodos de processo. A polpa foi extraída de acerolas 'Costa Rica' e foi submetida a quatro tratamentos: polpa extraída e congelada imediatamente até a temperatura de -80 °C (PC); polpa extraída, pasteurizada a 75 °C por 20 minutos, e congelada imediatamente a temperatura de - 80 °C (PPC); polpa extraída, branqueada à 80 °C por 2 min, mantida em temperatura ambiente (25 ± 5 °C) por 36 horas, posteriormente congelada a - 80 °C (PBA); e polpa extraída, mantida em temperatura ambiente (25 ± 5 °C) por 36 horas, e posteriormente congelada a - 80 °C (PA). Após a obtenção da polpa foram feitas análises de cor e compostos fenólicos. Em relação a cor, observou-se que a polpa extraída e congelada apresentou menor valor de L\*. A extração seguida da pasteurização à 75 °C por 20 minutos e congelamento à -80 °C resultou em uma coloração da polpa mais vermelha, comparado com os demais métodos de processo utilizados. As polpas submetidas aos métodos de processo PPC e PBA apresentaram maior croma (C\*) em resposta ao tratamento térmico. O método PPC apresentou maiores teores de ácidos fenólicos, flavonoides, trans-veratrol, e compostos fenólicos. A polpa extraída pelo método PPC apresentou maiores teores de hesperidina e naringenina. O emprego da pasteurização na polpa, levou a modificação da cor, e o branqueamento e exposição à condição ambiente, conferiram esbranquiçamento a polpa, levando a perda da cor avermelhada. O processo de pasteurização pode melhorar a preservação do conteúdo de antocianinas na polpa, levando a proteção dos principais compostos que são responsáveis pelas propriedades antioxidantes atribuídas à polpa de acerola.

**Palavras-chave:** *Malpighia emarginata*. Pasteurização. Branqueamento. Cor. Compostos bioativos. Ácidos Fenólicos. Flavonoides. Antocianinas.

---

<sup>1</sup> Artigo a ser submetido para publicação

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, sendo superado apenas por China e Índia, respondendo por cerca de 5% da produção mundial. Ao mesmo tempo, o Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador de acerola, com cultivo comercial espalhado por quase todas as regiões do país (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2020). Além do Brasil, a acerola também é cultivada no México, China e algumas partes do Sudeste Asiático e Índia (BELWAL et al., 2018; XU et al., 2020).

Na região Nordeste, as condições edafoclimáticas caracterizadas como semiárido tropical possibilitam a colheita da acerola vários meses ao longo do ano (CARNEIRO et al., 2021). No Brasil, o Vale do São Francisco (VSF) destaca-se por ser a maior região produtora de acerola, respondendo por mais de 25% da produção nacional (BELWAL et al., 2018; IBGE, 2017). Nesta região é possível colher até oito safras por ano, em função do uso práticas de manejo como a fertirrigação (RIBEIRO; FREITAS, 2020).

A acerola (*Malpighia emarginata*) é considerada uma fruta de alto valor biológico devido seu alto teor de ácido ascórbico que pode atingir até 5% na polpa (ANCOS et al., 2017), representando cerca de 80 vezes as concentrações encontradas em algumas cultivares de laranjas e limões (REKHA et al., 2012; CUNHA et al., 2014). Também apresentam alto conteúdo de antocianinas e minerais como cálcio, fósforo e ferro; vitaminas A, B1, B2, B3; flavonoides, ácidos fenólicos, antocianinas e carotenoides (PRAKASH; BASKARAN, 2018; FERREIRA et al., 2021).

Esta fruta é consumida principalmente na forma de sucos e polpas congeladas, por serem produtos de fácil processamento e apresentar praticidade no transporte e armazenamento (RIBEIRO et al., 2017). Desta forma, devido à sua alta perecibilidade, a transformação da acerola em polpa congelada é uma forma de estender a vida útil, agregar valor, e reduzir problemas da sazonalidade (SEBRAE, 2016), contribuindo para a atividade de agroindústrias de processamento da acerola.

Métodos de processamento influenciam a qualidade e a estabilidade dos produtos, sendo necessário o estudo de técnicas para manter a cor, valor nutricional e as propriedades nutracêuticas da polpa, objetivando garantir a alta qualidade do produto aos consumidores (CASTELUCCI et al., 2020).

Em polpas de frutas, a perda da coloração inicial e diminuição no conteúdo fenólico podem estar associadas a diversos fatores, entre eles, à ação enzimática, a ação do oxigênio e da luz, assim como ao processo de extração da polpa, e até mesmo, ao conteúdo nutricional do fruto (NAYAK et al. 2015). Com isso, a ação de um ou mais desses fatores pode comprometer as características sensoriais e nutricionais do produto final, tornando-o menos atrativo e até mesmo impróprio para o consumo (RIBEIRO et al., 2017; REZENDE et al., 2018).

Dentre as técnicas de processamento, o uso de processos térmicos é empregado para aumentar a vida de prateleira das polpas, por possibilitar a inibição do crescimento de microrganismos e inativação de diversas enzimas (CHEN et al., 2020). Entre os processos térmicos utilizados, a pasteurização e o branqueamento são os principais métodos (LI et al., 2017). No entanto, o emprego de altas temperaturas e exposição ao oxigênio podem promover modificações nos atributos sensoriais e nutricionais, conduzindo a uma redução no nível de compostos antioxidantes, alteração no flavor e textura, e principalmente modificações na concentração de pigmentos, alterando a cor do produto final (CHEN et al., 2020).

O objetivo deste trabalho foi avaliar e identificar as principais modificações no perfil fenólico relacionadas às mudanças na coloração da polpa de acerola obtida por meio de diferentes métodos de processamento.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Acerolas 'Costa Rica' foram colhidas em um pomar comercial no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, localizado a 09°09' S e 40°22' W, com altitude média de 365,5 m, e clima Semiárido quente BSh, segundo a classificação climatológica de Köppen & Geiger.

Os frutos foram homogeneizados em relação à ausência de doenças e danos mecânicos, bem como em relação uniformidade de coloração avermelhada, e foram então sanitizados por imersão em água clorada com 15 ppm, durante 25 minutos.

Após esta etapa, a polpa de acerola foi obtida por meio do despulpamento, utilizando uma despulpadeira mecânica com malha de 0,8 mm modelo DMJ1-05 (Santa Catarina, Brasil). Na sequência, a polpa foi submetida a quatro tratamentos: Polpa extraída e congelada imediatamente até a temperatura de -80 °C (PC); Polpa

extraída, pasteurizada a 75 °C por 20 minutos, e congelada imediatamente a temperatura de - 80 °C (PPC); Polpa extraída, branqueada à 80 °C por 2 min, mantida em temperatura ambiente ( $25 \pm 5$  °C) por 36 horas, posteriormente congelada a - 80 °C (PBA); e Polpa extraída, mantida em temperatura ambiente ( $25 \pm 5$  °C) por 36 horas, e posteriormente congelada a - 80 °C (PA). E logo após a obtenção da polpa foram feitas análise de cor e determinação de compostos fenólicos.

A cor da polpa foi analisada com o auxílio de um colorímetro digital portátil modelo CR-400 (Konica Minolta, SP, Brasil). Os resultados de foram expressos no sistema de cor CieLab, onde os valores de  $L^*$  representam a luminosidade;  $a^*$  representa a variação do verde ao vermelho;  $b^*$  representa a variação do azul ao amarelo;  $C^*$  representa o croma; e  $H^\circ$  representa o ângulo hue que especifica a cor. As leituras foram realizadas em quadruplicada.

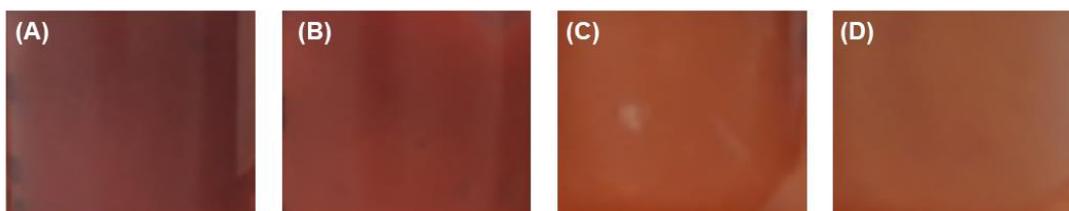
Os compostos fenólicos foram determinados seguindo a metodologia validada por Padilha et al. (2017), com adaptação de Dutra et al. (2018), utilizando um cromatógrafo líquido Agilent 1260 Infinity LC System (Agilent Technologies, Santa Clara, USA) acoplado a um detector de arranjo de diodos (DAD) (modelo G1315D). As amostras foram preparadas através de diluição em 1:4 de água ultrapura (massa/massa), e posteriormente centrifugadas, filtradas em membrana de 0,45 micras (Millex Millipore, Barueri, SP, Brasil), para então serem injetadas no equipamento. Os dados obtidos foram processados utilizando o *software* OpenLAB CDS ChemStationEdition (Agilent Technologies, Santa Clara, USA). A coluna utilizada foi a Zorbax Eclipse Plus RP-C18 (100 x 4,6 mm, 3,5  $\mu\text{m}$ ) e a pré-coluna Zorbax C18 (12,6 x 4,6 mm, 5  $\mu\text{m}$ ) (Zorbax, USA). A temperatura do forno foi de 35 °C e o volume de injeção de 20  $\mu\text{L}$  da amostra. O fluxo de solventes foi de 0,8 mL  $\text{min}^{-1}$ , com gradiente de 0-5 min: 5% B; 5-14 min: 23% B; 14-30 min: 50% B; 30-33 min: 80% B, onde o solvente A foi uma solução de ácido fosfórico (pH 2,0) e o solvente B foi o metanol acidificado com  $\text{H}_3\text{PO}_4$  à 0,5%. A detecção dos compostos foi realizada em 220 nm, 280 nm, 320 nm, 360 nm e 520 nm, e a identificação e quantificação por meio de comparação utilizando padrões externos. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g g}^{-1}$  de polpa na base úmida.

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e três repetições, onde cada repetição correspondeu a 50 mL de

suco. As médias dos parâmetros avaliados foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas seguiram as recomendações de Banzatto; Kronka (1995) usando o software Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2014). A análise de Componente Principal (ACP) foi realizada utilizando o *software* Statistica versão 10.0, e aplicada a todas as variáveis avaliadas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cor é um parâmetro importante que afeta a qualidade sensorial e influencia a aceitabilidade dos alimentos pelos consumidores. De acordo com os resultados obtidos, todos os métodos de processo utilizados alteram a coloração da polpa de acerola (Figuras 1B, 1C, e 1D), comparados com a polpa extraída e congelada imediatamente (Figura 1A). Estes resultados mostram que o uso de aquecimento, por meio de pasteurização e branqueamento, foi ineficiente em evitar modificações na coloração da polpa de acerola após o processo de extração.



**Figura 1.** Coloração da polpa de acerola extraída e congelada imediatamente à -80 °C (A); extraída, pasteurizada à 75 °C por 20 minutos e congelada à -80 °C (B); extraída, branqueada à 80 °C por 2 min, mantida em temperatura ambiente ( $25 \pm 5$  °C) por 36 h e então congelada à -80 °C (C); extraída, mantida em temperatura ambiente ( $25 \pm 5$  °C) por 36 h e congelada à -80 °C (D).

A polpa extraída e congelada apresentou menor valor de  $L^*$ , ou seja, caracterizando uma coloração mais escura (Tabela 1), uma vez que os valores de  $L^*$  variam do branco ( $L=100$ ) ao preto ( $L=0$ ). Segundo Santhirasegaram et al. (2015), o aumento da coordenada  $L^*$  significa que a polpa apresenta cor mais brilhante e mais transparente, o que pode ocorrer devido à degradação de pigmentos em resposta a temperaturas elevadas, presença de oxigênio e/ou luz. Segundo McKenzie; Beveridge (1986), esse aumento pode ser devido à hidrólise de

agregados poliméricos formados após a atividade da polifenoloxidase e à formação de compostos solúveis de baixo peso molecular.

Os valores de  $a^*$  variam do verde ( $-a^*$ ) ao vermelho ( $+a$ ), indicando que a extração seguida da pasteurização à 75 °C por 20 minutos e congelamento à -80 °C resultou em uma coloração da polpa mais vermelha, comparado com os demais métodos de processo utilizados (Tabela 1).

A pasteurização é um método utilizado para reduzir a carga microbiana no produto final, mas também resulta na ruptura mecânica da célula, levando a extração dos flavonoides e outros compostos acumulados nos vacúolos centrais de células guardas e epidérmicas foram liberadas no processo de despulpamento (COSTA et al., 2022). Desta forma, pode-se dizer que o processo de pasteurização resultou em uma coloração mais vermelha da polpa pela inativação de enzimas envolvidas em processos responsáveis pela mudança de cor da polpa (LIU et al., 2018).

A acerola é um fruto com alto teor de antocianinas e ácido ascórbico, sendo suscetível a mudanças de cor devido aos efeitos conjuntos da degradação do ácido ascórbico e da polimerização de antocianinas, levando a formação de pigmentos insolúveis de coloração vermelho-castanho (MACHADO et al., 2019).

Desta forma a exposição da polpa a condições ambientais (PA) leva a degradação do ácido ascórbico e conseqüentemente reduz o teor de antocianinas, levando a redução da intensidade de vermelho e resulta no amarelecimento da polpa (GERARD et al., 2019). Sabe-se que o anel pirilium presente na estrutura das antocianinas pode sofrer clivagem através da oxidação de radicais livres como consequência decorrente da ativação molecular de oxigênio, induzida pelo ácido ascórbico (GARCÍA-VIGUERA; BRIDLE, 1999; BRENES et al., 2005).

Com relação a PBA observa-se menor valor de  $a^*$  quando comparado a PC e PPC. Segundo Levy et al. (2019), isso se deve em função da conversão irreversível das antocianinas em chalcona em detrimento do emprego de altas temperaturas, e ao mesmo tempo, os complexos de copigmentos podem estar diminuindo em detrimento da proporção de chalconas incolores e antocianinas coloridas por meio de uma complexação seletiva.

**Tabela 1.** Cor da polpa de acerola obtida sob diferentes formas de processamento. Polpa de acerola extraída e congelada imediatamente à -80 °C (PC); extraída, pasteurizada à 75 °C por 20 minutos e congelada à -80 °C (PPC); extraída, branqueada à 80 °C por 2 min, mantida em temperatura ambiente (25 ± 5 °C) por 36 hs e então congelada à -80 °C (PBA); extraída, mantida em temperatura ambiente (25 ± 5 °C) por 36 hs e congelada à -80 °C (PA).

Parâmetro	PC	PPC	PBA	PA	CV (%)
L*	29,18 ± 0,17 c	35,38 ± 0,31 b	41,74 ± 1,00 a	42,38 ± 1,35 a	2,32
a*	25,33 ± 0,12 b	30,62 ± 0,19 a	23,25 ± 1,00 c	21,01 ± 0,59 d	2,36
b*	16,16 ± 0,16 d	24,31 ± 0,01 c	30,75 ± 1,63 b	33,64 ± 1,63 a	4,40
C*	32,54 ± 0,13 d	38,45 ± 0,17 c	52,89 ± 0,30 b	57,90 ± 0,47 a	3,55
H°	30,05 ± 0,18 b	31,31 ± 0,16 a	30,87 ± 1,90 a	32,1 ± 1,78 a	3,55

As médias (±desvio padrão) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

De acordo com os resultados, os tratamentos térmicos e a exposição da polpa a temperatura ambiente (25 ± 5 °C) por 36 h resultou em um aumento nos valores de b\*, indicando aumento da pigmentação amarelada. De acordo com Oliveira et al. (2012), a provável causa é a degradação de antocianinas e carotenóides pelo calor, promovendo a formação de polímeros de cores amareladas. Já a evolução da cor amarela com a exposição da polpa a temperatura ambiente (25 ± 5 °C) por 36 hs pode ser justificada visto que a exposição da acerola temperatura ambiente e ao oxigênio, leva a oxidação enzimática de antocianinas e amarelecimento da polpa, seguida de um decréscimo dos carotenóides (CALAND et al., 2019).

As polpas submetidas aos métodos de processo PPC e PBA apresentaram maior croma (C\*), comparado a cor da polpa obtida pelo método de processo PC. Esta variável indica a saturação de cor da polpa, sendo que valores maiores resultam em maior saturação, e valores menores menor saturação. Segundo Wang et al. (2020), isto pode ser justificado pelo fato do tratamento térmico modificar a estrutura celular e a composição fenólica dos alimentos, sendo que de maneira geral, leva a descoloração do produto.

A polpa extraída, mantida em temperatura ambiente (25 ± 5 °C) por 36 h e congelada à -80 °C apresentou maior croma (C\*) quando comparado a polpa obtida pelo método de processo PC em função da possível ação do oxigênio e atividade da

enzima ascorbato oxidase, promovendo mudanças em diversas estruturas químicas acarretando em mudanças de cor (KHOO et al., 2017 e VEGARA et al., 2012).

De acordo com a avaliação da cor, se evidencia que todos os tratamentos apresentaram tonalidade vermelha, conforme indicado pelos valores baixos de do ângulo hue ( $^{\circ}$ h); possivelmente devido à presença de antocianinas e carotenóides na polpa de acerola. No entanto, observa-se que os métodos de processo PPC, PBA e PA apresentaram maiores valores, tendendo a um vermelho-amarelo; o que corrobora com a possível degradação das antocianinas e demais pigmentos pela ação do calor e oxigênio sob estes pigmentos (LIU et al., 2018; WURLITZER et al., 2019).

Os compostos fenólicos são importantes metabólitos secundários das plantas, e encontrados em teores elevados nas frutas em diferentes estruturas (FROND et al., 2019). A Tabela 2 apresenta o perfil de compostos fenólicos nas polpas obtidas nas diferentes condições de processo.

Os conteúdos de ácidos fenólicos apresentaram maiores teores em polpa obtida pelo método de processo PPC, sugerindo que a aplicação da pasteurização possa ter sido um fator favorável para estes compostos (Tabela 2). Ao mesmo tempo, o PBA e PA apresentaram maiores teores de ácidos fenólicos que o PC, evidenciando também que a exposição ao ar levou a um aumento destes compostos fenólicos. Neste estudo, observa-se maiores teores de ácido gálico, ácido caftárico, e ácido caféico, onde foi feita pasteurização em temperatura de 75 °C por 20 minutos, sendo responsáveis por aproximadamente 78,79% do total de ácidos fenólicos na polpa de acerola. Segundo Wang et al. (2020), este aumento no conteúdo destes compostos pode estar associado ao emprego do calor, que pode ocasionar degradação de alguns fenólicos complexos liberando fenólicos simples como os ácidos fenólicos.

