



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos



# DIFERENTES PROCESSAMENTOS DE MOLHO DE PIMENTA JALAPENHO (*Capsicum annuum* var. *annuum* “jalapenho”)

**Carla Adriana Ferrari Artilha**

Maringá

2021

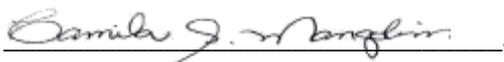
**CARLA ADRIANA FERRARI ARTILHA**

**DIFERENTES PROCESSAMENTOS DE MOLHO DE PIMENTA JALAPENHO**  
(*Capsicum annuum* var. *annuum* “jalapenho”)

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, para obtenção do grau de Mestre emm Ciência de Alimentos.



**Profa. Dra.** Lucineia Aparecida Cestari Tonon



**Profa. Dra.** Camila Sampaio Mangolim



**Profa. Dra.** Grasielle Scaramal Madrona

**Orientadora**

Maringá

2021

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

A791d

Artilha, Carla Adriana Ferrari

Diferentes processamentos de molho de pimenta jalapenho (*Capsicum annuum* var. *annuum* "jalapenho") / Carla Adriana Ferrari Artilha. -- Maringá, PR, 2021.  
47 f.: il. color., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Grasielle Scaramal Madrona.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2021.

1. Pasteurização. 2. Termossonificação. 3. Ultrassom. 4. Compostos bioativos. 5. Atividade antioxidante. I. Madrona, Grasielle Scaramal, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.

CDD 23.ed. 664

Márcia Regina Paiva de Brito - CRB-9/1267

## **BIOGRAFIA**

Carla Adriana Ferrari Artilha nasceu em vinte e seis de novembro de mil novecentos e oitenta e cinco na cidade de Araçongas no Estado do Paraná. Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) finalizada no ano de 2009. Possui especialização em Gestão da Qualidade pela Universidade Norte do Paraná (UNOPAR) e experiência nas áreas de qualidade e desenvolvimento de produtos alimentícios atuando principalmente nos seguintes temas: molhos emulsionados e não emulsionados, temperos, condimentos e especiarias; fabricação de biscoitos laminados, moldados e amanteigados; embutidos cárneos, carnes em salmoura, cortes temperados, suplementos alimentares (encapsulados e em pós), implantação de programas de Gestão da Qualidade (Programas de Autocontrole, Manuais de Boas Práticas, APPCC, POP's, documentos correlatos e outros), desenvolvimento de rótulos e formulações de alimentos.

**Dedico**  
À Deus,  
Aos meus pequerruchos, Felipe e Matias.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá, a Capes e ao CNPq, através do Programa de Pós Graduação em Ciência e de Alimentos pela bolsa de estudos concedida.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos pelos ensinamentos, em especial a minha orientadora: Grasielle Scaramal Madrona, pela disposição em me orientar e apoiar, e principalmente pela compreensão e empatia diante das dificuldades que tive durante o percurso do Mestrado.

Aos colegas do grupo Innova Food Product pela disponibilidade ensinar as metodologias e a utilizar equipamentos.

Aos amigos e colegas da Pós-Graduação, pelo apoio e incentivo.

A Apito Alimentos pelas amostras de pimenta jalapenho gentilmente cedidas.

Ao Luiz Antonio, pelo carinho e pelos ensinamentos profissionais, principalmente em formular molhos.

A toda a minha família que sempre esteve torcendo por mim, com apoio, amor e orações! Com muito carinho ao meu marido, Tarcísio, por estar ao meu lado e facilitar meus estudos ao cuidar do nosso pequeno Felipe e de nosso sustento, e especialmente a minha mãe, Cida Ferrari, que sempre foi modelo de zelo, dedicação e esforço em seus trabalhos, a quem sempre me inspirou a fazer algo “bem-feito” e principalmente, quem nunca mediu esforços em ajudar-me quando precisei.

Aos meus amigos que mantenho em meu coração e sempre estão ao meu lado quando preciso: Francielle, Talita, Rafael, Maurício, Anna, Fernanda, Giordana, Alinne, Poliani.

A mim, pela coragem e vontade em sempre querer adquirir conhecimento.

A minha intercessora e Rainha, Maria, minha mãe amada.

Unicamente a Ele, Deus-Pai, Deus-Filho, Deus-Espírito-Santo, meu Senhor!

## APRESENTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado está apresentada na forma de dois artigos científicos:

1. Carla Adriana Ferrari Artilha, Grasielle Scaramal Madrona. Caracterização da composição centesimal, físico-químico, perfil bioativo e da capacidade antioxidante da pimenta jalapenho (*Capsicum annuum* var. *annuum* jalapenho)

Submetido e aceito pela revista: Research, Society and Development  
Qualis A3 em Ciência de Alimentos.

2. Carla Adriana Ferrari Artilha-Mesquita, Grasielle Scaramal Madrona, Letícia Misturini Rodrigues. Ultrasonification and thermosonification applied in the jalapeno pepper sauce (*Capsicum annuum* var. *annuum*) processing

A submeter a revista: Food and Bioproducts Processing  
Qualis A2 em Ciência de Alimentos.

## RESUMO GERAL

### INTRODUÇÃO

As pimentas do gênero *Capsicum* spp. são especiarias apreciadas no mundo e na cultura gastronômica como ingredientes para fins alimentícios, nutracêuticos, medicinais, defesa química, propriedades farmacológicas e cosméticas. Propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e efeitos benéficos à saúde são relatados em diversos estudos e atribuídos ao seu rico perfil em carotenoides, compostos fenólicos, flavonoides e capsaicinoides. O molho líquido é uma das principais práticas de consumo das pimentas, que pode ser processado de modo artesanal ou industrial, representada principalmente pela pimenta jalapenho (*Capsicum annuum* var. *annuum* “jalapenho”) que é a pimenta mais utilizada para produção de molhos por possuir frutos maiores, paredes de polpa mais espessas, coloração vermelha intensa, pungência média e aroma acentuado e alta rentabilidade da polpa para a agroindústria brasileira. Os molhos de pimenta devem apresentar alto padrão de qualidade, e para isso, devem ser processados em etapas padronizadas, utilizando matéria-prima de alta qualidade, tratamento térmico adequado (pasteurização), condições adequadas de envase e de armazenamento, etc. Entretanto, processamentos térmicos convencionais utilizados em produtos alimentícios, como a pasteurização, apresentam pontos negativos devido a demanda do tempo, perda de alguns nutrientes, desenvolvimento de sabor indesejável e à deterioração da qualidade dos produtos alimentícios, alto consumo de energia e baixa eficiência de produção. Por outro lado, novas tecnologias como a utilização do ultrassom para processamento e preservação de compostos nutricionais e bioativos vêm ganhando relevância pelo resultado de sua eficácia quando comparada com os métodos tradicionais, uma vez que estes processos podem ser melhorados e aperfeiçoados com base nos efeitos da cavitação e quando associados com outros métodos, em sinergia com a temperatura (termossonificação), a ultrassonificação é frequentemente mais eficaz, oferecendo vantagens em termos de produtividade, rendimento e seletividade, com melhor tempo de processamento, melhor qualidade, riscos químicos e físicos reduzidos, pureza do produto final, preservação do valor nutricional e características organolépticas, redução do custo geral do processamento, substituição de tecnologias convencionais à base de calor, além de ser ecologicamente correto e com elevado grau de segurança.

### OBJETIVOS

Esta pesquisa teve como objetivo primordial comparar o efeito dos processos de ultrassonificação e a termossonificação em diferentes tempos com a pasteurização convencional no processamento de molhos de pimenta jalapenho, avaliando seus perfis composicional, físico-químico, bioativo, sua influência na capacidade antioxidante e o tempo de processo; e suplementarmente, caracterizar a composição centesimal, físico-químico, perfil de compostos bioativos e atividade antioxidante da pimenta jalapenho *in natura*.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Os molhos de pimenta foram produzidos a partir de 10 kg de pimenta jalapenho adquiridos em um lote único, transformando os frutos em polpas de modo similar ao processamento artesanal (polpa A, com cozimento de 65°C a 20 minutos) e industrial (polpa B, sem cozimento). A seguir, as polpas foram trituradas e homogeneizadas com os demais ingredientes da formulação, e os processamentos de ultrassonificação, termossonificação e pasteurização foram aplicados nos dois tipos de molho produzidos: molhos A (com tratamento de cozimento) e molhos B (sem tratamento de cozimento), sendo identificados como molhos AP e BP (pasteurizados), AUS15 e BUS15 (ultrassonificados por 15 min), AUS30 e BUS30 (ultrassonificados por 30 min), ATS15 e BTS15 (termossonificados por 15 min) e ATS30 e BTS30 (termossonificados por 30 min). A composição centesimal e físico-química foi realizada para os molhos e a para pimenta jalapenho: teor de proteína pelo método de Kjeldahl, teor de lipídios pelo método de Bligh &

Dyer, umidade e cinzas por diferença de peso das amostras, teor carboidratos foi calculado pela diferença dos componentes, o teor de acidez foi realizado por titulação, o pH por potenciometria, os sólidos solúveis por refratometria, a atividade de água foi determinada pela leitura do equipamento Aqualab® e a análise de cor foi avaliada pelas coordenadas do sistema CIEL  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ , pelo ângulo  $h^\circ$  de tonalidade. Os molhos de pimenta jalapenho foram submetidos a análise de variação global de cor ( $\Delta E^*$ ) e de identificação de compostos bioativos, por espectrofotometria de massa UHPLC-MS/MS. Para os compostos bioativos dos molhos e da pimenta jalapenho, determinou-se os teores de flavonoides totais, compostos fenólicos totais, carotenoides totais por meio de metodologias da literatura. A atividade antioxidante foi realizada através dos métodos de DPPH, FRAP e ABTS para os extratos aquosos dos molhos e do fruto de pimenta jalapenho. As análises foram realizadas em triplicata e submetidas à análise estatística de variância e ao teste de Tukey para a diferença mínima significativa ( $p < 0,05$ ) entre as médias pelo o programa estatístico Sisvar 5.6 e as curvas de calibração para as análises antioxidantes foram realizadas no programa GraphPrism 5. Para os molhos de pimenta, calculou-se ainda a correlação de Pearson em algumas análises, para fim de comparação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos de pimenta jalapenho demonstraram possuir características nutricionais (umidade: 89,76 g.100g<sup>-1</sup>, cinzas: 0,68 g.100g<sup>-1</sup>, proteínas: 1,48 g.100g<sup>-1</sup>, lipídios: 0,62 g.100g<sup>-1</sup>, carboidratos totais: 7,47 g.100g<sup>-1</sup>) e físico-químicas (acidez: 0,41 g de ácido cítrico.100g<sup>-1</sup>, pH: 5,01, SST: 8,26 g.100g<sup>-1</sup>,  $a_w$ : 0,95, tonalidade ( $h^\circ$ ) de 55,17°,  $L^*$  de 27,00,  $a^*$  de 22,81 e  $b^*$  de 32,79) que favorecem seu uso no processamento de derivados de pimenta, além de ser uma expressiva fonte de compostos bioativos (3,79 mg.100g<sup>-1</sup> de  $\beta$ -caroteno, 2,72 mg.100g<sup>-1</sup> de licopeno, CFT de 474,64 mg EAG.100g<sup>-1</sup> e flavonoides totais de 112,88 mg EQ.100g<sup>-1</sup>), com teores de compostos superiores à outras pimentas do gênero. A atividade antioxidante foi demonstrada pelos métodos: DPPH (360,00  $\mu$ M ET.g<sup>-1</sup>), ABTS (107,40  $\mu$ M ET.g<sup>-1</sup>) e FRAP (121,47  $\mu$ M ESF.g<sup>-1</sup>). Em geral, os molhos de pimenta jalapenho apresentou valores próximos para os perfis composicional (umidade: 95,10 g.100g<sup>-1</sup>, cinzas: 2,65 g.100g<sup>-1</sup>, carboidratos totais: 1,57 g.100g<sup>-1</sup>, proteínas: 0,43 g.100g<sup>-1</sup> e lipídios: 0,24 g.100g<sup>-1</sup>) e físico-químico (acidez: 1,31 g.100<sup>-1</sup>g de ácido acético.100<sup>-1</sup>g, pH: 3,35, SST: 6,01 g.100<sup>-1</sup>g,  $a_w$ : 0,92, brilho ( $L^*$ ): 28,28, coordenada  $a^*$ : 19,22, coordenada  $b^*$ : 42,36,  $h^\circ$ : 65,38° e  $\Delta E^*$ : 8,32) e superior em compostos bioativos em relação a outros dados relatados na literatura. O perfil de compostos bioativos apresentou teor de carotenoides totais de 2,39 mg.100g<sup>-1</sup> de  $\beta$ -caroteno, 141,83 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de compostos fenólicos e 50,40 mg EQ.100g<sup>-1</sup> de flavonoides totais. A atividade antioxidante pelos métodos DPPH foi de 201,00  $\mu$ M ET.g<sup>-1</sup>, FRAP de 1,78  $\mu$ mol ESF.g<sup>-1</sup> e ABTS de 3,65  $\mu$ M ET.g<sup>-1</sup>. Em relação aos processamentos aplicados, observou-se que os tratamentos pouco interferiram na composição centesimal e físico-química, apesar de apresentarem diferenças estatísticas em algumas análises. A maior variação global de cor foi percebida no molho BUS30 ( $\Delta E^*$ : 15,47), associada à uma exposição prolongada do ultrassom, enquanto que os demais molhos não apresentaram diferença estatística. Os molhos de pimentas demonstraram ser boas fontes de compostos bioativos (carotenoides, compostos fenólicos e flavonoides), enquanto que a capacidade antioxidante apresentou correlação com estes compostos, indicando que estes contribuíram para atividade antioxidante dos molhos e que também outros compostos em sinergia podem estar relacionados. A termossonificação nos tempos de 15 e 30 minutos contribuíram para o aumento no teor de proteínas, cinzas, sólidos solúveis, acidez e aumentaram o conteúdo de compostos fenólicos e flavonoides em comparação a ultrassonificação (15 e 30 minutos). Os molhos termossonificados por 30 min apresentaram maiores valores de carotenoides, juntamente ao molho termossonificado por 15 min com cozimento prévio. O método DPPH foi melhor evidenciado na termossonificação (15 e 30 minutos), o método ABTS demonstrou maior atividade na ultrassonificação (15 e 30 minutos), enquanto que o método FRAP apresentou maior atividade para ultrassonificação e