De acordo com Choi et al. (2011) e Xu et al. (2007), este resultado pode ser justificado pela liberação de ácidos fenólicos da polpa de acerola pela ação do calor, em decorrência da degradação da parede celular, e conseqüentemente da ligação covalente dos ácidos fenólicos aos polímeros insolúveis. Lou et al. (2014), ao estudarem a composição fenólica e atividade antioxidante de tangerinas, observaram que a aplicação de tratamento térmico levou a um incremento do teor de ácido gálico.

**Tabela 2.** Compostos fenólicos quantificados ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de polpa) da polpa de acerola obtida em diferentes condições de processamento. Polpa de acerola extraída e congelada imediatamente à  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  (PC); extraída, pasteurizada à  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 20 minutos e congelada à  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  (PPC); extraída, branqueada à  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 2 min, mantida em temperatura ambiente ( $25 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 36 h e então congelada à  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  (PBA); extraída, mantida em temperatura ambiente ( $25 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 36 h e congelada à  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  (PA).

Componente	PC	PPC	PBA	PA	CV (%)
<b>Ácidos fenólicos</b>					
Ácido gálico	0,90 $\pm$ 0,08 d	10,35 $\pm$ 0,05 a	3,33 $\pm$ 0,56 c	5,76 $\pm$ 0,27 b	6,13
Ácido siríngico	nd	0,32 $\pm$ 0,06 a	0,29 $\pm$ 0,04 a	0,32 $\pm$ 0,04 a	16,43
Ácido caftárico	1,20 $\pm$ 0,28 b	2,25 $\pm$ 0,01 a	1,49 $\pm$ 0,17 b	1,28 $\pm$ 0,07 b	9,54
Ácido clorogênico	0,47 $\pm$ 0,11 b	1,98 $\pm$ 0,08 a	2,07 $\pm$ 0,36 a	1,84 $\pm$ 0,10 a	12,27
Ácido caféico	0,10 $\pm$ 0,02 c	0,44 $\pm$ 0,02 a	0,24 $\pm$ 0,02 b	0,24 $\pm$ 0,02 b	10,02
Ácido p-cumárico	nd	0,02 $\pm$ 0,00 c	0,19 $\pm$ 0,06 b	0,44 $\pm$ 0,09 a	34,99
<b><math>\Sigma</math> ácidos fenólicos</b>	3,52 $\pm$ 0,43 d	16,55 $\pm$ 0,01 a	8,25 $\pm$ 1,04 c	10,13 $\pm$ 0,40 b	7,16
<b>Flavonoides</b>					
Catequina	4,55 $\pm$ 1,26 c	8,04 $\pm$ 0,35 a	6,30 $\pm$ 0,62 b	5,23 $\pm$ 0,28 bc	10,51
Galato de epigalocatequina	nd	0,59 $\pm$ 0,10 a	0,55 $\pm$ 0,05 a	0,56 $\pm$ 0,05 a	13,96
Epicatequina	0,25 $\pm$ 0,06 b	0,53 $\pm$ 0,04 a	0,45 $\pm$ 0,06 a	0,46 $\pm$ 0,03 a	10,97
Galato de epicatequina	0,59 $\pm$ 0,12 ab	0,84 $\pm$ 0,14 a	0,57 $\pm$ 0,10 b	0,63 $\pm$ 0,03 ab	18,27
Procianidina B1	1,63 $\pm$ 0,50 c	3,27 $\pm$ 0,51 a	2,40 $\pm$ 0,27 b	2,10 $\pm$ 0,22 bc	14,49
Procianidina B2	0,85 $\pm$ 0,35 c	1,79 $\pm$ 0,19 a	1,45 $\pm$ 0,16 ab	1,08 $\pm$ 0,11 bc	14,76
Isoramnetina	2,05 $\pm$ 0,57 c	3,53 $\pm$ 0,24 a	2,69 $\pm$ 0,27 b	2,58 $\pm$ 0,15 bc	11,10
Rutin	0,16 $\pm$ 0,04 c	0,27 $\pm$ 0,01 a	0,22 $\pm$ 0,02 b	0,21 $\pm$ 0,01 b	9,99
Miricetina	0,05 $\pm$ 0,01 c	0,22 $\pm$ 0,01 a	0,13 $\pm$ 0,01 b	0,13 $\pm$ 0,01 b	9,33
Procianidina A2	0,95 $\pm$ 0,14 b	1,66 $\pm$ 0,09 a	1,07 $\pm$ 0,09 b	0,93 $\pm$ 0,08 b	7,99
Isoquercitrina	1,28 $\pm$ 0,29 c	2,25 $\pm$ 0,09 a	1,74 $\pm$ 0,19 b	1,59 $\pm$ 0,17 bc	10,25
Astragalín	0,02 $\pm$ 0,00 b	0,08 $\pm$ 0,02 a	0,04 $\pm$ 0,01 ab	0,03 $\pm$ 0,01 b	43,04
Hesperidina	2,01 $\pm$ 0,69 c	3,51 $\pm$ 0,09 a	2,62 $\pm$ 0,40 bc	2,90 $\pm$ 0,12 ab	12,86
Naringenina	0,42 $\pm$ 0,10 b	0,68 $\pm$ 0,06 a	0,52 $\pm$ 0,05 ab	0,52 $\pm$ 0,03 ab	15,02
Cianidina-3,5-O-diglicosídeo	nd	nd	0,12 $\pm$ 0,01 a	nd	1,69
Cianidina 3-O-ramnosídeo	56,50 $\pm$ 10,44 b	90,58 $\pm$ 7,76 a	50,93 $\pm$ 7,62 b	48,12 $\pm$ 2,01 b	12,36
<b><math>\Sigma</math> flavonoides</b>	69,27 $\pm$ 11,71 b	114,29 $\pm$ 8,02 a	69,09 $\pm$ 8,58 b	64,47 $\pm$ 2,25 b	11,69
Trans-resveratrol	0,24 $\pm$ 0,05 b	0,43 $\pm$ 0,01 a	0,28 $\pm$ 0,03 b	0,26 $\pm$ 0,03 b	9,65

nd: não detectado ou menor que o limite de detecção do método. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O ácido siríngico foi detectado nas polpas de acerola submetidas aos PPC, PBA e PA, que receberam tratamento térmico e ficaram expostos ao ambiente. De acordo com Su et al. (2019), a formação de ácido siríngico após o tratamento térmico pode estar relacionado a ação de enzimas oxidativas termorresistentes.

O ácido clorogênico é um composto fenólico comumente encontrado no café, e apresenta atividade antioxidante, neuroprotetora e hipoglicemiante. Observa-se maiores teores deste ácido no PPC, PBA e PA (Tabela 2). Esse aumento pode ser devido à melhor capacidade de extração e máximo rompimento do mecanismo da estrutura celular, o que resulta em uma melhor capacidade de liberação de ácido clorogênico ligado às células através da pasteurização e branqueamento (SAQIB et al., 2014; ABID et al., 2014). Já o aumento na PA pode ser explicado ao fato destes ácidos serem produzidos pelo metabolismo vegetal para remoção dos efeitos nocivos do estresse oxidativo nas células vegetais (KALINOWSKA et al., 2018).

Observa-se um maior teor de ácido p-cumárico na PA. Este composto foi estudado no metabolismo de plantas como um inibidor de polifenoxidase (PPO)/tirosinases de vários alimentos (JIANG; PENNER, 2022). De acordo com Zhang et al. (2021), a presença deste ácido fenólico está diretamente ligada a biossíntese de fenilpropanóides como agente limitante da velocidade da atividade da PPO, que é responsável pelo escurecimento enzimático. Desta forma a provável justificativa do aumento deste componente foi a exposição da polpa ao oxigênio, o que proporcionou aumento na atividade da enzima polifenoxidase. Ao mesmo tempo, não foi detectada a presença deste composto fenólico na polpa que foi extraída e imediatamente congelada.

A PPC apresentou maiores teores de catequina, epicatequina procianidina B1 e B2, e galato de epicatequina. Segundo De Paepe et al. (2014), aumento destes compostos fenólicos na pasteurização pode ser atribuído à hidrólise induzida termicamente dos compostos mais termolábeis resultando na liberação de monômeros e dímeros, entre os quais estão a epicatequina e procianidina B2.

Foi constatado maiores valores de epicatequina nos tratamentos PPC e PBA (Tabela 2). Segundo Lee; Lee (2012), o tratamento térmico pode induzir os epímeros de epicatequina (catequina; galato de epigalocatequina; e galato de epicatequina) a reação de epimerização de epicatequinas, além de liberar as catequinas ligadas covalentemente.

Não foi detectado presença de galato de epigallocatequina na PC, já na PPC, PBA e PA constatou-se a presença desta catequina, que segundo Grzesik et al. (2018), apresenta atividades biológicas, como antioxidantes, propriedades antivirais, antimicrobianas, antidiabéticas e anticancerígenas, e desta forma a ação do tratamento térmico induz a formação deste composto fenólico. Os resultados encontrados neste trabalho são divergentes aos relatados por Xu et al. (2021) ao avaliarem a influência de flavanois, como o galato de epigallocatequina, nas propriedades antioxidantes e citotoxicidade de uma bebida modelo a base de acerola observaram que o emprego da pasteurização não afetou a capacidade antioxidante e nem a concentração de flavanois.

Com exceção do Galato de epigallocatequina que não foi detectado no PC, o PPC e PBA, os quais utilizam calor na produção da polpa, apresentaram maiores teores de flavanóides. Estudos anteriores investigando o efeito da pasteurização na atividade inibitória da  $\alpha$ -glucosidase *in vitro* do suco de maçã, mostraram que o aumento da concentração fenólica ocorreu com a pasteurização e podem ser atribuídas a hidrólise induzida termicamente de compostos termicamente instáveis, como galato de epigallocatequina e polímeros de procianidina, levando à liberação de dímeros e monômeros (ALONGI et al., 2018).

O processamento térmico aumentou o nível de flavanoides específicos como a isoramnetina, rutina, miricetina, procianidina A2, isoquercitrina e astragalina. De acordo com o estudo de Kim et al. (2013), isso se deve ao fato do tratamento térmico destruir as paredes celulares das plantas e liberar compostos fenólicos específicos, visto que o emprego de temperaturas mais alta pode promover maior solubilidade do analito aumentando a solubilidade e a taxa de transferência de massa.

Por outro lado, muitos fenólicos são facilmente hidrolisados e oxidados (SENICA et al., 2016). E um longo tempo de extração e alta temperatura aumentam a chance de oxidação, o que diminui o rendimento da extração de flavanoides (DAI; MUMPER, 2010). Este efeito foi observado nos métodos de obtenção de polpa utilizando o branqueamento (PBA) e ao expor a polpa as condições ambientais (PA).

Em relação ao teor de hesperidina e naringenina, que são flavonoides comumente encontrados em frutas cítricas (ZHENG et al. (2021). Observa-se que o PPC apresentou maiores teores destes compostos fenólicos, que segundo Zvaigzne et al. (2017), isso pode ser devido à hidrólise do glicosídeo em altas temperaturas

por longo período de tempo de exposição. Segundo Wang et al. (2017), a naringinina é responsável pelo sabor amargo e indesejável aos sucos de frutas cítricas, trazendo então, desafios comerciais para a comercialização de sucos com elevados teores deste composto.

Com relação ao teor de antocianinas, observa-se que, o emprego/aplicação da pasteurização (PPC), resultou em maior valor do conteúdo de antocianinas. Segundo Albarici; Pessoa (2012), ao estudar os efeitos do tratamento térmico e temperatura de armazenamento no uso da bebida de açaí, concluiu que o processo de pasteurização poderia melhorar a preservação da antocianina na polpa. Este aumento nas formas poliméricas pode ser devido a fatores como a atividade enzimática residual ou reações de condensação de antocianinas com outros compostos fenólicos (BROWNMILLER et al., 2008).

Segundo Hanamura et al. (2005) e Trugo (2004), em acerolas produzidas no Brasil é comum encontrar a predominância das antocianinas cianidina-3-O-ramnosídeo, pelargonidina-3-O-ramnosídeo, e malvidina 3,5-diglucosídeo. Carneiro et al. (2021), ao avaliar a composição fenólica das acerolas 'BRS Apodi', 'BRS Cereja', 'BRS Roxinha', 'BRS Frutacor', 'BRS Jaburu', 'BRS Sertaneja' e 'BRS Cabocla', produzidas no Vale do São Francisco, Brasil, detectaram altas quantidades de cianidina-3-O-ramnosídeo. Neste trabalho, a antocianina presente em todos os tratamentos foi a cianidina-3-O-ramnosídeo, que é a principal responsável pela cor vermelha da polpa, e no PPC se obtiveram maiores teores (Tabela 2).

No PBA foi detectado quantidades de cianidina-3,5-O-diglucosídeo, que pode ser justificado segundo Bresciani et al. (2017), Khoo et al. (2017) e Vegara et al. (2012), a ação do tratamento térmico e exposição ao oxigênio, além de romper a parede celular, ao mesmo tempo pode reduzir a estabilidade das antocianinas, tornando susceptível a interferência de diversos fatores, como pH, possíveis ligações a outros componentes químicos como por exemplo o ácido dehidroascórbico, que é o principal produto da oxidação do ácido ascórbico, que possui pH abaixo de 4, e essa redução de pH leva a diminuição da velocidade da reação de escurecimento, e como consequência promove modificações na estrutura química das antocianinas, levando a modificação da cor.

De forma geral, nota-se maiores teores de flavonoides no PPC, corroborando com o observado por Silva et al. (2019) onde processos térmicos de

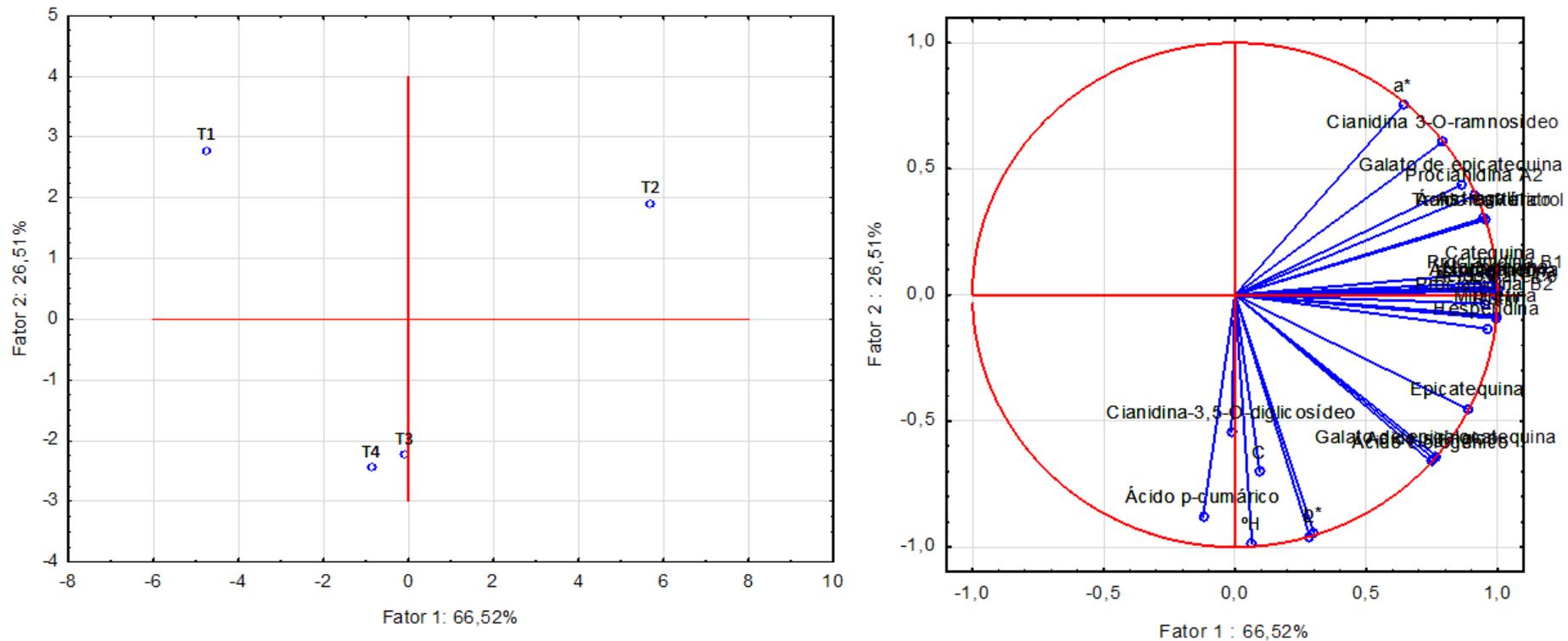
pré branqueamento (hot break) e aquecimento a 60 °C, seguido de pasteurização aumentaram os valores de flavanoides e antocianinas em sucos de uva.

Em relação ao teor de trans-resveratrol observa-se que o método PPC apresentou maior concentração deste composto fenólico, o que já era esperado, pois segundo Ali et al. (2010) e Krikorian et al. (2012), processos térmicos como a pasteurização e maceração a quente aumentam a concentração de trans-resveratrol no suco, pois estes processos favorecem a extração desses compostos além de sua concentração no produto final.

Por fim, o PPC apresentou maior teor de compostos fenólicos totais em relação aos demais. Comportamento similar foi relatado por Alongi et al. (2018), que depois que o suco de maçã foi tratado a 90 ° C por 14,8 min, o conteúdo de fenólicos totais aumentou para 6 vezes o do original. Segundo Oszmianski et al. (2008), o aumento de compostos fenólicos pode ser causado por processos térmicos inativação da polifenoloxidase. Esta enzima é bem conhecida por induzir polimerização de compostos fenólicos em matrizes vegetais, produzindo pigmentos complexos de cor escura (IOANNOU et al., 2012).

A Figura 2 apresenta a Análise de Componentes Principais (ACP) da polpa de acerola obtida sob diferentes formas de processamento, ao longo de CP1 e CP2 (Figura 2B). O PCA exhibe a relação entre as amostras e sugere quais parâmetros melhor caracterizam cada amostra. Cada eixo, em uma representação bidimensional, apresenta a porcentagem da variabilidade total que existe entre as amostras.

A análise de componentes principais foi utilizada como uma ferramenta exploratória para correlacionar os tratamentos com compostos fenólicos. A Figura 2 apresenta a separação dos tratamentos e função das cargas das componentes, respectivamente, dos componentes principais. Esta análise mostrou que dois componentes principais responderam a 93,03% da variância total dos dados. O CP I (66,52%) separou os Tratamentos PA e PBA dos Tratamentos PPC e PC (Figura 2A). Enquanto a CP2 (26,51%), na parte positiva agrupou as polpas obtidas pelos métodos de processo PC e PPC (Figura 2A).



**Figura 2.** Parâmetros de cor: L, a\*, b\*, °H, C\*, ácido gálico, ácido siríngico, ácido caftárico, ácido clorogênico, ácido caféico, ácido p-cumárico, galato de epigalocatequina, epicatequina, galato de epicatequina, procianidina B1, procianidina B2, isoramnetina, rutin, miricetina, procianidina A2, isoquercitrina, astragalin, hesperidina, naringenina, cianidina-3,5-O-diglicosídeo, cianidina-3-O-ramnosídeo e trans-resveratrol. A - gráfico das amostras (carregamentos); B - gráfico das variáveis (escores).

Foi detectada a presença de Cianidina-3,5-O-diglicosídeo nas amostras de polpa que foram extraídas, branqueada à 80 °C por 2 min, e exposta às condições ambientes por 36 horas e então congelada (PBA). Já o Tratamento PA apresentou teores consideráveis de ácido p-cumárico, estando relacionado a exposição da polpa extraída às condições do ambiente, ou seja, oxidação (Figura 2B).

A PC1>0 separou o tratamento PPC dos demais, devido a este apresentar o maior conteúdo bioativo associado aos principais compostos fenólicos quantificados, como catequinas, procianidinas, flavonóis, ácidos fenólicos, cianidina-3-O-ramnosídeo e trans-resveratrol. Este fato evidencia que a pasteurização (75 °C/20 min.) seguida do imediato congelamento da polpa foi o processo mais adequado para manutenção de compostos bioativos essenciais da acerola.

#### 4 CONCLUSÃO

O emprego da pasteurização na polpa levou a modificação da cor, aumentando a intensidade de vermelho e a luminosidade. O branqueamento e a exposição à condição ambiente (25 ± 5 °C) por 36 h conferiram esbranquiçamento da polpa, levando a perda da cor avermelhada.

O processo de pasteurização pode aumentar a extração e melhorar a preservação do conteúdo de antocianinas na polpa, além de outros compostos fenólicos, levando a proteção dos principais compostos que são responsáveis pelas propriedades antioxidantes atribuídas à polpa de acerola.

#### REFERÊNCIAS

- ABID, M.; JABBAR, S.; HU, B.; HASHIM, M.M.; WU, T.; WU, Z.; KHAN, M.A.; ZENG, X. Synergistic impact of sonication and high hydrostatic pressure on microbial and enzymatic inactivation of apple juice. **LWT-Food Science and Technology**, v. 59, n. 1, p. 70-76, 2014.
- ALBARICI, T. R.; PESSOA, J. D. C. Effects of heat treatment and storage temperature on the use of açai drink by nutraceutical and beverage industries. **Food Science and Technology**, v. 32, p. 9-14, 2012.
- ALI, K.; MALTESE, F.; CHOI, Y.; VERPOTE, R. Metabolic constituents of grapevine and grape-derived products. **Phytochemistry Reviews**, v. 9, n. 3, p. 357-378, 2010.

ALONGI, M.; VERARDO, G.; GORASSINI, A.; ANESE, M. Effect of pasteurization on in vitro  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activity of apple juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 98, p. 366–371, 2018.

ANCOS B.; CILLA A.; BARBERÁ R.; SÁNCHEZ-MORENO C.; CANO M. P. Influence of orange cultivar and mandarin postharvest storage on polyphenols, ascorbic acid and antioxidant activity during gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, New York, v.225, 15, p.114-124, 2017.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3ª edição. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.

BELWAL, T.; DEVKOTA, H. P.; HASSAN, H. A.; AHLUWALIAF, S.; RAMADANG, M. F.; MOCANH, A.; ATANASOV, A. G. Phytopharmacology of Acerola (*Malpighia* spp.) and its potential as functional food. **Trends in Food Science & Technology**, v. 74, p. 99–106, 2018.

BRENES, C. H.; DEL POZO-INSFRAN, D.; TALCOTT, S. T. Stability of Copigmented Anthocyanins and Ascorbic Acid in a Grape Juice Model System. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n. 1, p. 49–56, 2005.

BRESCIANI, L.; MARTINI, D.; MENA, P.; TASSOTTI, M.; CALANI, L.; BRIGATI, G.; BRIGHENTI, F.; HOLASEK, S.; MALLIGA, D.E.; LAMPRECHT, M.; RIO, D. D. Absorption profile of (poly)phenolic compounds after consumption of three food supplements containing 36 different fruits, vegetables, and berries. **Nutrients**, v. 9, n.3 p. 194, 2017.9, 194.

BROWNMILLER, C. L. R.; HOWARD, R. L; PRIOR. Processing and Storage Effects on Monomeric Anthocyanins, Percent Polymeric Color, and Antioxidant Capacity of Processed Blueberry Products. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 5, p. 72 – 79, 2008.

CALAND, R. B.; CADAVID, C. O. M.; CARMONA, L.; PEÑA, L.; OLIVEIRA.; R, P. Pasteurized Orange Juice Rich in Carotenoids Protects *Caenorhabditis elegans* against Oxidative Stress and  $\beta$ -Amyloid Toxicity through Direct and Indirect Mechanisms. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2019, p.1-13, 2019.

CARNEIRO F, I.; PEREIRA, V. S.; VILVERT, J. C.; FRANÇA F. S.; FREITAS, S. T.; LIMA, M. S. Brazilian varieties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) produced under tropical semi-arid conditions: Bioactive phenolic compounds, sugars, organic acids, and antioxidant capacity. **Journal of Food Biochemistry**, v. 45, p. e13829, 2021.

CHENAC, F.; ZHANGA, M.; YANG, C. Application of ultrasound technology in processing of ready-to-eat freshfood: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 63, p. e1049532, 2020.

CHOI, M. Y.; CHAI, C.; PARK, J. H.; LIM, J.; LEE, J.; KWON, S. W. Effects of storage period and heat treatment on phenolic compound composition in dried citrus peels (Chenpi) and discrimination of chenpi with different storage periods through targeted metabolomic study using HPLC-DAD analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 54, n.4, p. 638–645, 2011.

COSTA, H. C. B.; CAVALCANTE, T. A. B. B.; GUT, J. A. W.; SILVA, D. O.; VIEIRA, G. M. An experimental and numerical evaluation of continuous pasteurization of açai pulp with plate heat exchangers on the inactivation of peroxidase and polyphenol oxidase. **Journal of Food Engineering**, v. 314 p. 110799, 2022.

CUNHA, K. D.; SILVA, P. R.; COSTA, A. L. F. S.F.; TEODORO, A. J.; KOBLITZ, M. G. B. Estabilidade de ácido ascórbico em sucos de frutas frescos sob diferentes formas de armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.17, n.2, p.139-145, 2014. DE PAEPE, D.; VALKENBORG, D.; COUDIJZER, K.; NOTEN, B.; SERVAES, K.; DE LOOSE, M.; VOORSPOELS, S.; DIELS, L.; VAN DROOGENBROECK, B. Thermal degradation of cloudy apple juice phenolic constituents. **Food Chemistry**, v. 162, p. 176–185, 2014.

CASTELUCCI, A. C. L.; SILVA, P. P. M. da.; SPOTO, M. H. F. Compostos bioativos e atividade antioxidante in vitro de polpas de frutas da Mata Atlântica brasileira. **Tecnologia Acta Scientiarum**, v.42, p. e44503, 2020.

DAI, J.; MUMPER, R. J. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. **Molecules**, v. 15, n. 10, p. 7313-7352, 2010.

DE ROSSO, V. V.; HILLEBRAND, S.; MONTILLA, E.C.; BOBBIO, F.O.; WINTERHALTER, P.; MERCADANTE, A.Z. Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and açai (*Euterpe oleracea* Mart.) by HPLC–PDA–MS/MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, 291–299, 2008.

DONGXIAO, S.; ZHINENG, W.; LIHONG, D.; FEI H.; RUIFEN Z.; XUCHAO J.; GUANGXU W.; MINGWEI, Z. Impact of thermal processing and storage temperature on the phenolic profile and antioxidant activity of different varieties of lychee juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 116, p. 108578, 2019.

DUTRA, M. C. P.; RODRIGUES, L. L.; DE OLIVEIRA, D.; PEREIRA, G. E.; LIMA, M. S. Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe and Mn. **Food Chemistry**, v. 269, n.15, p.157-165, 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FROND A. D.; LUHAS C. I.; STIRBU. I.; LEOPOLD. L.; SOCACI, S.; ANDREEA. S.; AYVAZ, H.; ANDREEA, S.; MIHAI, S.; DIACONEASA, Z.; CARMEN S. Phytochemical Characterization of Five Edible Purple-Reddish Vegetables: Anthocyanins, Flavonoids, and Phenolic Acid Derivatives. **Molecules**. v.24, n.8, p. 1536.

GARCÍA-VIGUERA, C.; BRIDLE, P. Influence of Structure on Colour Stability of Anthocyanins and Flavylium Salts with Ascorbic Acid. **Food Chemistry**, v. 64, n.1, p.21–26, 1999.

GÉRARD, V.; AY, E.; MORLET-SAVARY, F.; GRAFF, B.; GALOPIN, C.; OGREN, T.; MUTILANGI, T.; LALEVÉE, J. Thermal and photochemical stability of anthocyanins from black carrot, grape juice, and purple sweet potato in model beverages in the presence of ascorbic acid. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 67, n. 19, p. 5647-5660, 2019.

GRZESIK, M.; NAPARŁO, K.; BARTOSZ, G.; SADOWSKA-BARTOSZ, I. Antioxidant properties of catechins: Comparison with other antioxidants, **Food Chemistry**, v. 241, p. 480-492, 2018.

HANAMURA, T.; HAGIWARA, T.; KAWAGISHI, H. Structural and functional characterization of polyphenols isolated from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, v. 69, 280–286, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agro 2017**. Disponível em <<https://censoagro2017.ibge.gov.br/>> Acesso em: 14 de nov. de 2021.

IOANNOU, I.; HAFSA, I.; HAMDY, S.; CHARBONNEL, C.; M, GHOU. Review of the effects of food processing and formulation on flavonol and anthocyanin behavior. **Journal of Food Engineering**, v. 111, p. 208–217, 2012.

JIANG, S.; PENNER, M. H. The Effect of p-Coumaric Acid on Browning Inhibition in Potato Polyphenol Oxidase-Catalyzed Reaction Mixtures. **Foods**, v. 11, n. 4, p. 577, 2022.

KALINOWSKA M, BAJKO E, MATEJCZYK M, KACZYŃSKI P, ŁOZOWICKA B, LEWANDOWSKI W. The Study of Anti-/Pro-Oxidant, Lipophilic, Microbial and Spectroscopic Properties of New Alkali Metal Salts of 5-O-Caffeoylquinic Acid. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 2, p. 463, 2018.

KHOO, A. A.; TANG, S. T.; LIM, S. M. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. **Food & Nutrition Research**, v.61, n.1, p.1361779, 2017.

KIM, J.-S.; KANG, O.-J.; GWEON, O.-C. Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 1, p. 80-86, 2013.

KRIKORIAN, R.; BOESPFLUG, E. L.; FLECK, D. E.; STEIN, A. L.; WIGHTMAN, A. L.; SHIDLER, D. M.; SADAT-HOSSIENY, D. Concord grape juice supplementation and neurocognitive function in human aging. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 5736-5742, 2012.

LEE, D.; LEE, S. Effect of heat treatment condition on the antioxidant and several physiological activities of non-astringent persimmon fruit juice. **Food Science and Biotechnology**, v. 21, n. 3, p. 815-822, 2012.

LEVY, R.; OKUN, Z.; SHPIGELMAN, A. The influence of chemical structure and the presence of ascorbic acid on anthocyanins stability and spectral properties in purified model systems. **Foods**, v. 8, n. 6, p. 207, 2019.

LI, F.; CHEN, G.; ZHANG, B.; FU, X. Current applications and new opportunities for the thermal and non-thermal processing technologies to generate berry product or extracts with high nutraceutical contents. **Food Research International**, v. 100, p. 19–30, 2017.

LIU, Y.; TIKUNOV, Y.; SCHOUTEN, R. E.; MARCELIS, L. F. M.; VISSER, R. G. F.; BOVY, A. Anthocyanin biosynthesis and degradation mechanisms in solanaceous vegetables: A review. **Frontiers in Chemistry**, v. 6, n. 52, 2018.

LOU S. N.; LIN Y. S.; HSU Y.S.; CHIU E. M.; HO C. T. Soluble and insoluble phenolic compounds and antioxidant activity of immature calamondin affected by solvents and heat treatment. **Food Chemistry**, v. 161, n. 15, p. 246-253, 2014.

MCKENZIE, D.; BEVERIDGE, T. The effect of storage, processing and enzymetreatment on the microstructure of cloudy spartan apple juice particulate. **Food Structure**, v. 7, n. 2, p. 195–203, 1988. NAYAK, B.; LIU, H. R.; TANG, J. Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains -a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, n. 7, p. 887-918, 2015.

OLIVEIRA, A.; PINTADO, M.; ALMEIDA, D. P. F. Phytochemical composition and antioxidant activity of peach as affected by pasteurization and storage duration. **LWT - Food Science and Technology**, v. 49, n. 2, p. 202-207, 2012.

OSZMIANSKI, J., WOLNIAK, M., WOJDYŁO, A.; I, WAWER. Influence of apple purée preparation and storage on polyphenol contents and antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 107, p. 1473–1484, 2008.

PADILHA, C. V. S.; MISKINIS, G. A.; SOUZA, M. E. A. O.; PEREIRA, G. E.; OLIVEIRA, D.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; LIMA, M. S. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. **Food Chemistry**, v. 228, p. 106-115, 2017.

PRAKASH, A.; BASKARAN, R. Acerola, an untapped functional superfruit: a review on latest frontiers. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 9, p. 3373–3384, 2018.

REKHA, C.; POORNIMA, G.; MANASA, M.; ABHIPSA, V.; PAVITHRA DEVI, J.; VIJAY KUMAR, H. T.; PRASHITH KEKUDA, T, R. Ascorbic acid, total phenol content and antioxidant activity of fresh juices of four ripe and unripe Citrus fruits. **Chemical Science Transactions**, v.1, n.2, p.303–310, 2012.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization., **Food Chemistry**, v. 254, p. 281-291, 2018.

RIBEIRO, B. S.; FREITAS, S. T. Maturity stage at harvest and storage temperature to maintain postharvest quality of acerola fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 260, p. 108901.

RIBEIRO, H. L.; OLIVEIRA, A. V. DE.; BRITO, E. S. DE.; RIBEIRO, P. R. V.; SOUZA, F. M. S. M.; AZEREDO, HENRIETTE M.C. Stabilizing effect of montmorillonite on acerola juice anthocyanins. **Food Chemistry**, v. 245, p. 966-973, 2018.

RIBEIRO, L. O.; PONTES, S. M.; RIBEIRO, A. P. O.; PACHECO, S.; FREITAS, S. P.; MATTA, V. M. Avaliação do armazenamento a frio sobre os compostos bioativos e as características físico-químicas e microbiológicas do suco de umbu pasteurizado. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 20, p. 1-8, 2017.

SANTHIRASEGARAM, V.; RAZALI, Z.; GEORGE, D. S.; SOMASUNDRAM, C. Comparison of UV-C treatment and thermal pasteurization on quality of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice. **Food and Bioproducts Processing**, v. 94, p. 313–321, 2015.

SAQIB, J.; MUHAMMAD, A.; BING, H.; TAO, W.; MALIK, M.H.; SHICHENG, L.; XIULING, Z.; XIAOXIONG, Z. Quality of carrot juice as influenced by blanching and

sonication treatments. **LWT-Food Science and Technology**, v. 55, n. 1, p. 16-21, 2014.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **O cultivo e o mercado da acerola**. 2016. Disponível em < <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-da-acerola,db7b9e665b182410VgnVCM100000b272010aRCRD> > Acesso em: 14 de nov. de 2021.

SENICA, M.; STAMPAR, F.; VEBERIC, R.; MIKULIC-PETKOVSEK, M. Processed elderberry (*Sambucus nigra* L.) products: A beneficial or harmful food alternative?. **LWT-Food Science and Technology**, v. 72, p. 182-188, 2016.

SILVA, G. G.; DUTRA, M. C. P.; DE OLIVEIRA, J. B.; RYBKA, A. C. P.; PEREIRA, G. E.; LIMA, M. S. Processing methods with heat increases bioactive phenolic compounds and antioxidant activity in grape juices. **Journal of Food Biochemistry**, v. 43, p. e12732, 2019.

VEGARA, S.; MENA, P.; MARTÍ, N.; SAURA, D.; VALERO, M. Approaches to understanding the contribution of anthocyanins to the antioxidant capacity of pasteurized pomegranate juices. **Food Chemistry**, v. 141, n. 3, p. 1630–1636, 2013.

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Phenolic compounds in acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 15, p. 664–668, 2004.

WANG, C.-Y.; WANG, Y.-T.; WU, S.-J.; SHYU, Y.-T. Quality changes in high hydrostatic pressure and thermal pasteurized grapefruit juice during cold storage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 5115–5122, 2018.

WANG, Z.; WU, G.; SHU, B.; HUANG, F.; DONG, L.; ZHANG, F.; SU, D. Comparison of the phenolic profiles and physicochemical properties of different varieties of thermally processed canned lychee pulp. **RSC Advances**, v. 10, p. 6743–6751, 2020.

WURLITZER, N.J.; DIONÍSIO, A. P.; LIMA, J. R.; GARRUTI, D. D. S.; SILVA ARAÚJO, I. M. D.; DA ROCHA, R. F. J.; MAIA, J. L. Tropical fruit juice: effect of thermal treatment and storage time on sensory and functional properties. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 12, p. 5184-5193, 2019.