termossonificação (15 e 30 minutos) nos molhos A e no molho B, apenas a termossonificação 30 minutos obteve maior atividade.

### **CONCLUSÕES**

De uma forma geral, os processamentos de termossonificação de 15 e de 30 minutos demonstraram-se equivalentes em relação a pasteurização, sendo que em alguns casos, houve incremento no conteúdo dos macronutrientes, parâmetros físico-químicos e nos compostos bioativos, demonstrando que estes processamentos foram favoráveis para a fabricação dos molhos de pimenta jalapenho visto que o processo de alimentos deve ser otimizado para prevenir ou reduzir a degradação de compostos que apresentem potenciais benefícios à saúde humana, garantido sua biodisponibilidade. Por essas razões, os resultados sugerem a utilização do processamento por termossonificação de 15 minutos como um tratamento mais eficaz de prevenção de perdas dos compostos nutricionais, bioativos e físico-químico dos molhos quando comparadas ao tratamento convencional de pasteurização.

**PALAVRAS-CHAVE:** Atividade antioxidante; Compostos bioativos; Pasteurização; Termossonificação; Ultrassom.

## GENERAL ABSTRACT

### INTRODUCTION

*Capsicum* spp. peppers are spices appreciated in the world and in gastronomic culture as ingredients for food, nutraceutical, medicinal, chemical defense, pharmacological and cosmetic properties. Antioxidant, anti-inflammatory properties and beneficial effects on health are reported in several studies and derived from its rich profile in carotenoids, phenolic compounds, flavonoids and capsaicinoids. The liquid sauce is one of the main consumption practices of peppers, which can be processed by hand or industry, mainly represented by jalapeno pepper (*C. annuum* var. *annuum* "jalapeno"), which is the most used pepper for the production of sauces for having larger fruits, thicker pulp walls, intense red color, medium pungency and accentuated aroma and high pulp profitability for the Brazilian agroindustry. Pepper sauces must have a high standard of quality, and for that, they must be processed in standardized steps, using high-quality raw material, adequate heat treatment (pasteurization), proper filling and storage conditions, etc. However, thermal processing used in food products, such as pasteurization, has negative points due to the demand of time, loss of some nutrients, undesirable flavor development and deterioration in the quality of food products, high energy consumption and low energy efficiency production. On the other hand, new technologies such as the use of ultrasound for processing and preservation of nutritional and bioactive compounds are gaining relevance due to their effectiveness when compared to traditional methods, since these processes can be improved and improved based on the effects of cavitation and when associated with other methods, in synergy with temperature (thermosonication), ultrasonification is often more effective, offering advantages in terms of productivity, yield and selectivity, with better processing time, better quality, reduced chemical and physical risks, purity of the final product, preservation of nutritional value and organoleptic characteristics, reduction in the overall cost of processing, replacement of conventional heat-based technologies, in addition to being ecologically correct and with a high degree of security.

### AIMS

The primary objective of this research was to compare the effect of ultrasonification and thermosonification processes at different times with conventional pasteurization in the processing of jalapeno pepper sauces, evaluating their compositional, physicochemical, bioactive profiles, their influence on antioxidant capacity and time of process; and, additionally, to characterize the proximate, physicochemical composition, bioactive compounds profile and antioxidant activity of fresh jalapeno pepper.