XU, G. H.; YE, X. G.; CHEN, J. C.; LIU, D. H. Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n.2, p. 330–335, 2007.

XU, M.; SHEN, C.; ZHENG, H.; XU, Y.; XUE, C.; ZHU, B.; HU, J. Metabolomic analysis of acerola cherry (*Malpighia emarginata*) fruit during ripening development

via UPLC-Q-TOF and contribution to the antioxidant activity. **Food Research International**, v. 130, p. 108915, 2020.

XU, Y. Q.; GAO, Y.; GRANATO, D. Effects of epigallocatechin gallate, epigallocatechin and epicatechin gallate on the chemical and cell-based antioxidant activity, sensory properties, and cytotoxicity of a catechin-free model beverage. **Food Chemistry**, Food Chem. v. 339, n. 1, p. 128060, 2021.

ZHANG, W.; LIANG, L.; PAN, X.; LAO, F.; LIAO, X.; WU, J. Alterations of phenolic compounds in red raspberry juice induced by high-hydrostatic-pressure and high-temperature short-time processing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 67, p. 102569, 2021.

ZHENG, H.; ZHEN, X. T.; CHEN, Y.; ZHU, S, C.; YE, L, H.; YANG, S, W.; WANG, Q, Y.; CAO, J. In situ antioxidation-assisted matrix solid-phase dispersion microextraction and discrimination of chiral flavonoids from citrus fruit via ion mobility quadrupole time-of-flight high-resolution mass spectrometry. **Food Chemistry**, v. 343, n.1, p.128422, 2021.

ZVAIGZNE, G.; KÂRKLIÒA. D.; JOERG-THOMAS, K.; KUEHN, S.; KRASNOVA, I.; SEGLIÒA, S. Ultra-high temperature effect on bioactive compounds and sensory attributes of orange juice compared with traditional processing. **Proceedings of the Latvian Academy of Sciences**, v. 71, n.6, p. 486–491, 2017.

## CAPÍTULO 3

### ESTABILIZAÇÃO DA COR DO SUCO DE ACEROLA UTILIZANDO BENTONITA<sup>2</sup>

#### RESUMO

A acerola é considerada uma fruta de alto valor biológico em função do alto conteúdo de vitamina C, sendo consumida principalmente na forma de polpas e sucos. A cor do suco de acerola é influenciada pelo modo de processamento, podendo este retardar ou acelerar a degradação das antocianinas e influenciar a aceitabilidade do produto final pelo consumidor. A bentonita é bastante conhecida e utilizada como agente clarificante, podendo também ser utilizada para ligar e evitar a degradação de pigmentos presentes em sucos. Este estudo foi conduzido para avaliar o efeito da bentonita na estabilidade da cor do suco de acerola clarificado. Acerolas 'Junko' e 'Costa Rica' foram colhidas com coloração da casca vermelha intensa, representando frutos completamente maduros. Após a colheita e obtenção do suco para cada cultivar, estes foram adicionados de diferentes concentrações de bentonita: BET0 (0%), BET1 (1%), BET2 (2%), BET3 (3%), BET4 (4%). Os sucos de cada cultivar foram armazenados a 8 °C por um período de 56 dias. Ao longo do armazenamento, o suco *in natura*, sem a adição de bentonita, apresentou uma alta degradação dos pigmentos naturais, levando a perda da cor vermelha inicial que resultou no amarelecimento. A concentração de bentonita com 1% foi suficiente para a estabilização da cor vermelha do suco elaborado com as duas cultivares de acerola. Os teores de ácido málico e ácido ascórbico diminuíram durante o armazenamento em todos os sucos.

**Palavras-chave:** *Malpighia emarginata*. Argila silicatada. Pigmentos naturais. Antocianinas. Adsorção.

#### 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador de acerolas (*Malpighia emarginata*), possuindo um cultivo comercial espalhado por todas as regiões do país, sendo o estado de Pernambuco o maior produtor com 21.351 toneladas, seguido do Ceará com 7.578 toneladas, e Sergipe com 5.427 toneladas anuais da fruta (IBGE, 2017).

Na região Nordeste, as condições edafoclimáticas caracterizadas como semiárido tropical possibilitam a colheita da acerola durante vários meses ao longo do ano (CARNEIRO et al., 2021). Nesta região, o Vale do São Francisco (VSF) destaca-se por ser o maior produtor de acerola, respondendo por mais de 25% da produção nacional (BELWAL et al., 2018; IBGE, 2017). No VSF é possível colher até

---

<sup>2</sup> Artigo a ser submetido para publicação

oito safras por ano, em função do uso práticas de manejo adequadas (RIBEIRO; FREITAS, 2020).

A acerola é considerada uma fruta de alto valor biológico devido seu alto teor de ácido ascórbico, o qual pode atingir até 5% na polpa (ANCOS et al., 2017), representando cerca de 80 vezes as concentrações encontradas em laranjas e limões (REKHA et al., 2012; CUNHA et al., 2014). Esta fruta também é uma importante fonte de minerais como cálcio, fósforo e ferro; vitaminas A, B1, B2, B3; flavonoides, ácidos fenólicos, antocianinas e carotenoides (PRAKASH; BASKARAN, 2018; FERREIRA et al., 2021).

As antocianinas são pigmentos responsáveis por grande parte da cor dos frutos de coloração vermelha, podendo variar entre 3,8 a 68,2 mg.100g<sup>-1</sup> do peso fresco da polpa a depender da cultivar (MUSSER et al., 2004; CARNEIRO et al., 2021). As principais antocianinas presentes em acerolas são a cianidina 3-rhamnoside e a pelargonidina 3-rhamnoside (BRITO et al., 2007; DE ROSSO et al., 2008; CARNEIRO et al., 2021). Estes pigmentos são facilmente degradados, e sua estabilidade depende das propriedades físicas e químicas do produto, condições de processamento, estrutura das antocianinas presentes, presença de luz, oxigênio, temperatura, ação enzimática, íons metálicos e pH (MCGHIE; WALTON, 2007; PATRAS et al., 2010)

A acerola é consumida principalmente na forma de polpas e sucos, e a produção de sucos se sobrepõe aos demais produtos existentes no catálogo do consumidor, em função da facilidade de transporte e armazenamento, praticidade, além da busca por alimentos naturais (RIBEIRO et al., 2017; CARMO et al., 2014).

Apesar da importância econômica do suco, sua cor é muito influenciada pelo modo de processamento, podendo este retardar ou acelerar a degradação das antocianinas que prejudica a cor e a aceitabilidade do produto final pelo consumidor. Desta forma, torna-se necessário estudar e identificar técnicas de processamento eficientes na manutenção da cor e valor nutricional de sucos de acerola, visando garantir a qualidade do produto final (CASTELUCCI et al., 2020).

A baixa estabilidade das antocianinas presentes na acerola tem sido atribuída às altas concentrações de ácido ascórbico, já que uma possível rota de degradação ocorre em função da ligação do ácido ascórbico ao carbono 4 (C4) das antocianinas, resultando em perdas de ambos os componentes (DE ROSSO; MERCADANTE, 2007). Além disso, a presença de antocianidinas (ou agliconas, que

são as formas não glicosiladas das antocianinas) parece contribuir para essa baixa estabilidade, já que as antocianidinas são mais instáveis do que as antocianinas (DE ROSSO et al., 2008; HE; GIUSTI, 2010).

Estudos sugerem que o uso de argilas como adsorvente de pigmentos pode ter um papel importante na estabilização de antocianinas em sucos (BRITO et al., 2018; MONTEIRO et al., 2018). Estas argilas são capazes de estabilizar e proteger os pigmentos presentes em bebidas, inibindo a sua degradação e/ou modificações. Apesar de estudos anteriores relatarem a ocorrência de adsorção de antocianina a substâncias inorgânicas, como minerais argilosos, os efeitos desta adsorção sobre a estabilização dos pigmentos não foram mencionados (LIMA et al., 2007). Estudos com difração de raios X demonstraram a intercalação de antocianinas em camadas intermediárias de argila por troca catiônica, sendo o efeito estabilizador atribuído à interação eletrostática e à proteção estérica de hidratação ou isomerização (KOHNO et al., 2009).

As argilas de montmorilonita são capazes de controlar a liberação de compostos fenólicos (LEE et al., 2005), assim como adsorver toxinas alimentares (ELNEKEETY et al., 2017; SHI et al., 2006) e íons de hidrogênio na acidose e metabolismo de toxinas associadas à gravidez (AZHAR; OLAD, 2014), além de serem consideradas não tóxicas para seres vivos (LEE et al., 2005). O uso de argilas também tem sido amplamente aplicado na fabricação de medicamentos humanos (LÓPEZ-GALINDO et al., 2007). Desta forma, além de não apresentarem toxicidade, também podem ser utilizadas para neutralizar toxinas alimentares (LÓPEZ-GALINDO et al., 2007; EL-NEKEETY et al., 2017).

A bentonita é uma argila utilizada como agente clarificante, sendo composta principalmente por montmorilonita (75%), a qual possui uma estrutura de multicamadas de plaquetas formadoras de hidrosilicato de alumínio (MIERCZYNSKA-VASILEV et al., 2017). Legalmente, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) não prevê o uso de montmorilonita em alimentos no Brasil, apesar de prever a utilização de bentonitas, em alimentos como agente de clarificação (ANVISA, 2013). Neste contexto, embora argilas ainda não sejam normalmente utilizadas como aditivos alimentares, existem evidências de um alto potencial de uso para diferentes finalidades.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da bentonita como aditivo para estabilizar a cor do suco de acerola clarificado.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Aquisição de matéria-prima e processamento do suco

Acerolas 'Junko' e 'Costa Rica' foram colhidas com coloração da casca vermelha intensa, representando frutos completamente maduros, em um pomar comercial localizado no Vale do São Francisco, Petrolina, PE, sendo o pomar localizado a 09°09' S e 40°22' W, com altitude média de 365,5 m, e clima Semiárido quente BSh, segundo a classificação climatológica de Köppen; Geiger.

Os frutos foram selecionados, sendo descartados os que estavam atacados doenças, insetos e danos mecânicos, e selecionados em relação uniformidade de coloração, utilizando apenas os frutos maduros, e foram então sanitizados por imersão em água clorada com 30 ppm de cloro ativo, durante 25 minutos.

O suco foi obtido com um multiprocessador doméstico de alimentos (Philco, São Paulo, Brasil), em seguida foi centrifugado a 26.500 g por 30 min a 20 °C. O sobrenadante foi filtrado em papel de filtro de 28 µm, produzindo o suco clarificado, que foi dividido em cinco tratamentos, conforme o teor de argila adicionado.

A bentonita enogel sódica, natural e moída (100% pura), foi fornecida pela empresa WCT Comércio Ltda. Os tratamentos utilizados foram as seguintes concentrações de bentonita no suco: BET0 (0%), BET1 (1%), BET2 (2%), BET3 (3%), BET4 (4%). Após a adição da argila, os sucos foram agitados a 660 rpm por 1 h, em seguida foram homogeneizados em Ultra-Turrax T25 (IKA, São Paulo, Brasil), a 12.298 g por 5 min. Cada tratamento foi repetido em quatro vezes, em volumes de 45 mL cada.

Os sucos foram adicionados de sorbato de potássio (0,1% m/v) sob agitação em Ultra-Turrax T25 (IKA, São Paulo, Brasil), a 3 g por 15 min, para inibir o crescimento microbiano. Após estas etapas, os sucos foram armazenados a 8 °C por um período de 56 dias, sendo avaliados em quadruplicatas a cada 14 dias.

### 2.2 Avaliações físico-químicas dos sucos

O pH e acidez titulável (AT) foram determinados pelo método potenciométrico, utilizando titulador automático modelo 848 Titrino Plus (Metrohm, São Paulo, Brasil), sendo os valores de pH expressos de forma adimensional e os valores de AT expressos em g de ácido málico $100g^{-1}$ . O teor de sólidos solúveis (SS) foi

determinado com um refratômetro digital modelo Pocket refractometer Pal-1 (Atago, São Paulo, Brasil), sendo os valores expressos em porcentagem. A relação SS/AT foi calculada para cada amostra por meio da divisão do valor de SS pelo valor de AT. Estas análises seguiram as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

O teor de ácido ascórbico (vitamina C) foi determinado por volumetria de óxido-redução, por meio da titulação de 1,00 mL de suco diluído em 100 mL de ácido oxálico 0,5% com uma solução contendo 0,02% de 2,6 diclorofenol indofenol (DFI) até coloração rósea clara permanente. Os resultados foram expressos em mg.100g<sup>-1</sup>. Esta análise foi feita segundo o método da Willians (1984), e modificações feitas por Benassi e Antunes (1988).

### 2.3 Avaliações da cor do suco

A cor da polpa foi analisada com o auxílio de um colorímetro digital portátil modelo CR-400 (Konica Minolta, SP, Brasil). Os resultados de foram expressos no sistema de cor CIELab, onde os valores de L\* representam a luminosidade; a\* representa a variação do verde ao vermelho; b\* representa a variação do azul ao amarelo; C\* representa o croma; e H° representa o ângulo hue que especifica a cor (MINOLTA, 1998). As leituras foram realizadas em quadruplicada.

Por meio das coordenadas L\*, a\* e b\* foram calculados os índices de cor (IC) de acordo com a equação 2 descrita por Mazzuz (1996), assim como de amarelecimento (IA) de acordo com a equação 1, e escurecimento de acordo com a equação 3 descritas por Pathare et al. (2013).

$$IA = \frac{142,86 * b^*}{L^*} \quad (1)$$

$$IC = \frac{1000 * a^*}{L^* * b^*} \quad (2)$$

$$IE = \frac{(100 * (x - 0,31))}{0,172} \quad (3)$$

Onde: L\*, a\* e b\* = descritos acima; x = (a\* + 1,75\*L)/(5,645\*L\* + a\* - 3,012\*b\*).

## 2.4 Estimativa do conteúdo de antocianinas monoméricas totais

A quantificação das antocianinas monoméricas totais foi realizada de acordo com o método proposto por Lee et al. (2005). As amostras de suco clarificados foram diluídas com soluções tampão de cloreto de potássio KCl 0,025 M (pH = 1,0) e acetato de sódio CH<sub>3</sub>-COONa 0,4 M (pH = 4,5) e as leituras realizadas a 520 nm e 700 nm em espectrofotômetro (Multiskan GO, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA). A leitura a 700 nm é realizada para descontar a turbidez da amostra.

O valor da absorbância final (AF) foi calculado a partir da equação 4:

$$AF = (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH\ 1,0} - (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH\ 4,5} \quad (4)$$

A concentração de antocianinas nos sucos foi calculada e expressa como cianidina-3-O-glicosídeo, seguindo a equação abaixo (Equação 5):

$$\text{Antocianinas (mg.L}^{-1}\text{)} = (AF \times PM \times FD \times 1000) / (\epsilon \times l) \quad (5)$$

Onde: PM = peso molecular da cianidina 3-O-glucosídeo (449,2); - FD = fator de diluição (50); -  $\epsilon$  = absorvidade molar da cianidina 3-O-glucosídeo (26900).

Após a determinação do conteúdo de antocianinas monoméricas totais presentes em cada amostra, foi feito a adição de bentotina ao suco clarificado com diferentes teores de antocianinas, fazendo-se então a determinação da cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) para a obtenção de uma curva representativa para estimativa do conteúdo de antocianinas em suco clarificado de acerola 'Junko' (Equação 6), adicionado de argila (Equação 7), assim como para o suco clarificado de acerola 'Costa Rica' (Equação 8), e adicionado de argila (Equação 9).

$$\text{Antocianinas (mg.L}^{-1}\text{)} = 2,1892 \times IC + 4,1029 \quad R^2 = 0,99 \quad (6)$$

$$\text{Antocianinas (mg.L}^{-1}\text{)} = 1,7487 \times IC - 68,306 \quad R^2 = 0,98 \quad (7)$$

$$\text{Antocianinas (mg.L}^{-1}\text{)} = 6,8807 \times a^* - 80,883 \quad R^2 = 0,99 \quad (8)$$

$$\text{Antocianinas (mg.L}^{-1}\text{)} = 5,8915 \times a^* - 20,674 \quad R^2 = 0,98 \quad (9)$$

Onde:  $a^*$  e IC (intensidade de cor) = descritos acima.

## 2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, dispostos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 5, para cada cultivar utilizada na elaboração do suco, onde o primeiro fator consistiu nas doses de argila adicionadas ao suco (0, 1, 2, 3 e 4%), e o segundo fator o período de armazenamento (0, 14, 28, 42 e 56 dias). As médias dos parâmetros avaliados foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas seguiram as recomendações de Banzatto e Kronka (1995), utilizando o software Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2014).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que se refere ao pH do suco (Tabela 1), observa-se uma tendência de aumento em função da adição de argila. Ao mesmo tempo, constata-se uma tendência de aumento do pH do suco durante o armazenamento, observando maiores valores no último período de avaliação aos 56 dias. Esse efeito pode ser justificado pela degradação oxidativa de ácidos orgânicos presentes no suco durante o armazenamento (FUNDO et al., 2019).

Os sucos desenvolvidos neste trabalho podem ser classificados como muito ácido e ácido, já que o pH médio foi de 3,34 para a cultivar Junko e 3,98 para a cultivar Costa Rica, e isso se deve à presença de ácidos orgânicos na acerola que conferem elevada acidez ao fruto (SANTANA et al., 2020). A faixa de pH encontrada no presente trabalho foi próxima ao relatado por Dala-Paula et al. (2019), com valor de 3,48 para suco de acerola.

**Tabela 1.** pH do suco de acerola aditivado com concentrações de bentonita.

Cult.	TA (dias)	Doses de argila				
		BET0	BET1	BET2	BET3	BET4
JK	0	2,54 ± 0,06 bD*	2,75 ± 0,08 dC	3,06 ± 0,13 cB	3,27 ± 0,24dA	3,32 ± 0,12 cA
	14	2,61 ± 0,03 bE	3,35 ± 0,01 aD	3,53 ± 0,05 aC	3,72 ± 0,05 bB	3,88 ± 0,01 aA
	28	2,69 ± 0,07 bE	3,05 ± 0,06 cD	3,22 ± 0,06 bC	3,49 ± 0,01 cB	3,67 ± 0,01 bA
	42	3,07 ± 0,07 aD	3,37 ± 0,04 aC	3,60 ± 0,05 aB	3,90 ± 0,09 aA	3,99 ± 0,06 aA
	56	2,97 ± 0,21 aE	3,20 ± 0,19 bD	3,54 ± 0,10 aC	3,70 ± 0,03 bB	3,99 ± 0,00 aA
CR	0	3,38 ± 0,02 bD	3,78 ± 0,04 aC	4,20 ± 0,20 aB	4,22 ± 0,02 aB	4,39 ± 0,12 aA
	14	3,47 ± 0,02 bE	3,71 ± 0,02 aD	3,93 ± 0,04 bC	4,22 ± 0,02 aB	4,37 ± 0,04 aA
	28	3,54 ± 0,09 aE	3,73 ± 0,11 aD	4,02 ± 0,12 bC	4,22 ± 0,02 aB	4,44 ± 0,06 aA
	42	3,57 ± 0,10 aE	3,79 ± 0,12 aD	3,98 ± 0,03 bC	4,27 ± 0,06 aB	4,42 ± 0,03 aA
	56	3,62 ± 0,16 aC	3,70 ± 0,06 aC	4,01 ± 0,02 bB	4,33 ± 0,16 aA	4,44 ± 0,04 aA

Cult. – Cultivar; JK – Junko; CR – Costa Rica; TA – Tempo de armazenamento; BET0 – 0% de bentonita; BET1 – 1% de bentonita; BET2 – 2% de bentonita; BET3 – 3% de bentonita; BET4 – 4% de bentonita. \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e letra maiúscula na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias ± desvio padrão.

O pH é um fator de extrema importância para a manutenção e estabilidade de cor dos sucos de frutas vermelhas, já que as antocianinas são normalmente estáveis em valores de pH entre 1 e 4, e elas sofrem mudanças com variação de pH. A formação de íons oxônio predomina em pH 1,0 conferindo cores vermelha e roxa, enquanto as bases quinóides azuis predominam em pH 2~4 (SONG et al., 2012). Eles são geralmente degradados acima de pH 7 (SUTHARUT et al. 2012). Os tratamentos BET2, BET3, BET4 aplicados no suco elaborado com a cultivar Costa Rica apresentaram valor de pH acima da faixa necessária para a estabilidade de antocianinas.

A acidez titulável variou de 1,92 a 1,15 g de ácido málico.100g<sup>-1</sup> para o suco clarificado elaborado com a cultivar Junko, 1,79 a 0,77 g de ácido málico.100g<sup>-1</sup> para a cultivar Costa Rica (Tabela 2). No presente trabalho, a diminuição da acidez corrobora o alto valor de pH, sendo possível estabelecer uma tendência de redução do teor de ácidos orgânicos durante a vida útil do suco (Tabela 1 e 2). O nível de acidez titulável reduziu em função da adição da concentração de argila (0 dias). Isso pode ser justificado ao fato da bentonita apresentar propriedades adsorventes, sendo capaz de adsorver compostos fenólicos e ácidos orgânicos presentes no

suco, influenciando assim a acidez titulável (SHAMSUDDIN et al., 2016). O nível de acidez titulável reduziu em função da adição da concentração de argila (0 dias). Isso pode ser justificado ao fato da bentonita apresentar propriedades adsorventes, sendo capaz de adsorver compostos fenólicos e ácidos orgânicos presentes no suco, influenciando assim a acidez titulável (SHAMSUDDIN et al., 2016). EI-Nekeety et al. (2017) constataram o efeito desta argila na adsorção de ácido úrico, e Shi et al. (2006) a adsorção de ácido fólico.

**Tabela 2.** Acidez titulável (g de ácido málico.100g<sup>-1</sup>) do suco de acerola aditivado com concentrações de bentonita.

Cult.	TA (dias)	Doses de argila				
		BET0	BET1	BET2	BET3	BET4
JK	0	1,92 ± 0,09 aA*	1,77 ± 0,05 aB	1,64 ± 0,07 aC	1,56 ± 0,04 aD	1,42 ± 0,04 aE
	14	1,78 ± 0,05 bA	1,64 ± 0,05 bB	1,47 ± 0,04 aC	1,37 ± 0,03 bD	1,26 ± 0,02 bE
	28	1,78 ± 0,04 bA	1,66 ± 0,03 bB	1,47 ± 0,02 bC	1,36 ± 0,01 bD	1,21 ± 0,03 bE
	42	1,76 ± 0,02 bA	1,63 ± 0,04 bB	1,36 ± 0,01 cC	1,32 ± 0,03 bC	1,24 ± 0,03 bD
	56	1,77 ± 0,05 bA	1,56 ± 0,09 cB	1,36 ± 0,03 cC	1,16 ± 0,05 cD	1,15 ± 0,04 cD
CR	0	1,79 ± 0,02 aA	1,21 ± 0,07 aB	1,17 ± 0,07 aB	1,00 ± 0,08 aC	0,94 ± 0,02 aD
	14	1,29 ± 0,02 bA	1,19 ± 0,03 aB	1,10 ± 0,03 bC	0,96 ± 0,04 aD	0,84 ± 0,03 bE
	28	1,34 ± 0,05 bA	1,21 ± 0,04 aB	1,06 ± 0,03 bC	0,96 ± 0,01 aD	0,84 ± 0,03 bE
	42	1,35 ± 0,06 bA	1,21 ± 0,04 aB	1,09 ± 0,02 bC	0,96 ± 0,03 aD	0,86 ± 0,03 bE
	56	1,32 ± 0,02 bA	1,22 ± 0,05 aB	1,08 ± 0,01 bC	0,94 ± 0,06 aD	0,77 ± 0,02 cE

Cult. – Cultivar; JK – Junko; CR – Costa Rica; TA – Tempo de armazenamento; BET0 – 0% de bentonita; BET1 – 1% de bentonita; BET2 – 2% de bentonita; BET3 – 3% de bentonita; BET4 – 4% de bentonita. \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e letra maiúscula na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias ± desvio padrão.

Não houve manutenção do conteúdo de ácidos orgânicos durante o armazenamento para a cultivar Junko (Tabela 2). Já a cultivar Costa Rica, que apresenta menor acidez, apresentou maior estabilidade da acidez durante o armazenamento. De acordo com Fundo et al. (2019), a degradação de ácidos orgânicos durante o armazenamento do suco pode ser explicada em função de composição oxidativa destas substâncias, em moléculas mais simples. Em situação inversa, o aumento da acidez nos sucos poderia ser um indicador de contaminação por leveduras e/ou bactérias, principalmente quando se detecta a presença de ácido

acético e/ou láctico. É possível que tenha havido adsorção dos ácidos orgânicos presentes no suco, já que a bentonita além de ser capaz de adsorver compostos fenólicos também pode adsorver outros compostos orgânicos. El-Nekeety et al. (2017) constataram o efeito desta argila na adsorção de ácido úrico, e Shi et al. (2006) a adsorção de ácido fólico.

Não houve tendência de redução no teor de sólidos solúveis durante o período de armazenamento do suco sob refrigeração (Tabela 2) para todos os tratamentos avaliados e para as duas cultivares, exceto para o suco elaborado com a cultivar Junko que empregou as doses BET2 e BET4, os quais apresentaram menores valores aos 42 dias e 56 dias de armazenamento.

Com relação às doses de argila utilizada, nota-se um aumento significativo do conteúdo destes sólidos no suco, principalmente ao comparar a BET0 e BET4, que apresentou menor valor destes sólidos. Este resultado era esperado, já que se fez a adição de maior concentração de bentonita ao BET4, e esta argila também é um sólido solúvel em água (SHAMSUDDIN et al., 2016).

**Tabela 3.** Sólidos solúveis (%) do suco de acerola aditivado com concentrações de bentonita.

Cult.	TA (dias)	Doses de argila				
		BET0	BET1	BET2	BET3	BET4
JK	0	7,75 ± 0,06 aD*	7,80 ± 0,06 aD	7,88 ± 0,05 aC	7,95 ± 0,06 aB	8,05 ± 0,06 aA
	14	7,73 ± 0,10 aC	7,75 ± 0,06 aD	7,88 ± 0,05 aB	7,95 ± 0,06 aB	8,05 ± 0,06 aA
	28	7,68 ± 0,13 aC	7,73 ± 0,05 aC	7,87 ± 0,08 bB	7,90 ± 0,08 aA	7,91 ± 0,08 bA
	42	7,65 ± 0,06 aC	7,73 ± 0,05 aB	7,86 ± 0,08 bB	7,90 ± 0,08 aA	7,92 ± 0,10 bA
	56	7,65 ± 0,06 aB	7,72 ± 0,05 aB	7,73 ± 0,05 bB	7,88 ± 0,05 aA	7,90 ± 0,05 bA
CR	0	7,88 ± 0,10 aB	7,93 ± 0,10 aB	8,00 ± 0,08 aA	8,03 ± 0,10 aA	8,05 ± 0,06 aA
	14	7,80 ± 0,08 aB	7,90 ± 0,08 aB	7,90 ± 0,08 aB	7,98 ± 0,10 aA	8,00 ± 0,08 aA
	28	7,78 ± 0,10 aB	7,90 ± 0,00 aA	7,95 ± 0,06 aA	7,98 ± 0,05 aA	8,00 ± 0,08 aA
	42	7,78 ± 0,05 aB	7,80 ± 0,08 aB	7,93 ± 0,10 aA	7,98 ± 0,10 aA	7,93 ± 0,10 aA
	56	7,75 ± 0,06 aB	7,83 ± 0,10 aB	7,85 ± 0,06 aB	7,95 ± 0,06 aA	7,98 ± 0,05 aA

Cult. – Cultivar; JK – Junko; CR – Costa Rica; TA – Tempo de armazenamento; BET0 – 0% de bentonita; BET1 - 1% de bentonita; BET2 - 2% de bentonita; BET3 - 3% de bentonita; BET4 - 4% de bentonita. \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e letra maiúscula na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias ± desvio padrão.

A relação SS/AT no suco indica o balanço entre o conteúdo de sólidos solúveis e acidez, tendo um papel importante no sabor final do produto processado. Como apresentado anteriormente (Tabela 2 e 3) houve tendência na estabilidade do conteúdo de sólidos solúveis, porém degradação do conteúdo de acidez titulável durante o período de armazenamento. Desta forma, houve tendência no aumento do grau de doçura do suco durante o armazenamento.

Ao mesmo tempo, observa-se que houve uma tendência de aumento dos valores deste índice em função da adição de argila no suco, o que já era esperado em detrimento do aumento do conteúdo de sólidos solúveis no suco e diminuição da acidez (Tabela 4).

**Tabela 4.** Relação SS/AT do suco de acerola aditivado com concentrações de bentonita.

Cult.	TA (dias)	Doses de argila				
		BET0	BET1	BET2	BET3	BET4
JK	0	4,05 ± 0,19 bE*	4,39 ± 0,14 bD	4,92 ± 0,22 cC	5,10 ± 0,15 cB	5,70 ± 0,18 cA
	14	4,34 ± 0,16 aE	4,73 ± 0,15 aD	5,38 ± 0,16 bC	5,81 ± 0,09 bB	6,42 ± 0,14 bA
	28	4,32 ± 0,13 aE	4,65 ± 0,08 aD	5,31 ± 0,10 bC	5,81 ± 0,28 bB	6,56 ± 0,07 bA
	42	4,38 ± 0,05 aE	4,76 ± 0,14 aD	5,76 ± 0,04 aC	6,03 ± 0,17 bB	6,39 ± 0,13 bA
	56	4,32 ± 0,11 aD	4,92 ± 0,31 aC	5,69 ± 0,10 aB	6,81 ± 0,35 aA	6,87 ± 0,19 aA
CR	0	4,39 ± 0,09 bD	6,60 ± 0,42 aC	6,86 ± 0,40 bC	8,06 ± 0,61 aB	8,56 ± 0,16 cA
	14	5,85 ± 0,09 aE	6,66 ± 0,16 aD	7,22 ± 0,19 aC	8,34 ± 0,38 aB	9,47 ± 0,36 bA
	28	5,81 ± 0,16 aE	6,53 ± 0,19 aD	7,60 ± 0,16 aC	8,27 ± 0,08 aB	9,48 ± 0,37 bA
	42	5,78 ± 0,25 aE	6,46 ± 0,21 aD	7,27 ± 0,14 aC	8,34 ± 0,31 aB	9,20 ± 0,31 bA
	56	5,86 ± 0,12 aE	6,42 ± 0,18 aD	7,24 ± 0,07 aC	8,51 ± 0,64 aB	10,40 ± 0,30 aA

Cult. – Cultivar; JK – Junko; CR – Costa Rica; TA – Tempo de armazenamento; BET0 – 0% de bentonita; BET1 – 1% de bentonita; BET2 – 2% de bentonita; BET3 – 3% de bentonita; BET4 – 4% de bentonita. \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e letra maiúscula na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias ± desvio padrão.

Segundo Tembo et al. (2017), concentrações elevadas de ácidos orgânicos e açúcares em sucos de frutas também são responsáveis pelo efeito protetor da oxidação de ácido ascórbico (vitamina C), já que se ligam a íons metálicos e reduz sua potência catalítica, promovendo por tanto, maior estabilidade deste componente durante o armazenamento, sendo importante também a manutenção destes compostos durante a vida de prateleira do suco.

A Tabela 5 apresenta o conteúdo de ácido ascórbico (vitamina C) do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita. O teor de ácido ascórbico não foi reduzido na concentração de 1% em peso de bentonita para a cultivar Junko, porém foi reduzido significativamente nas concentrações de 2, 3 e 4% do aditivo (m/m). Já para a cultivar Costa Rica, observa-se uma redução maior ao adicionar 3 e 4% (m/m) do aditivo. Desta forma, segundo Ribeiro et al. (2018a), esse efeito é resultante apenas do processamento, já que o ácido ascórbico é facilmente degradado, ou à auto-associação competitiva da bentonita restringiu sua capacidade de absorção.

Houve uma tendência de redução do conteúdo de ácido ascórbico ao decorrer do armazenamento. Porém, na concentração de argila de 2% (BET2) houve maior estabilidade dos teores de ácido ascórbico para a cultivar Junko, já para a cultivar Costa Rica, a maior estabilidade foi constatada ao utilizar 4% (BET4) do aditivo.

**Tabela 5.** Teor de ácido ascórbico ( $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) do suco de acerola aditivado com concentrações de bentonita.

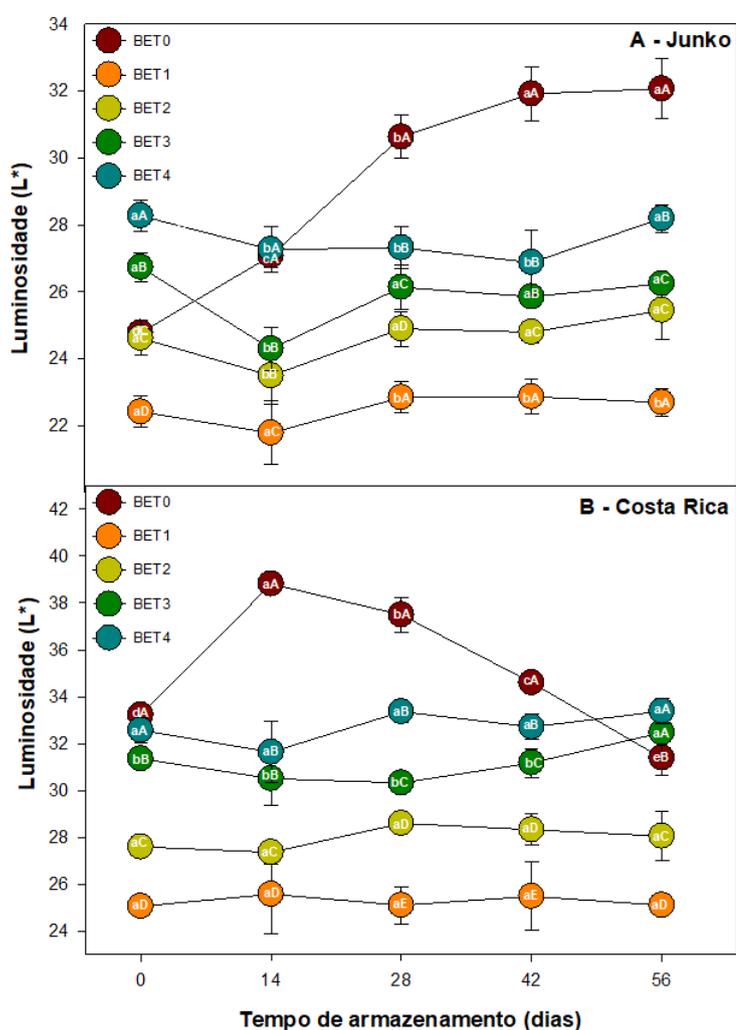
Cult.	TA (dias)	Doses de argila				
		BET0	BET1	BET2	BET3	BET4
JK	0	2637,5 ± 25,0 aA*	2562,5 ± 25,0 aA	2450,0 ± 40,8 aB	2400,0 ± 40,8 aB	2375,0 ± 28,9 aB
	14	2400,0 ± 81,6 bA	2425,0 ± 50,0 bA	2350,0 ± 57,7 aA	2375,0 ± 50,0 aA	2325,0 ± 50,0 aA
	28	2331,7 ± 48,1 bA	2379,8 ± 48,1 bA	2355,8 ± 55,5 aA	2259,62 ± 55,5 bB	2211,5 ± 0,0 bB
	42	2235,6 ± 48,1 cA	2235,6 ± 92,1 cA	2115,4 ± 78,5 bB	2139,4 ± 48,0 cB	2115,4 ± 78,5 cB
	56	2163,5 ± 55,5 cA	2211,5 ± 78,5 cA	2091,4 ± 92,0 bB	2091,3 ± 48,1 cB	2067,3 ± 55,5 cB
CR	0	1418,3 ± 48,1 aA	1274,0 ± 48,1 aB	1226,0 ± 48,1 aB	1153,9 ± 78,5 aC	1105,8 ± 55,5 aC
	14	1201,9 ± 55,5 bA	1129,8 ± 48,1 bA	1105,8 ± 96,1 bA	1057,7 ± 78,5 bB	961,5 ± 78,5 bC
	28	1105,8 ± 55,5 cA	1033,7 ± 48,1 cA	1033,7 ± 48,1 cA	1033,6 ± 48,1 bA	937,5 ± 48,1 bB
	42	1033,7 ± 92,1 dA	1012,9 ± 92,1 cA	1009,6 ± 55,5 cA	985,6 ± 48,1 cA	913,5 ± 55,5 bB
	56	991,4 ± 49,8 dA	1009,6 ± 43,1 cA	948,29 ± 70,4 cA	926,7 ± 43,1 cA	905,2 ± 49,8 bA

Cult. – Cultivar; JK – Junko; CR – Costa Rica; TA – Tempo de armazenamento; BET0 – 0% de bentonita; BET1 – 1% de bentonita; BET2 – 2% de bentonita; BET3 – 3% de bentonita; BET4 – 4% de bentonita. \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna e letra maiúscula na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias ± desvio padrão.