### MATERIAL AND METHODS

The pepper sauces were produced from 10 kg of jalapeno pepper purchased in a single batch, transforming the fruits into pulps in a similar way to artisanal (pulp A, cooked at 65°C to 20 minutes) and industrial (pulp B, without) processing. cooking). Then, the pulps were crushed and homogenized with the other ingredients of the formulation, and the ultrasonification, thermosonification and pasteurization processes were applied to the two types of sauce produced: A sauces (with cooking treatment) and B sauces (without cooking treatment), being identified as AP and BP sauces (pasteurized), AUS15 and BUS15 (ultrasonified for 15 min), AUS30 and BUS30 (ultrasonified for 30 min), ATS15 and BTS15 (thermosonified for 15 min) and ATS30 and BTS30 (thermosonified for 30 min). The centesimal and physical-chemical composition was performed for the sauces and for the jalapeno pepper: protein content by the Kjeldahl method, lipid content by the Bligh & Dyer method, moisture and ash by sample weight difference, carbohydrate content was calculated by the difference of the components, the acidity content was performed by titration, the pH by potentiometry, the soluble solids by refractometry, the water activity was determined by reading the Aqualab® equipment and the color analysis was evaluated by the coordinates of the CIEL system a\*, b\*, L\* and the color

tone by the angle  $h^\circ$ . The jalapeno pepper sauces were subjected to analysis of global color variation ( $\Delta E^*$ ) and for identification of bioactive compounds, by mass spectrophotometry UHPLC-MS/MS. The bioactive compounds of sauces and jalapeno pepper, the levels of total flavonoids, total phenolic compounds, and total carotenoids were determined using methodologies from the literature. Antioxidant activity was performed using the DPPH, FRAP and ABTS methods for the aqueous extracts of the sauces and the fruit of the jalapeno pepper fruit. The analyzes were performed in triplicate and subjected to statistical analysis of variance and the Tukey test for the minimum significant difference ( $p < 0.05$ ) between the means by the Sisvar 5.6 statistical program and the calibration curves for the antioxidant analyzes were performed in the GraphPrism 5 program. For pepper sauces, Pearson's correlation was also calculated in some analyzes, for comparison purposes.

## RESULTS AND DISCUSSION

The jalapeno pepper fruits showed nutritional characteristics (moisture:  $89.76 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , ash:  $0.68 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , proteins:  $1.48 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , lipids:  $0.62 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , total carbohydrates:  $7.47 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) and physical-chemical (acidity:  $0.41 \text{ g}$  of citric acid. $100\text{g}^{-1}$ , pH: 5.01, TSS:  $8.26 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , aw: 0.95, hue ( $h^\circ$ ) of  $55.17^\circ$ ,  $L^*$  of 27.00,  $a^*$  of 22.81 and  $b^*$  of 32.79) which favor its use in the processing of pepper derivatives, in addition to be an expressive source of bioactive compounds ( $3.79 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$  of  $\beta$ -carotene,  $2.72 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$  of lycopene, TPC of  $474.64 \text{ mg GAE}\cdot 100\text{g}^{-1}$  and total flavonoids of  $112.88 \text{ mg QE}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ), with higher compound contents than other peppers of the genus. The antioxidant activity was demonstrated by the methods: DPPH ( $360.00 \mu\text{M TE}\cdot \text{g}^{-1}$ ), ABTS ( $107.40 \mu\text{M TE}\cdot \text{g}^{-1}$ ) and FRAP ( $121.47 \mu\text{M FSE}\cdot \text{g}^{-1}$ ). In general, jalapeno pepper sauces presented similar values for the compositional profiles (moisture:  $95.10 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , ash:  $2.65 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , total carbohydrates:  $1.57 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , proteins:  $0.43 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  and lipids:  $0.24 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) and physicochemical (acidity:  $1.31 \text{ g}$  of acetic acid.  $100\text{g}^{-1}$ , pH: 3.35, SST:  $6.01 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , aw: 0.92, brightness ( $L^*$ ): 28.28, coordinate  $a^*$ : 19.22, coordinate  $b^*$ : 42.36,  $h^\circ$ :  $65.38^\circ$  and  $\Delta E^*$ : 8.32) and higher in bioactive compounds compared to other data reported in the literature. The bioactive compounds profile showed a total carotenoid content of  $2.39 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$  of  $\beta$ -carotene,  $141.83 \text{ mg GAE}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  of phenolic compounds and  $50.40 \text{ mg}$  of  $\text{QE}\cdot 100\text{g}^{-1}$  of total flavonoids. The antioxidant activity by the methods: DPPH was  $201.00 \mu\text{M TE}\cdot \text{g}^{-1}$ , FRAP of  $1.78 \mu\text{mol FSE}\cdot \text{g}^{-1}$  and ABTS of  $3.65 \mu\text{M TE}\cdot \text{g}^{-1}$ . Regarding the applied processing, it was observed that the treatments had little interference in the proximate and physical-chemical composition, despite showing statistical differences in some analyses. The greatest global variation in color was observed in the BUS30 sauce ( $\Delta E^*$ : 15,47), associated with prolonged exposure to ultrasound, while the other sauces did not show statistical difference. Pepper sauces proved to be good sources of bioactive compounds (carotenoids, phenolic compounds and flavonoids), while the antioxidant capacity was correlated with these compounds, indicating that they contributed to the antioxidant activity of the sauces and that other compounds in synergy may also be related. Thermosonification in times of 15 and 30 minutes contributed to the increase in the content of proteins, ash, soluble solids, acidity and increased the content of phenolic compounds and flavonoids compared to ultrasonification (15 and 30 minutes). The sauces thermosonified for 30 min showed higher values of carotenoids, together with the sauce thermosonified for 15 min with previous cooking. The DPPH method was better evidenced in thermosonification (15 and 30 minutes), the ABTS method showed greater activity in ultrasonification (15 and 30 minutes), while the FRAP method showed greater activity for ultrasonification and thermosonification (15 and 30 minutes) in sauces A and in sauce B, only the 30-minute thermosonification obtained greater activity.