As variedades comerciais que apresentam alto teor de vitamina C e antocianinas possuem baixa estabilidade destes compostos durante o

armazenamento, em função dos radicais livres produzidos pela degradação do ácido ascórbico induzir a degradação do conteúdo de antocianinas, e pelo fato do baixo teor de ácidos orgânicos influenciarem negativamente na estabilidade do conteúdo de vitamina C (OLIVEIRA et al., 2013).

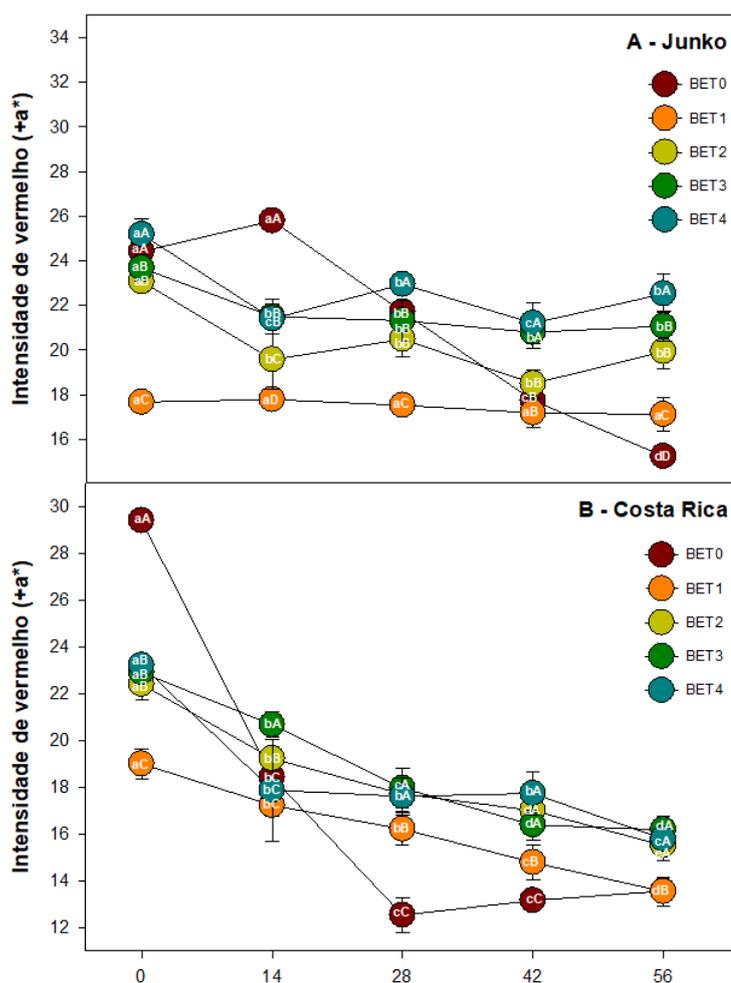
O suco de acerola sem a adição de bentonita (BET0) sofreu notável degradação de cor com tempo de armazenamento (Figura 1, 2, 3, 4 e 5). As modificações de cor que ocorrem no suco são resposta da copigmentação das antocianinas presentes nas frutas, assim como da degradação destes compostos antioxidantes por radicais oxidativos (ENARU et al., 2021).



**Figura 1.** Variações de luminosidade ( $L^*$ ) do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias  $\pm$  desvio padrão.

No que se refere a luminosidade (\*L), observa-se uma tendência de aumento no suco de acerola sem a adição de bentonita (BET0), elaborado com a cultivar Junko (Figura 1). Isso indica perda de cor, visto que maiores valores de (\*L) indica um esbranquiçamento do suco e degradação dos pigmentos que conferem cor. No caso do suco elaborado com a cultivar Costa Rica, houve uma tendência de esbranquiçamento 14 dias após a elaboração do suco, e posteriormente, houve uma queda deste parâmetro, indicando escurecimento (ENARU et al., 2021).

A adição de bentonita no suco proporcionou estabilidade da luminosidade, e houve uma tendência de aumento da luminosidade em função do aumento da adição de argila para o suco elaborado com as duas cultivares.



**Figura 2.** Variações intensidade de vermelho (+a\*) do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias  $\pm$  desvio padrão.

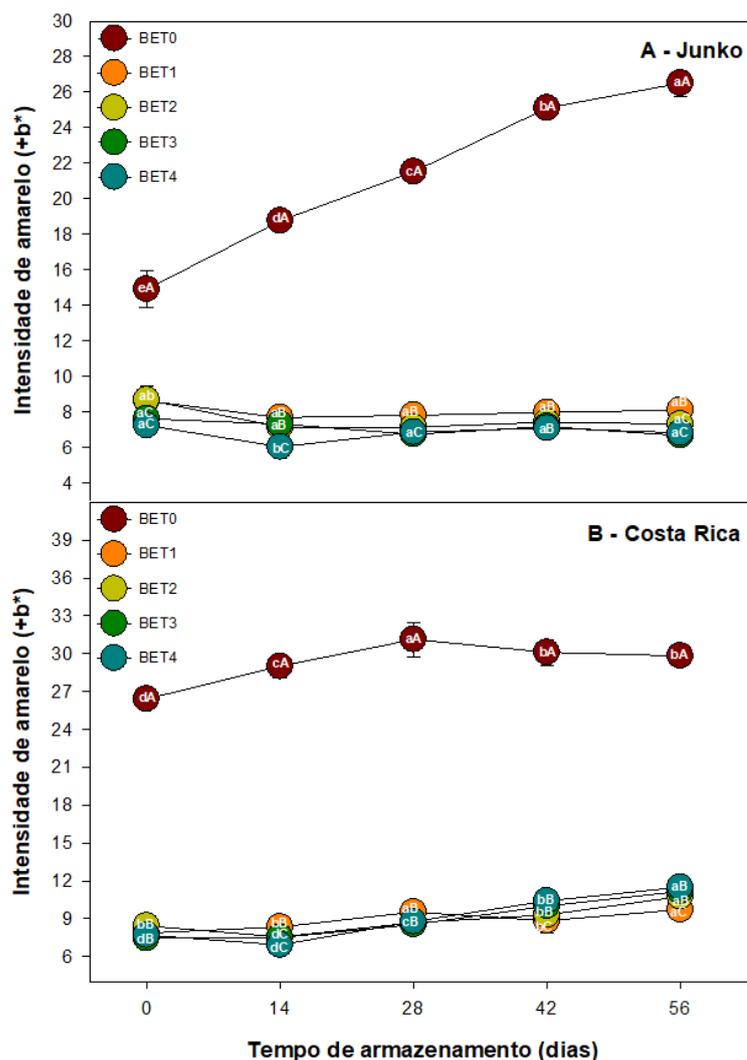
A queda acentuada nos valores de  $a^*$  a partir do início do armazenamento corrobora o comportamento relatado por De Rosso e Mercadante (2007) para uma bebida à base de acerola, e por Ribeiro et al. (2018a) para o suco de acerola clarificado. Isso é indicativo de degradação das antocianinas presentes no suco de acerola, já que as principais antocianinas presentes nestes frutos são a cianidina 3-rhamnoside e a pelargonidina 3-rhamnoside, as quais conferem cor avermelhada (ENARU et al., 2021).

Por outro lado, a intensidade de vermelho foi visivelmente mais estável com o tempo de armazenamento quando a bentonita estava presente, especialmente em concentrações mais baixas para o suco elaborado com a cultivar Junko (2%), e mais altas para o suco elaborado com a cultivar Costa Rica (4%). Este parâmetro foi mais estável para os tratamentos elaborados com a cultivar 'Junko', comparado com os resultados observados com a cultivar Costa Rica.

O suco elaborado com a cultivar Junko sem a adição de bentonita (BET0) foi mais escuro (valores  $L^*$  mais baixos) e menos amarelado (menor  $b^*$ ) aos 0 dias de armazenamento do que suco contendo bentonita. E ao decorrer do armazenamento, observou-se menores valores de  $L^*$  e  $a^*$ , e maiores valores de  $b^*$  indicando predominância de pigmentos amarelos e mais opacidade (Figura 3).

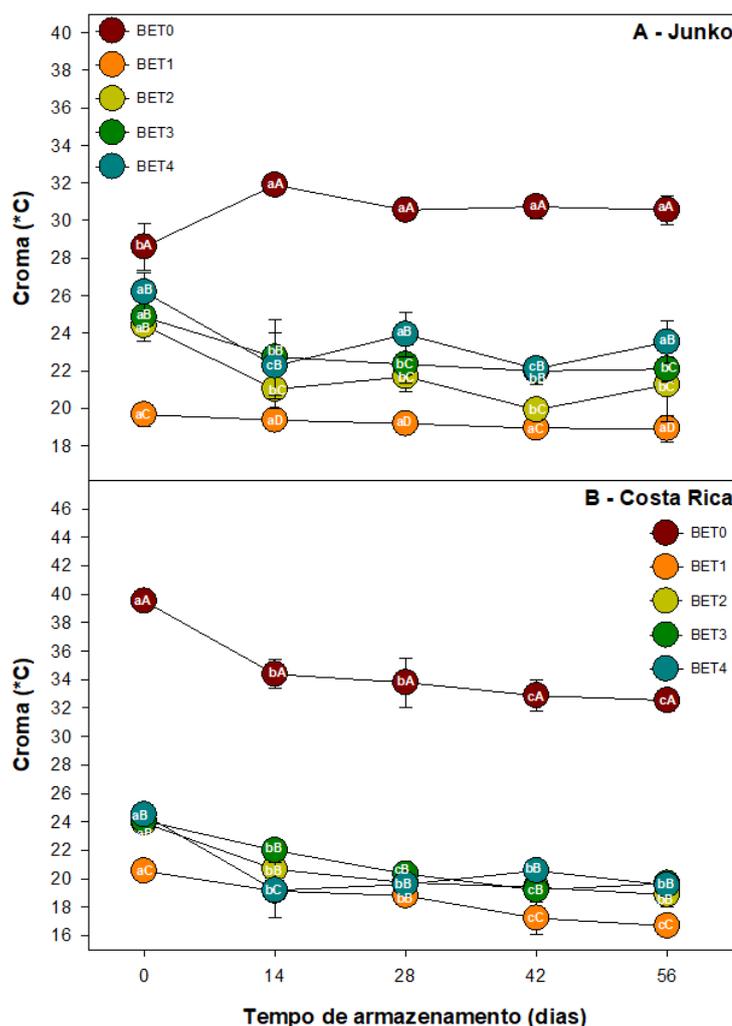
A mudança de do suco cor pode acontecer em decorrência da degradação das antocianinas através de reações de polimerização com outros compostos (por exemplo, proteínas, açúcares e vitamina C), resultando em uma mudança progressiva do vermelho intenso para vermelho pálido, seguindo para amarelo escuro, e posteriormente para o amarelo, e por fim, marrom (ZHAO et al., 2022; MILLET et al., 2019; TOMAS et al., 2019).

No suco elaborado com a cultivar Costa Rica sem a adição de bentonita (BET0), observou-se (Figura 3) que aos 0 dias de armazenamento a intensidade de amarelo foi menor quando comparado aos demais períodos de armazenamento. Neste caso, observou-se uma tendência de escurecimento mais acelerado, já que houve uma forte tendência na redução da luminosidade ( $L^*$ ) e manutenção da pigmentação amarelada ( $b^*$ ) aos 28 dias de armazenamento.



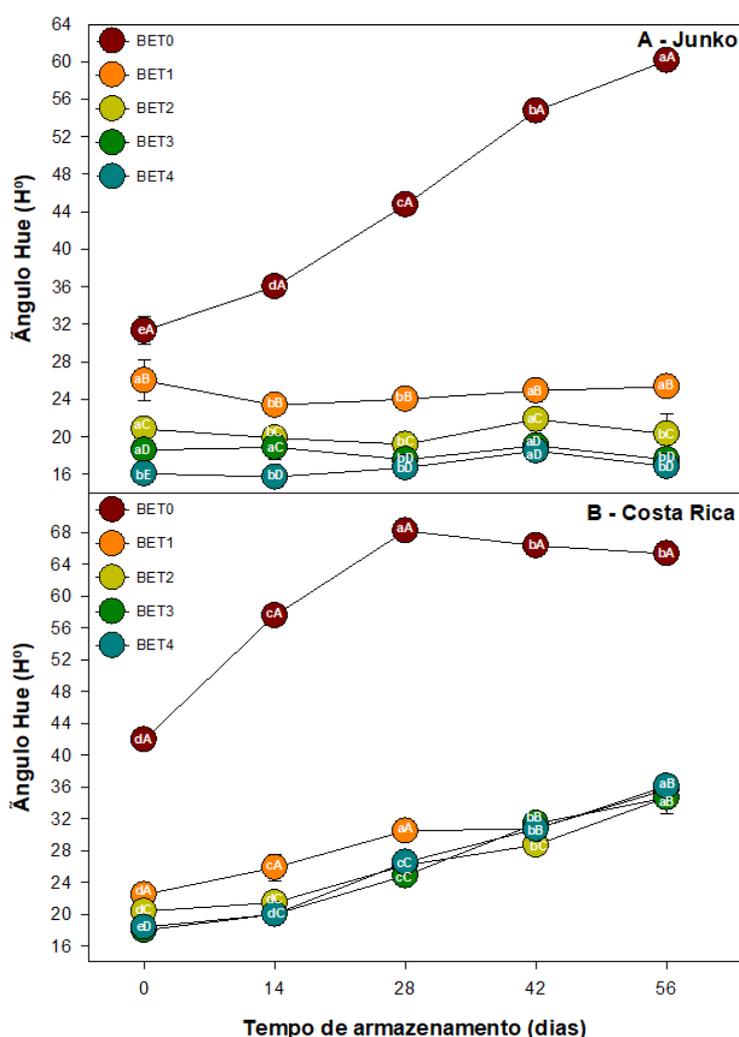
**Figura 3.** Variações intensidade de amarelo ( $+b^*$ ) do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias  $\pm$  desvio padrão.

Observou-se uma tendência na estabilidade da cor amarelada ( $b^*$ ) ao decorrer do armazenamento nos sucos aditivados com bentonita. Para o suco elaborado com a cultivar Junko houve menor intensidade de amarelo e maior estabilidade ao se fazer a adição de 4% de bentonita (m/m), e no caso do suco elaborado com a cultivar Costa Rica, houve maior estabilidade ao se fazer a adição de 1% de bentonita (m/m). Este efeito deve-se a adsorção das antocianinas pela bentonita, impedido as reações de polimerização junto ao ácido ascórbico (RIBEIRO et al., 2018a).



**Figura 4.** Variações de Croma ( $^{\circ}\text{C}$ ) do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias  $\pm$  desvio padrão.

É visível a diferença de croma e ângulo Hue (Figura 3 e 4) entre o BET0 e os demais tratamentos para as duas cultivares. A adição de argila ao suco promoveu saturação de cor, ou seja, valores mais próximos do 0 indicando uma cor próxima ao vermelho vivo, sendo que o tratamento BET1 apresentou maior saturação de cor. Isso se deve ao fato da distribuição de cargas na superfície desta argila, e fatores externos como pH, temperatura, luz, presença de oxigênio e concentração da argila no meio que contribui para diferenças na adsorção dos cátions flavílio presentes nas antocianinas, conferindo então estabilidade de cor no suco (SILVA et al., 2020).

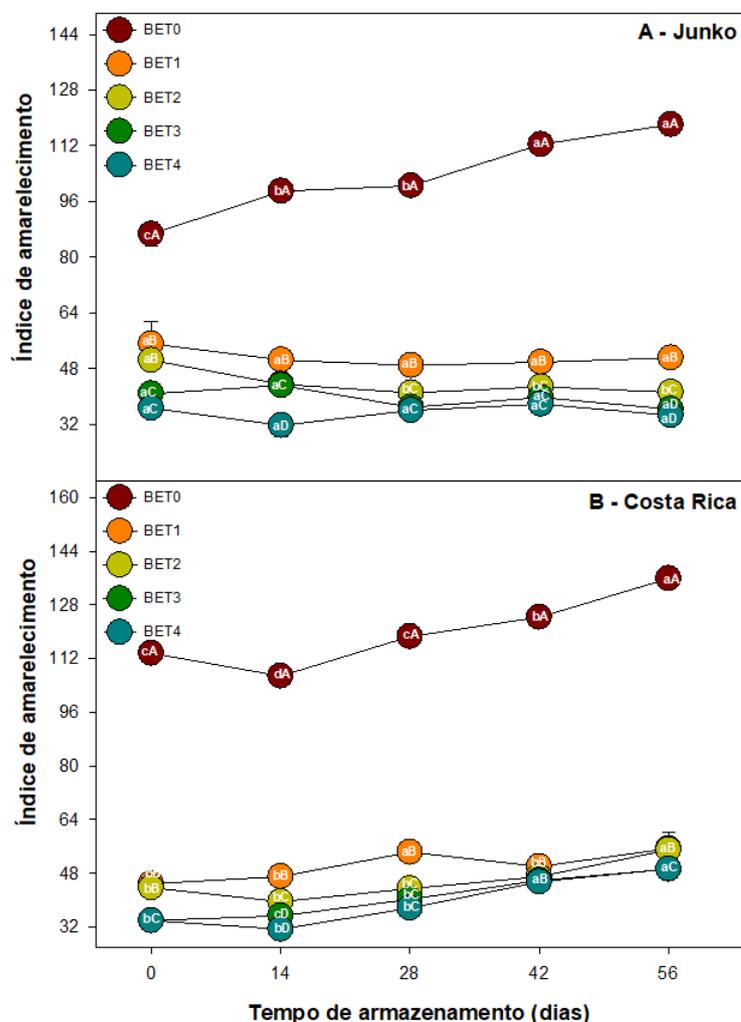


**Figura 5.** Variações de ângulo Hue ( $^{\circ}H$ ) do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias  $\pm$  desvio padrão.