## CONCLUSIONS

In general, the thermosonification processing of 15 and 30 minutes proved to be equivalent in relation to pasteurization, and in some cases, there was an increase in the content of macronutrients, physico-chemical parameters and in bioactive compounds, demonstrating that

these processes were favorable for the manufacture of jalapeno pepper sauces since the food process must be optimized to prevent or reduce the degradation of compounds that have potential benefits to human health, ensuring their bioavailability. For these reasons, the results suggest the use of 15-minute thermosonification processing as a more effective treatment to prevent losses of nutritional, bioactive and physicochemical compounds in sauces when compared to conventional pasteurization treatment.

**KEYWORDS:** Antioxidant activity; Bioactive compounds; Pasteurization; Thermosonification; Ultrasound.

## ARTIGO 1

Research, Society and Development, v. 10, n. 2, e56410212785, 2021  
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12785>

**Caracterização da composição centesimal, físico-química, compostos bioativos e capacidade antioxidante da pimenta jalapenho (*Capsicum annuum* var. *annuum* jalapenho)**

**Characterization of the centesimal composition, physicochemical, bioactive compounds and antioxidant capacity of jalapeno pepper (*Capsicum annuum* var. *annuum* jalapenho)**

**Caracterización de la composición centesimal, físicoquímica, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del chile jalapeño (*Capsicum annuum* var. *annuum* jalapenho)**

Recebido: 09/02/2021 | Revisado: 12/02/2021 | Aceito: 22/02/2021 | Publicado: 28/02/2021

**Carla Adriana Ferrari Artilha-Mesquita**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8165-4863>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: [c.artilha@yahoo.com.br](mailto:c.artilha@yahoo.com.br)

**Grasiele Scaramal Madrona**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8837-8424>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: [grasiele@yahoo.com](mailto:grasiele@yahoo.com)

**Resumo**

A pimenta *Capsicum* spp. é uma especiaria utilizada de diversas formas na alimentação, *in natura* ou industrializada, e em várias culturas gastronômicas. O rico perfil bioativo e de propriedade antioxidante atribuídos as pimentas destaca a espécie *Capsicum annuum* var. *annuum* “jalapenho” por apresentar características sensoriais e nutricionais que favorecem seu consumo e processamento industrial. Este trabalho teve como objetivo principal caracterizar a pimenta jalapenho (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) em sua composição centesimal, físico-química, de compostos bioativos e capacidade antioxidante. Os resultados demonstraram que o fruto de pimenta jalapenho apresentou valor nutricional semelhante as pimentas de sua espécie e também de outras espécies. As análises físico-química expressam resultados desejáveis para o processamento de produtos derivados da pimenta, com acidez moderada ( $0,41 \pm 0,01 \text{ g.100g}^{-1}$ ) e tonalidade incidindo entre o laranja e vermelha ( $h^{\circ} = 55,17$ ). A atividade antioxidante foi demonstrada através dos métodos de DPPH, FRAP e ABTS para os extratos aquosos do fruto de pimenta jalapenho com  $360,00 \pm 5,00 \mu\text{M ET.g}^{-1}$ ,  $121,47 \pm 2,54 \mu\text{M ESF.g}^{-1}$  e  $107,40 \pm 1,16 \mu\text{M ET.g}^{-1}$ , respectivamente, obtendo maior atividade pelos métodos FRAP e ABTS. Os compostos bioativos apresentaram teores de  $474,64 \pm 12,26 \text{ mg EAG.100g}^{-1}$  de compostos fenólicos,  $112,88 \pm 0,36 \text{ mg EQ.100g}^{-1}$  de flavonoides totais,  $3,79 \pm 0,26 \text{ mg.100g}^{-1}$  de  $\beta$ -caroteno e  $2,72 \pm 0,19 \text{ mg.100g}^{-1}$  de licopeno, demonstrando que a pimenta jalapenho é uma fonte expressiva destes compostos bioativos sendo uma matéria-prima de interesse para indústria de alimentos.

**Palavras-chave:** Carotenoides; Valor nutricional; Atividade antioxidante.

**Abstract**

*Capsicum* spp. is a spice used in different ways in food, fresh or industrialized, and in various gastronomic cultures. The rich bioactive profile and antioxidant properties attributed to peppers highlights the species *Capsicum annuum* var. *annuum* "jalapenho" for presenting sensory and nutritional characteristics that favor its consumption and industrial processing. The main aim of this work was to characterize the jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) in its centesimal composition, physicochemical, bioactive compounds and antioxidant capacity. The results showed that the fruit of the jalapeño pepper presented a nutritional value similar to peppers of its species and also of other species. The physical-chemical analyzes express desirable results for the processing of products derived from pepper, with

moderate acidity ( $0.41 \pm 0.01 \text{ g.100g}^{-1}$ ) and hue between orange and red ( $h^\circ = 55.17$ ). The antioxidant activity was demonstrated by the methods of DPPH, FRAP and ABTS for the aqueous extracts of the jalapeño pepper fruit with  $360.00 \pm 5.00 \mu\text{M TE.g}^{-1}$ ,  $121.47 \pm 2.54 \mu\text{M FSE.g}^{-1}$  and  $107.40 \pm 1.16 \mu\text{M TE .g}^{-1}$ , respectively, obtaining higher activity by the FRAP and ABTS methods. The bioactive compounds showed levels of  $474.64 \pm 12.26 \text{ mg GAE.100g}^{-1}$  of phenolic compounds,  $112.88 \pm 0.36 \text{ mg QE.100g}^{-1}$  of total flavonoids,  $3.79 \pm 0.26 \text{ mg.100g}^{-1}$   $\beta$ -carotene and  $2.72 \pm 0.19 \text{ mg.100g}^{-1}$  lycopene, demonstrating that the jalapeño pepper is an expressive source of these bioactive compounds and is a raw material of interest for the food industry.

**Keywords:** Carotenoids; Nutritional value; Antioxidant activity.

### Resumen

*Capsicum* spp. es una especie utilizada de diferentes formas en la alimentación, fresca o industrializada, y en diversas culturas gastronómicas. El rico perfil bioactivo y las propiedades antioxidantes atribuidas a los pimientos destaca la especie *Capsicum annuum* var. *annuum* “jalapeño” por presentar características sensoriales y nutricionales que favorecen su consumo y procesamiento industrial. Este trabajo tuvo como objetivo principal caracterizar el chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) en su composición centesimal, fisicoquímica, de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante. Los resultados mostraron que el fruto del chile jalapeño mostró un valor nutricional similar al de los pimientos de su especie y también de otras especies. Los análisis físico-químicos expresan resultados deseables para el procesamiento de productos derivados del pimiento, con acidez moderada ( $0.41 \pm 0.01 \text{ g.100g}^{-1}$ ) y tonalidad entre naranja y rojo ( $h^\circ = 55.17$ ). La actividad antioxidante se demostró mediante los métodos de DPPH, FRAP y ABTS para los extractos acuosos del fruto de chile jalapeño con  $360,00 \pm 5,00 \mu\text{M ET.g}^{-1}$ ,  $121,47 \pm 2,54 \mu\text{M ESF.g}^{-1}$  y  $107,40 \pm 1,16 \mu\text{M ET .g}^{-1}$ , respectivamente, obteniendo mayor actividad por los métodos FRAP y ABTS. Los compuestos bioactivos mostraron niveles de  $474.64 \pm 12.26 \text{ mg EAG.100g}^{-1}$  de compuestos fenólicos,  $112.88 \pm 0.36 \text{ mg EQ.100g}^{-1}$  de flavonoides totales,  $3.79 \pm 0.26 \text{ mg.100g}^{-1}$   $\beta$ -caroteno y  $2.72 \pm 0.19 \text{ mg.100g}^{-1}$  licopeno, demostrando que el chile jalapeño es una fuente expresiva de estos compuestos bioactivos y es una materia prima de interés para la industria alimentaria.

**Palabras clave:** Carotenoides; Valor nutricional; Actividad antioxidante.

## 1. Introdução

Os frutos de pimentas (*Capsicum* spp.) são especiarias apreciadas amplamente no mundo e na cultura gastronômica como ingredientes para fins alimentícios (Soldan, 2020), nutracêuticos (Bogusz et al., 2018), medicinais (Barduzzi, 2011; Soldan, 2020), defesa química (Razuck & Razuck, 2020), propriedades farmacológicas e cosméticas (Carneiro et al., 2020).

Originárias das Américas, as pimentas se expandiram para outras regiões do mundo a partir do século XVI, entre as populações europeias e os povos indígenas (Rufino & Penteado, 2006). As pimentas são pertencentes à família Solanaceae, atualmente, as espécies de pimentas do gênero *Capsicum* abrangem 35 espécies, com base na classificação taxonômica (Carrizo García et al., 2016), e de acordo com o nível de domesticação, apenas cinco são largamente cultivadas e utilizadas pelo homem: *Capsicum annuum*; *C. baccatum*; *C. chinense*; *C. frutescens* e *C. pubescens*, sendo que a *C. pubescens* não é cultivada no Brasil.

O grupo varietal *Capsicum annuum* var. *annuum* “jalapeño”, popularmente conhecida como pimenta-jalapeño ou simplesmente jalapeño possui o fruto bem definido e robusto, com formato cônico, de cor avermelhada quando madura e com peculiares estrias brancas distribuídas nas paredes grossas de seu corpo, apresenta pungência média 30.000 a 40.000 SHU (Longatti, 2019; Gomes et al., 2019), com aroma ligeiramente frutado e é uma das variedades mais utilizadas para processamento industrial. Seu consumo alimentar acontece da forma convencional e por indústrias alimentícias que as processam como ingrediente, desde o uso como pimenta *in natura*, no formato de polpas (moídas, trituradas, com ou sem sementes) puras, fermentadas ou em salmouras; pimentas desidratadas; pimentas defumadas, em conservas, congeladas, em pó e como constituinte nas formulações, na forma de aromas (extratos hidroalcolólicos e oleoresinas), corantes, condimentos preparados, e principalmente, na forma de molhos.

As pimentas do gênero *Capsicum* são consideradas como fontes de compostos bioativos e de atividade antioxidante, como carotenoides, compostos fenólicos, vitamina C e capsaicinoides (Zhuang et al., 2012; Loizzo et al., 2015), e ao que se sabe, há pouco conhecimento disponível sobre a atividade antioxidante e dos compostos bioativos presentes em pimentas jalapenho (*Capsicum annuum* var. *annuum* “jalapenho”). Os antioxidantes são capazes de neutralizar os radicais livres e prevenir as ações envolvidas nos processos de oxidação. Além disso, ácidos fenólicos, flavonoides e terpenos são os principais compostos bioativos que tem relação com as atividades antioxidantes e anti-inflamatórias encontradas em ervas e especiarias (Rubió, Motilva, & Romero, 2013). Vale ressaltar que os níveis destes compostos podem variar de acordo com o genótipo, estágios de maturação e condições durante o crescimento e pós-colheita (Meckelmann et al., 2015; Bortolin et al., 2016; Bogusz et al., 2018).

Alguns autores mencionam a pimenta jalapenho como fonte compostos fenólicos, vitaminas C, carotenoides, flavonoides e capsaicinoides (Loizzo et al., 2015; Longatti, 2019; Marti et al. 2011), de forma que seu prestígio está associado com a qualidade sensorial e nutricional dos frutos que são parâmetros relacionados ao conteúdo de compostos bioativos em termos de modificação de cor, aroma e sabor, além de proporcionar efeitos benéficos à saúde e prevenção de doenças relacionadas ao estresse oxidativo, cânceres e cardiopatites (Ornelas-Paz et al., 2010; Van Hung, 2016).