É notório que o suco sem a adição de bentonita ao final do armazenamento apresentou menor saturação de cor (Figura 4) e ângulo Hue (Figura 5) com valores mais próximos a  $90^{\circ}$ , caracterizado pela presença de pigmentos com cor amarelada, ou seja, antocianinas em processo de degradação.

De Rosso e Mercadante (2007) constataram o mesmo comportamento para a cromaticidade e ângulo Hue de uma bebida à base de acerola durante o armazenamento, onde observaram mudanças de tonalidade do vermelho para o amarelo, sendo que os valores de  $H^{\circ}$  aumentaram durante o tempo de

armazenamento, indicando a degradação das antocianinas presentes no suco. Por outro lado, é notório que os sucos contendo bentonita apresentaram uma coloração vermelha mais intensa e mais estável com o tempo de armazenamento, com tonalidades e intensidades semelhantes à do suco *in natura*.



**Figura 6.** Variações do índice de amarelecimento do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias  $\pm$  desvio padrão.

O amarelecimento do suco está diretamente ligado a degradação dos pigmentos e pigmentação, seja pela luz, exposição química e/ou processamento (PATHARE et al., 2012). Na Figura 4 é possível constatar que houve uma tendência à despigmentação do suco sem a adição de argila, ou seja, degradação das

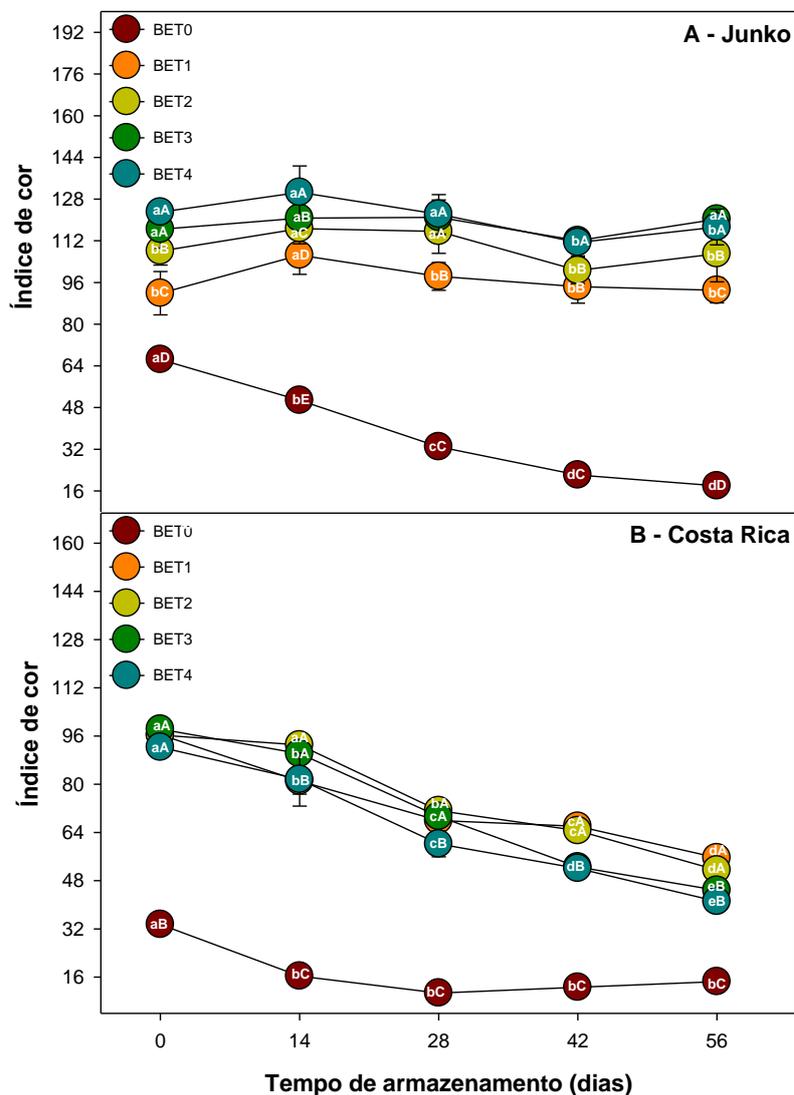
antocianinas em polímeros (ZHANG et al., 2021). Neste tratamento a taxa de degradação destes pigmentos diminuiu na seguinte ordem: vermelho > vermelho claro > vermelho pálido > amarelo escuro > amarelo palha.

Os sucos aditivados com bentonita apresentaram menor índice de amarelecimento (Figura 6), e isso significa que houve maior estabilidade dos pigmentos naturais, com menor degradação. As concentrações de 3 e 4% (m/m) resultaram em menor índice de amarelecimento do suco ao final do tempo de armazenamento.

O índice de cor (Figura 7) corrobora com todas as variáveis de cor estudadas, apontando perda de cor ao decorrer do armazenamento dos sucos sem a adição de argila (BET0), e tendência de manutenção da cor para os sucos aditivados com argila. Desta forma, sabe-se que, as antocianinas são os pigmentos responsáveis pela cor dos sucos de frutas vermelhas, e a perda dessa cor está ligada diretamente a modificações e/ou degradação destes pigmentos (RIBEIRO et al., 2018a; RIBEIRO et al., 2018b).

O principal mecanismo de degradação das antocianinas acontece na presença de ácido ascórbico, por meio da condensação direta do ácido ascórbico no carbono 4 da molécula de antocianina, fazendo com que haja a perda de ambos (POEI-LANGSTON et al., 1981; JURD et al., 1972).

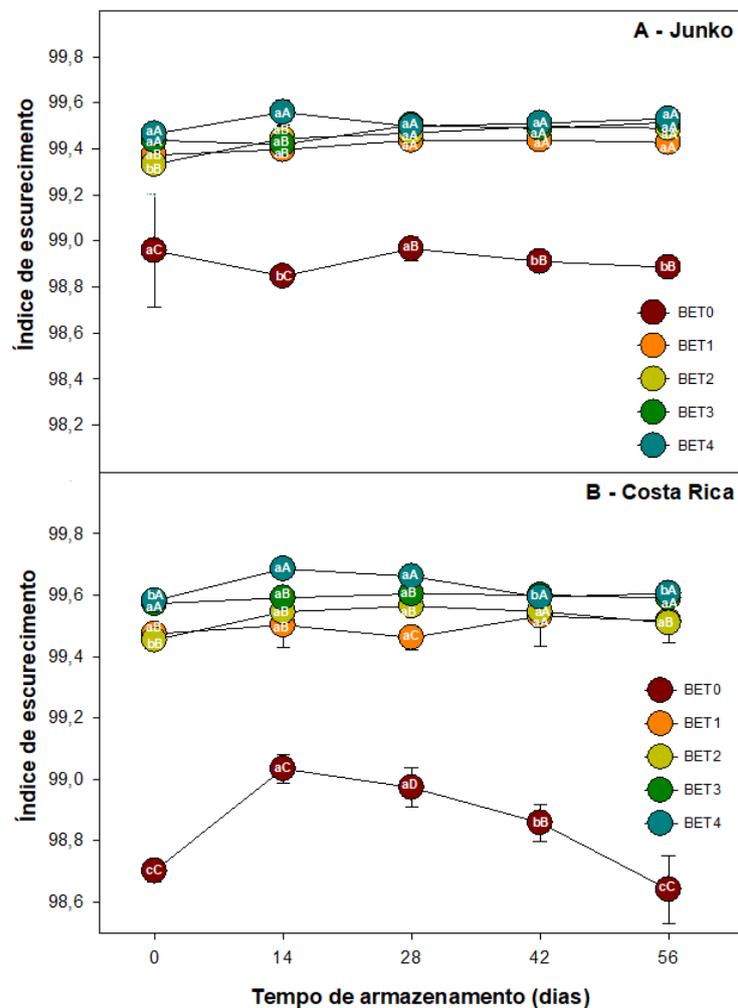
Por outro lado, segundo Iacobucci e Sweeny (1983), a perda de cor da antocianina na presença de ácido ascórbico ocorre devido à clivagem oxidativa do anel de pirílio por um mecanismo de radicais livres no qual o ácido ascórbico atua como um ativador de oxigênio molecular e produz radicais livres. Um desses radicais livres é o  $H_2O_2$ . A formação de  $H_2O_2$  devido à oxidação de ácido ascórbico afeta a estabilidade da antocianina (MARKAKIS, 1982; TALCOTT et al., 2003) e leva a uma diminuição da cor vermelha (BRENES et al., 2005). Duangmal et al. (2004) relataram destruição marcada de antocianinas e vitamina C no suco durante o armazenamento.



**Figura 7.** Variações do índice de cor do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias  $\pm$  desvio padrão.

Ao mesmo tempo, constata-se o efeito protetor da bentonita sob as antocianinas presentes no suco, já que foi evidente maior manutenção da cor ao longo do armazenamento. Este efeito protetor deve-se a adsorção das antocianinas, e com isso estes pigmentos ficam indisponíveis no meio, desfavorecendo as reações com o ácido ascórbico (SILVA et al., 2020; RIBEIRO et al., 2018a; RIBEIRO et al., 2018b) Plaza et al. (2000) justifica esse efeito ao fato da bentonita resultar em

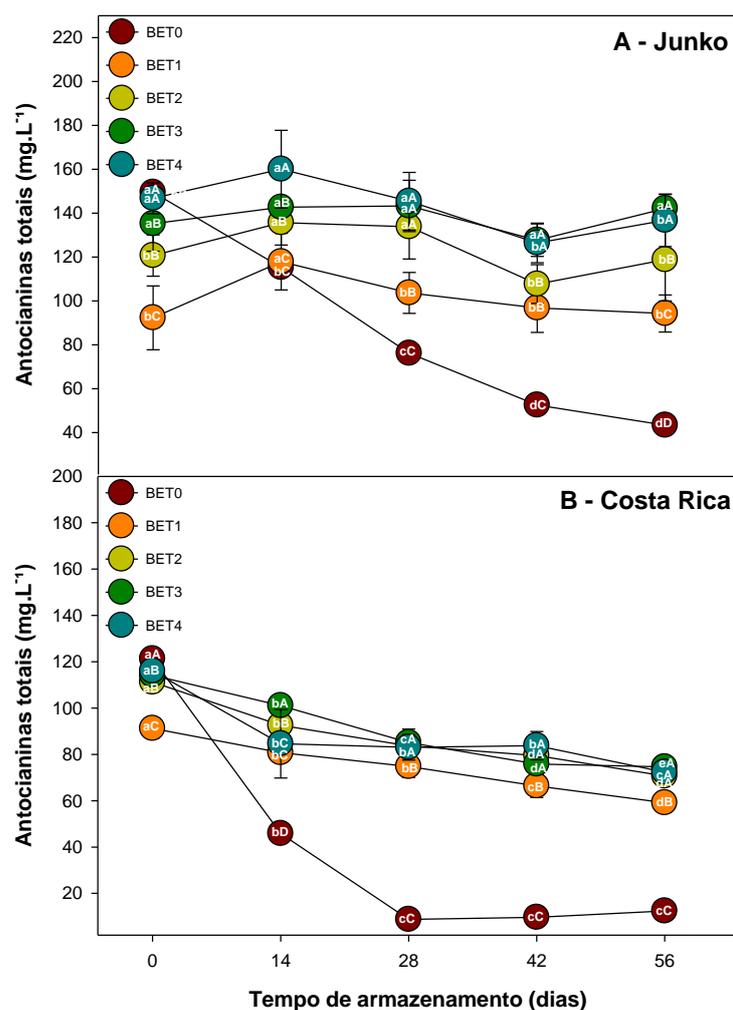
menores concentrações de derivados hidroxicinâmicos, procianidinas e flavan-3-óis, mas maiores concentrações de antocianinas monoméricas, que são responsáveis pela cor.



**Figura 8.** Variações do índice de escurecimento do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias  $\pm$  desvio padrão.

O suco *in natura* (BET0) elaborado com a cultivar Junko não apresentou tendência de escurecimento durante o armazenamento. Já o suco *in natura* elaborado com a cultivar Costa Rica apresentou maiores índices de escurecimento aos 14 e 28 dias após o processamento. Esse efeito é possivelmente devido à oxidação de compostos fenólicos, principalmente as antocianinas, envolvendo a

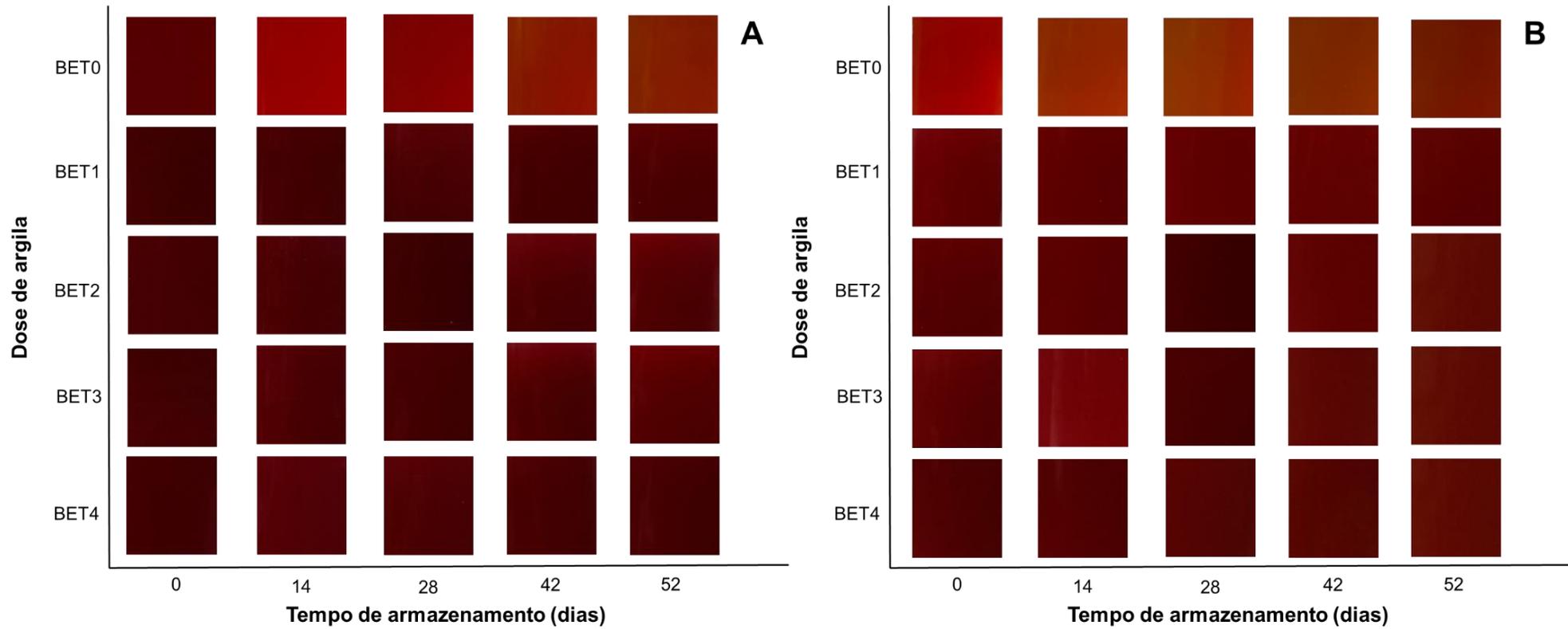
polifenol oxidase (PPO), que catalisa a oxidação de fenólicos a quinonas (SERRA et al., 2021; FANG et al., 2022). Além disso, os produtos derivados da oxidação do ácido ascórbico, ou condensação direta da antocianina com ácido ascórbico, podem estar envolvidos no mecanismo de escurecimento (FANG et al., 2022). Já em relação aos sucos aditivados com bentonita (BET1, BET2, BET3 e BET4), não houve variações significativas entre as doses aplicadas para estes tratamentos ( $p < 0,05$ ).



**Figura 9.** Estimativa do conteúdo de antocianinas monoméricas totais do suco clarificado de acerola com diferentes concentrações de bentonita em função tempo de armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula para tempo de armazenamento e letra maiúscula para dose de argila não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Médias  $\pm$  desvio padrão.

Com relação a estimativa do conteúdo de antocianinas (Figura 9), constatou-se maior estabilidade nos sucos adicionados de bentonita, comparados com suco

sem a adição de bentonita. Este resultado deve-se possivelmente a adsorção das antocianinas as cargas presentes nas partículas de bentonita, tornando-se assim indisponíveis para reações oxidativas e/ou de degradação com a ligação ao ácido ascórbico (DE ROSSO; MERCADANTE, 2007; RIBEIRO et al., 2018a; RIBEIRO et al., 2018b). Os sucos elaborados com a cultivar Costa Rica tiveram maiores perdas de antocianinas durante o armazenamento que os sucos elaborados com a cultivar Junko (Figura 9).



**Figura 10.** Cor do suco de acerola clarificado com diferentes concentrações de bentonita durante o armazenamento. A – suco elaborado com a cultivar Junko; B – suco elaborado com a cultivar Costa Rica.

A cor é um parâmetro importante que afeta a qualidade sensorial e influencia a aceitabilidade dos alimentos pelos consumidores. De acordo com os resultados obtidos, observa-se visualmente a manutenção da cor do suco de acerola mediante a adição de bentonita (Figura 10A e B). Os resultados mostram que a adição de 1% de bentonita é suficiente para a estabilização da cor do suco.

#### 4 CONCLUSÃO

Durante o armazenamento do suco in natura, sem a adição de bentonita, constatou-se a degradação dos pigmentos naturais do suco, levando a perda de cor e amarelecimento.

A concentração de bentonita de 1% foi suficiente para a estabilização da cor vermelha do suco elaborado com as duas cultivares de acerola, embora ocorra a redução da acidez titulável e teor de ácido ascórbico.

Essas descobertas podem ser úteis para a estabilização da cor de diversos tipos de alimentos processados com elevados teores antocianinas, bem como para o uso de antocianinas como corantes alimentares mais estáveis.