Neste contexto, diante das propriedades conhecidas na literatura em *Capsicum* spp., o objetivo deste trabalho foi avaliar as características da pimenta jalapenho (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) em sua composição centesimal, físico-química e do perfil bioativo, bem como determinar sua atividade antioxidante.

## 2. Metodologia

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Innovative Food Product, da Universidade Estadual de Maringá (UEM) entre o período de julho de 2019 a dezembro de 2020. A metodologia usada neste artigo se configura como uma pesquisa de natureza quantitativa e experimental por se tratar da coleta de dados numéricos através de medições de grandezas em suas respectivas unidades, utilizando-se metodologias específicas e analisadas estatisticamente para verificar a relação entre as variáveis (Pereira, Shitsuka, Parreira, & Shitsuka, 2018).

### 2.1 Matéria-prima

A pimenta jalapenho (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) *in natura* foi adquirida de um produtor rural do Município de Ainhumas, Estado de São Paulo, Brasil num total de 10 kg. Os frutos da pimenta foram da safra de julho de 2019, em um lote único. Após a aquisição, os frutos foram selecionados em estágio de maturação fisiológica completa (maduras e vermelhas), classificados com a presença do pedúnculo para posteriormente serem extirpados (Figura 1), lavados com água potável, sanitizados com hipoclorito de sódio (200 mg. L<sup>-1</sup>) por imersão de 15 minutos, secas em papel absorvente, e posteriormente congeladas a -18°C até o momento de sua utilização. Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico.

**Figura 1.** Frutos de pimenta jalapenho (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) sem o pedúnculo.



Fonte: autores.

## 2.2 Parâmetros de qualidade físico-químicas e composição centesimal

As determinações analíticas de umidade, cinzas, proteínas (micro Kjeldahl), acidez, pH e sólidos solúveis foram realizadas de acordo com os métodos do IAL (2008). Os carboidratos foram quantificados por diferença, o teor de lipídios foi analisado conforme o método de extração de Bligh-Dyer (Cecchi, 1999). A determinação da atividade de água (aW) foi realizada em equipamento Aqualab®, Braseq®, as determinações de cor foram realizadas em colorímetro portátil (Minolta CR400) pelo sistema CIEL \* a \* b \*. O ângulo h° de tonalidade foi calculado com base na equação (1) (Arend et al., 2017). Todas as análises foram realizadas na pimenta triturada sem adição de água.

$$\begin{aligned} h^\circ &= \text{tang}^{-1} (b^*/a^*), \text{ quando } a^* > 0 \text{ e } b^* \geq 0 \text{ ou} \\ h^\circ &= 180 + \text{tang}^{-1} (b^*/a^*), \text{ quando } a^* < 0 \end{aligned} \quad (\text{Eq. 1})$$

## 2.3 Determinação da atividade antioxidante e compostos bioativos

A determinação de compostos fenólicos totais foi realizada utilizando os reagentes Folin-Ciocalteu e carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) (Singleton & Rossi, 1965; Pierpoint 2004). A absorvância foi verificada em espectrofotômetro (Femto, modelo 700 Plus) a 725 nm após 30 minutos de incubação a 25 ° C. O ácido gálico foi utilizado como padrão para a curva de calibração. Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico (EAG).100g<sup>-1</sup> do produto. A atividade antioxidante pelo método de redução do radical estável DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila) foi determinada pelo método colorimétrico a 515 nm (Thaipong et al., 2006) em espectrofotômetro (Femto, modelo 700 Plus) e o Trolox foi utilizado como padrão para a curva de calibração. Os resultados foram expressos em µM de Trolox equivalente. g<sup>-1</sup> produto.

A capacidade antioxidante no método ABTS foi realizada utilizando um ensaio colorimétrico (Nenadis et al., 2004). A absorvância foi verificada em espectrofotômetro (Femto, modelo 700 Plus) a 734 nm após 6 minutos de incubação a 25 ° C. Uma curva de calibração foi preparada utilizando uma solução padrão de trolox e os resultados expressos em µM Trolox equivalente. g<sup>-1</sup> produto.

O poder antioxidante de redução de ferro (FRAP) foi realizado segundo Thaipong et al. (2006). A absorvância foi verificada em espectrofotômetro (Femto, modelo 700 Plus) a 595 nm e os resultados foram expressos em µM sulfato ferroso. g<sup>-1</sup> produto.

A determinação dos flavonoides totais foi realizada pelo ensaio colorimétrico (Allothman, Bhat, & Karim, 2009). A absorbância foi verificada em espectrofotômetro (Femto, modelo 700 Plus) a 510 nm. A curva de calibração foi preparada usando uma solução padrão de quercetina e os resultados foram expressos em mg de quercetina equivalente.100g<sup>-1</sup> de produto.

A determinação dos carotenoides foi pela metodologia de Rodríguez-Amaya (2001). A absorbância foi verificada em espectrofotômetro (Femto, modelo 700 Plus) a 470nm para licopeno e a 450 nm para o betacaroteno. A equação 2 é utilizada para o cálculo da quantidade do licopeno e beta-caroteno nas amostras em µg.g<sup>-1</sup> e convertidas para mg.100g<sup>-1</sup>, no qual A = absorbância da solução no comprimento de onda de 470 nm para o licopeno e de 450 nm para o betacaroteno, V = volume final da solução;  $A_{1cm}^{1\%}$  = coeficiente de extinção ou coeficiente de absorvidade molar de um pigmento em um determinado solvente específico (3450 para o licopeno e 2592 para o betacaroteno) e M= massa da amostra tomada para a análise.

$$\frac{\mu g}{g} = \frac{A.V.10^6}{A_{1cm}^{1\%}.M.100} \quad (\text{Eq.2})$$

## 2.4 Análise estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata e submetidas à análise estatística de variância e ao teste de Tukey para a diferença mínima significativa (p <0,05) entre as médias pelo o programa estatístico Sisvar 5.6. As curvas de calibração para as análises antioxidantes foram realizadas no programa GraphPrism 5.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Caracterização da pimenta jalapenho