#### REFERÊNCIAS

ANCOS B.; CILLA A.; BARBERÁ R.; SÁNCHEZ-MORENO C.; CANO M. P. Influence of orange cultivar and mandarin postharvest storage on polyphenols, ascorbic acid and antioxidant activity during gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, v.225, 15, p.114-124, 2017.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada** – RDC Nº 7, de 6 de março de 2013. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/3352026/RDC\\_07\\_2013\\_.pdf/071a4df8-4cf5-484d-bd5ae52fe1fd4a41](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/3352026/RDC_07_2013_.pdf/071a4df8-4cf5-484d-bd5ae52fe1fd4a41). Acesso em: 10 maio 2020.

AZHAR, F. F.; OLAD, A. A study on sustained release formulations for oral delivery of 5-fluorouracil based on alginate–chitosan/montmorillonite nanocomposite systems. **Applied Clay Science**, v. 101, p. 288-296, 2014.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3ª edição. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.

BELWAL, T.; DEVKOTA, H. P.; HASSAN, H. A.; AHLUWALIAF, S.; RAMADANG, M. F.; MOCANH, A.; ATANASOV, A. G. Phytopharmacology of Acerola (*Malpighia* spp.)

and its potential as functional food. **Trends in Food Science & Technology**, v. 74, p. 99–106, 2018.

BENASSI, M.T.; ANTUNES, A. J. A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

BRENES, C. H.; DEL POZO-INSFRAN, D.; TALCOTT, S. T. Stability of copigmented anthocyanins and ascorbic acid in a grape juice model system. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 1, p. 49-56, 2005.

BRITO, D. F.; FILHO, E. C. S.; FONSECA, M. B.; JABER, M. Organophilic bentonites obtained by microwave heating as adsorbents for anionic dyes. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 6, n. 6, p. 7080–7090, 2018.

BRITO, E. S.; ARAÚJO, M. C. P.; ALVES, R. E.; CARKEET, C.; CLEVIDENCE, B. A.; NOVOTNY, J. A. Anthocyanins present in selected tropical fruits: acerola, jambolão, jussara, and guajiru. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n.23 p. 9389–9394, 2007.

CARMO, M. C. L. DANTAS, M. I. de S.; RIBEIRO, S. M. R. Caracterização do mercado consumidor de sucos prontos para o consumo, **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 17, n.4, p. 305-309, 2014.

CARNEIRO F, I.; PEREIRA, V. S.; VILVERT, J. C.; FRANÇA F. S.; FREITAS, S. T.; LIMA, M. S. Brazilian varieties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) produced under tropical semi-arid conditions: Bioactive phenolic compounds, sugars, organic acids, and antioxidant capacity. **Journal of Food Biochemistry**, v. 45, p. e13829, 2021.

CASTELUCCI, A. C. L.; SILVA, P. P. M. da.; SPOTO, M. H. F. Compostos bioativos e atividade antioxidante in vitro de polpas de frutas da Mata Atlântica brasileira. **Tecnologia Acta Scientiarum**, v.42, p. e44503, 2020.

CUNHA, K. D.; SILVA, P. R.; COSTA, A. L. F. S.F.; TEODORO, A. J.; KOBLITZ, M. G. B. Estabilidade de ácido ascórbico em sucos de frutas frescos sob diferentes formas de armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.17, n.2, p.139-145, 2014.

DALA-PAULA, B. M.; SANTOS, T. P. D.; ARAÚJO, L. D. S.; BASTOS, R. R. A.; MORAES, J. D. O.; CARBONERA, N. Domestic processing and storage on the physical-chemical characteristics of acerola juice (*Malpighia glabra* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, p. e021519, 2019.

DE ROSSO, V. V.; HILLEBRAND, S.; MONTILLA, E.C.; BOBBIO, F.O.; WINTERHALTER, P.; MERCADANTE, A. Z. Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) by HPLC–

PDA–MS/MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 4, p. 291–299, 2008.

DE ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid composition of two Brazilian genotypes of acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) from two harvests. **Food Research International**, v. 38, n. 8, p. 1073-1077, 2005.

DUANGMAL K, WONGSIRI S, SUEEPRASAN S. Color appearance of fruit juice affected by vitamin C. Color and Paints, Interim Meeting of the International Color Association, **Proceedings**: 121-124, 2004.

EL-NEKEETY, A. A.; EL-KADY, A. A.; ABDEL-WAHHAB, K. G.; HASSAN, N. S.; ABDEL-WAHHAB, M. A. Reduction of individual or combined toxicity of fumonisin B1 and zearalenone via dietary inclusion of organo-modified nano-montmorillonite in rats. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 25, p. 20770–20783, 2017.

ENARU, B.; DREȚCANU, G.; POP, T. D.; STĂNILĂ, A.; DIACONEASA, Z. Anthocyanins: **Factors affecting their stability and degradation. Antioxidants**, v. 10, n. 12, p. 1967, 2021.

FANG, T.; CHEN, J.; LIN, Q.; ZHONG, Y.; DUAN, Y.; BI, J. Phenolic profiling reveals the metabolite basis of flesh colour and fresh-cut browning in apple fruit. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 57, n. 4, p. 2257-2266, 2022.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, I. C.; SILVA, V. P.; VILVERT, J. C.; SOUZA, F. F.; DE FREITAS, S. T.; DOS SANTOS LIMA, M. Brazilian varieties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) produced under tropical semi-arid conditions: bioactive phenolic compounds, sugars, organic acids and antioxidant capacity, **Journal of Food Biochemistry**, v. 45, p. e13829, 2021.

FUNDO, J. F.; MILLER, F. A.; MANDRO, G. F.; TREMARIN, A.; BRANDÃO, T. R.; SILVA, C. L. UV-C light processing of Cantaloupe melon juice: Evaluation of the impact on microbiological, and some quality characteristics, during refrigerated storage. **LWT**, v. 103, p. 247-252, 2019.

GÓMEZ-PLAZA, E.; GIL-MUÑOZ, R.; LÓPEZ-ROCA, J. M.; DE LA HERA-ORTS, M. L.; MARTÍNEZ-CULTÍLLAS, A. Effect of the addition of bentonite and polyvinylpolypyrrolidone on the colour and long-term stability of red wines. **Journal of Wine Research**, v. 11, n. 3, 223-231, 2000.

HE, J.; GIUSTI, M. M. Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. **Annual Review of Food Science and Technology**. v.1, p. 163–187, 2010.

IACOBUCCI, GUILLERMO A.; SWEENEY, JAMES G. The chemistry of anthocyanins, anthocyanidins and related flavylum salts. **Tetrahedron**, v. 39, n. 19, p. 3005-3038, 1983.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, Brasil. 1020 p. 2008

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo agro 2017. Disponível em <<https://censoagro2017.ibge.gov.br/>> Acesso em: 14 de nov. de 2021.

JURD L. Some advances in the chemistry of anthocyanin-type plant pigments. **The chemistry of plant pigments**, v. 3, p. 123, 1972.

KOHNO, Y.; KINOSHITA, R.; IKOMA, S.; YODA, K.; SHIBATA, M.; MATSUSHIMA, R.; TOMITA, T.; MAEDA, Y.; KOBAYASHI, K. Stabilization of natural anthocyanin by intercalation into montmorillonite. **Applied Clay Science**, v. 42, n. 3-4, p. 519-523, 2009.

LEE, J.; DURST, R. W.; WROLSTAD, R. E.; Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. **Journal AOAC International**, v. 88, n. 5, 1269-1278, 2005.

LEE, Y. H.; KUO, T. F.; CHEN, B. Y.; FENG, Y. K.; WEN, Y. R.; LIN, W. C.; LIN, F. H. Toxicity assessment of montmorillonite as a drug carrier for pharmaceutical applications: yeast and rats model. **Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications**, v. 17, n. 2, 72-78, 2005.

LIMA, E.; MARTINEZ-ORTIZ, M. J.; FREGOSO, E.; MENDEZ-VIVAR, J. Capturing natural chromophores on natural and synthetic aluminosilicates. **Studies in Surface Science and Catalysis**, v. 170, p. 2110–2115, 2007.

LÓPEZ-GALINDO, A.; VISERAS, C.; CERESO, P. Compositional, technical and safety specifications of clays to be used as pharmaceutical and cosmetic products. **Applied Clay Science**, v. 36, n. 1-3, p. 51–63, 2007.

MARKAKIS P. Stability of anthocyanins in foods. In: Markakis P. ed. **Anthocyanins as food colors**. Academic Press, New York; 1982: pp. 163-180.

MAZZUZ, C. F. **Calidad de Frutos Citricos. Manual para su Gestión desde la Recolección hasta la Expedición**. Reus. Ed. Horticultura, 1996.

MCGHIE, T. K.; WALTON, M. C. The bioavailability and absorption of anthocyanins: Towards a better understanding. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 51, n. 6, p. 702-713, 2007.

MIERCZYNSKA-VASILEV, A.; BOYER, P.; VASILEV, K.; SMITH, P. A. A novel technology for the rapid, selective, magnetic removal of pathogenesis-related proteins from wines. **Food Chemistry**, v. 232, n.1, p. 508-514, 2017.

MILLET, M.; POUPARD, P.; GUILOIS-DUBOIS, S.; POIRAUD, A.; FANUEL, M.; ROGNIAUX, H.; GUYOT, S. Heat-unstable apple pathogenesis-related proteins alone or interacting with polyphenols contribute to haze formation in clear apple juice. **Food chemistry**, v. 309, p. 125636, 2020.

MILLET, M.; POUPARD, P.; GUILOIS-DUBOIS, S.; POIRAUD, A.; FANUEL, M.; ROGNIAUX, H.; GUYOT, S. Heat-unstable apple pathogenesis-related proteins alone or interacting with polyphenols contribute to haze formation in clear apple juice. **Food chemistry**, v. 309, p. 125636, 2020.

MINOLTA. Precise color communication - color control from perception to instrumentation. **Japan: Minolta Co., Ltd.**, p. 59, 1998.

MONTEIRO, M. K. S.; DE OLIVEIRA, V. R. L.; DOS SANTOS, F. K. G.; DE BARROS NETO, E. L.; DE LIMA LEITE, R. H.; AROUCHA, E. M. M.; de Oliveira Silva, K. N. Synergistic effect of the sequential intercalation of three types of surfactants in the exfoliation degree of bentonite clay in films of cassava. **Journal of Molecular Liquids**, v. 266, p. 770–780, 2018.

MONTEIRO, M. K. S.; DE OLIVEIRA, V. R. L.; DOS SANTOS, F. K. G.; DE BARROS NETO, E. L.; DE LIMA LEITE, R. H.; AROUCHA, E. M. M.; de Oliveira Silva, K. N. Synergistic effect of the sequential intercalation of three types of surfactants in the exfoliation degree of bentonite clay in films of cassava. **Journal of Molecular Liquids**, v. 266, p. 770–780, 2018.

MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Características físico-químicas de acerola do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n.4, p. 556–561, 2004.

MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Características físico-químicas de acerola do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n.4, p. 556–561, 2004.

OLIVEIRA, L. S.; MOURA, C. F. H.; Brito, E. S.; FERNANDES, F. A. N.; MIRANDA, M. R. A. Quality changes and anthocyanin and vitamin C decay rates of frozen acerola purée during long-term storage. **Journal of Food Processing and**

**Preservation**, v. 37, n. 1, p. 25-33, 2013.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food Bioprocess Technol.** v. 6, p. 36–60, 2013.

PATRAS, A.; BRUNTON, N. P.; O'DONNELL, C.; TIWARI, B. K. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n.1, p. 3–11, 2010.

POEI-LANGSTON M. S.; WROLSTAD R, E. COLOR degradation in an ascorbic acid anthocyanin flavanol model system. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 1218-1236, 1981.

POEI-LANGSTON MS, WROLSTAD RE. COLOR degradation in an ascorbic acid anthocyanin flavanol model system. *J Food Sci* 46: 1218-1236, 1981

PRAKASH, A.; BASKARAN, R. Acerola, an untapped functional superfruit: a review on latest frontiers. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n.9, p. 3373–3384, 2018.

REKHA, C.; POORNIMA, G.; MANASA, M.; ABHIPSA, V.; PAVITHRA DEVI, J.; VIJAY KUMAR, H. T.; PRASHITH KEKUDA, T, R. Ascorbic acid, total phenol content and antioxidant activity of fresh juices of four ripe and unripe Citrus fruits. **Chemical Science Transactions**, v.1, n.2, p.303–310, 2012.

RIBEIRO, B. S.; FREITAS, S. T. Maturity stage at harvest and storage temperature to maintain postharvest quality of acerola fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 260, p. 108901, 2020.

RIBEIRO, H. L.; BRITO, E. S.; AZEREDO, H. M. Montmorillonite as a reinforcement and color stabilizer of gelatin films containing acerola juice. **Applied Clay Science**, v. 165, p. 1-7, 2018b.

RIBEIRO, H. L.; DE OLIVEIRA, A. V.; DE BRITO, E. S.; RIBEIRO, P. R.; AZEREDO, H. M. Stabilizing effect of montmorillonite on acerola juice anthocyanins. **Food chemistry**, v. 245, p. 966-973, 2018a.

RIBEIRO, L. O.; PONTES, S. M.; RIBEIRO, A. P. O.; PACHECO, S.; FREITAS, S. P.; MATTA, V. M. Avaliação do armazenamento a frio sobre os compostos bioativos e as características físico-químicas e microbiológicas do suco de umbu pasteurizado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1-8, 2017.

RIBEIRO, L. O.; PONTES, S. M.; RIBEIRO, A. P. O.; PACHECO, S.; FREITAS, S. P.; MATTA, V. M. Avaliação do armazenamento a frio sobre os compostos bioativos

e as características físico-químicas e microbiológicas do suco de umbu pasteurizado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1-8, 2017.

SANTANA, R. V.; DOS SANTOS, D. C.; SANTANA, A. C. A.; DE OLIVEIRA FILHO, J. G.; DE ALMEIDA, A. B.; DE LIMA, T. M.; SILVA, F. G.; EGEA, M. B. Quality parameters and sensorial profile of clarified “Cerrado” cashew juice supplemented with *Sacharomyces boulardii* and different sweeteners. **LWT**, v. 128, p. 109319, 2020.

SERRA, S.; ANTHONY, B.; BOSCOLO SESILLO, F.; MASIA, A.; MUSACCHI, S. Determination of post-harvest biochemical composition, enzymatic activities, and oxidative browning in 14 apple cultivars. **Foods**, v. 10, n.1, p. 186, 2021.

SHAMSUDDIN, R. M.; VERBEEK, C. J.; LAY, M. C. Settling of bentonite particles in gelatin solutions for stickwater treatment. **Procedia engineering**, v. 148, p. 194-200, 2016.

SHI, Y. H.; XU, Z. R.; FENG, J. L.; WANG, C. Z. Efficacy of modified montmorillonite nanocomposite to reduce the toxicity of aflatoxin in broiler chicks. **Animal Feed Science and Technology**, v. 129, n. 1-2, p. 138-148, 2006.

SILVA, G. T. M.; SILVA, K. M.; SILVA, C. P.; GONCALVES, J. M.; QUINA, F. H. Hybrid pigments from anthocyanin analogues and synthetic clay minerals. **ACS omega**, v. 5, n. 41, p. 26592-26600, 2020.

SONG, H. N.; JI, S. A.; PARK, H. R.; KIM, H. H.; HOGSTRAND, C. Impact of various factors on color stability of fresh blueberry juice during storage. **Preventive Nutrition and Food Science**, v. 23, n. 1, p. 46, 2018

SUTHARUT, J.; SUDARAT, J. Total anthocyanin content and antioxidant activity of germinated colored rice. **International Food Research Journal**, v. 19, p. 215-221, 2012.

TALCOTT ST, BRINES CH, PIERS DM et al. Photochemical stability and color retention of co pigmented and processed Muscatine grape juice. *J Agric Food Chem*. 51: 957-963, 2003.

TEMBO, D. T.; HOLMES, M. J.; MARSHALL, L. J. Effect of thermal treatment and storage on bioactive compounds, organic acids and antioxidant activity of baobab fruit (*Adansonia digitata*) pulp from Malawi. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 58, p. 40-51, 2017.

TOMAS, M.; TOYDEMIR, G.; BOYACIOGLU, D.; HALL, R. D.; BEEKWILDER, J.; CAPANOGLU, E. Processing black mulberry into jam: Effects on antioxidant potential and in vitro bioaccessibility. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 10, p. 3106-3113, 2017.

WILLIAMS, S. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14.ed. Arlington: AOAC, 1141p, 1984.

ZHAO, X.; HE, F.; ZHANG, X. K.; SHI, Y.; DUAN, C. Q. Impact of three phenolic copigments on the stability and color evolution of five basic anthocyanins in model wine systems. **Food Chemistry**, v. 375, p. 131670, 2020.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego da pasteurização na polpa de acerola leva a modificação da cor, aumentando a intensidade de vermelho e luminosidade, em decorrência da melhor extração e preservação do conteúdo de antocianinas e compostos fenólicos presente na polpa, que são responsáveis pelas propriedades antioxidantes atribuídas à polpa de acerola.

O branqueamento e a exposição da polpa de acerola as condições ambientes leva a perda de cor, em detrimento da exposição dos compostos fenólicos a maiores temperaturas, e principalmente da oxidação da vitamina C e degradação das antocianinas.

A adição de bentonita ao suco de acerola clarificado leva a estabilização da cor em decorrência da adsorção dos pigmentos naturais, principalmente as antocininas, por tornar estes compostos indisponíveis para reações bioquímicas. Além disso, recomenda-se a adição de 1% de bentonita (m/m) para estabilização da cor do suco.

O emprego da pasteurização na polpa de acerola leva a modificação da cor, aumentando a intensidade de vermelho e luminosidade, em decorrência da melhor extração e preservação do conteúdo de antocianinas e compostos fenólicos presente na polpa, os quais são responsáveis pelas propriedades antioxidantes atribuídas à polpa de acerola.

O branqueamento e a exposição da polpa de acerola as ( $25 \pm 5$  °C) por 36 h leva a perda de cor, em detrimento da exposição dos compostos fenólicos a maiores temperaturas, e principalmente da oxidação da vitamina C e degradação das antocianinas.

A adição de bentonita, na concentração de 1%, ao suco de acerola clarificado é eficiente na estabilização da cor devido à adsorção das antocianinas as partículas de argila, evitando assim a sua oxidação e degradação durante o armazenamento.