A composição centesimal e físico-química dos frutos maduros de pimenta jalapenho (*C. annuum* var. *annuum* “jalapenho”) em base úmida estão apresentadas na Tabela 1. A água constitui o principal componente do fruto (89,76%) e os carboidratos a maior parte do extrato seco (7,47%). Lutz e Freitas (2008) apresentaram valores de composição centesimal de pimenta jalapenho de 1,5g.100g<sup>-1</sup> de proteínas, de 0,8g.100g<sup>-1</sup> de lipídios, 10,4g.100g<sup>-1</sup> de carboidratos e Mendoza-Sánchez et al. (2015) encontraram para frutos maduros de pimenta jalapenho, o teor de umidade na faixa de 84,80 a 89,90 g.100g<sup>-1</sup>, teor de cinzas de 0,50 g.100g<sup>-1</sup> ligeiramente inferior ao do estudo e carboidratos entre 7,9 a 9,9 g.100g<sup>-1</sup>; Hwang et al. (2012) em análise de pimentões vermelhos (*Capsicum annuum* L.) relataram níveis de 1,63g.100<sup>-1</sup> de proteínas e 0,61g.100<sup>-1</sup> de lipídios que são valores bem próximos para proteínas e lipídios e levemente maior de teor carboidratos. As análises dos constituintes apresentaram valores esperados para este o fruto de pimenta com valores similares aos dos estudos citados acima do mesmo fruto de espécie e variedade.

**Tabela 1.** Composição centesimal e parâmetros de qualidade físico-química da pimenta jalapenho

Composição centesimal	Valor (g.100g <sup>-1</sup> )
Umidade	89,76 ± 0,08
Cinzas	0,68 ± 0,02
Proteínas	1,48 ± 0,13
Carboidratos	7,46 ± 0,04
Lipídios	0,62 ± 0,04
Composição físico-química	Valor (g.100g <sup>-1</sup> )
Acidez <sup>1</sup>	0,41 ± 0,01
pH	5,01 ± 0,15
Atividade de água (aW)	0,95 ± 0,10
Sólidos solúveis	8,26 ± 0,07

*Nota.* Os dados são expressos como médias ± desvios padrão. <sup>1</sup> Expresso em gramas de ácido cítrico.100g<sup>-1</sup>. Fonte: autores.

A caracterização e o conhecimento dos atributos da composição físico-química são relevantes, pois contribuem com dados e informações a respeito do sabor e textura dos frutos de pimenta jalapenho. De acordo com os resultados, a pimenta jalapenho demonstra ser um fruto com acidez moderada e pH levemente ácido. Esta variável é de grande importância para a fabricação de molhos e conservas de pimenta, uma vez que eles são acidificados no final do processo para redução do pH e controle microbiológico, e, pimentas com pH mais ácido facilitam a manutenção da padronização desses produtos. Esses valores vêm de encontro com as faixas de valores encontrados em outros estudos desta pimenta com acidez de 0,36 a 0,48 g.100g<sup>-1</sup>, ph entre 4,84 a 5,36 (Ragassi et al., 2019).

O teor de sólidos solúveis apresentou valores um pouco acima dos resultados relatados pelos autores Ragassi et al. (2019) de 5,65 g.100g<sup>-1</sup> e Gomes et al. (2019) de 7,50 g.100g<sup>-1</sup>, contudo, um fator importante a ser associado para o teor de sólidos solúveis e carboidratos é a data da colheita do fruto, que se relaciona com seu estágio de maturação, uma vez que uma colheita antecipada pode prejudicar o acúmulo de açúcares, visto que o teor de sólidos solúveis geralmente aumenta durante a maturação pela biossíntese ou degradação de polissacarídeos (Chitarra & Chitarra, 2005).

A atividade de água representa a água livre presente nos alimentos e disponível para reações metabólicas. Para os frutos de pimenta jalapenho o valor foi de 0,95 ± 0,01 que é um valor significativamente elevado, visto que valores acima de 0,90 são considerados alimentos com alta atividade. Quando comparado com os valores citados por Mendoza-Sánchez et al. (2015) de 0,97 a 0,98 em pimentas jalapenho maduras, observa-se uma pequena redução que segundo o autor pode estar relacionada as reações de ordem química e biológica, como a concentração de ácidos orgânicos envolvidos no ciclo de Krebs para o amadurecimento do fruto.

A leitura dos valores para os parâmetros de brilho (L\*) foi de 27,00 ± 2,02, a tendência para o vermelho (a \*) foi de 22,81 ± 0,58 e para o amarelo (b \*) 32,79 ± 2,18. A tonalidade média dos frutos de pimentas foi definida pelo ângulo de cor “h°” situado no primeiro quadrante onde encontra-se a tonalidade vermelha com valor igual a 55,17°. Ornela-Paz et al. (2010) obtiveram os parâmetros de (a\*) igual 41,30 e (b\*) de 40,90 para pimentas jalapenhas vermelhas *in natura* e a tonalidade com ângulo h° de 44,72. Borguini (2006) relatou faixas de ângulos de 54,78° a 71,98° para tomates orgânicos, que são frutos da família Solanaceae.

**Figura 2.** Corte longitudinal da pimenta jalapenho madura.



Fonte: autores.

De acordo com o ângulo calculado, a tonalidade do fruto incidiu entre o laranja próximo ao vermelho. A cor é considerada um parâmetro importante para seleção de frutos e para a produção de molhos de pimenta jalapenho. Os frutos são consumidos verdes ou vermelhos, porém, quando os frutos estão maduros eles apresentam cor da polpa que varia do laranja ao vermelho (figura 2) e cor externa vermelho-tijolo com brilho mais opaco que são atributos considerados ideais para o seu processamento.

### 3.2 Atividade antioxidante e compostos bioativos

A concentração de compostos bioativos e a atividade antioxidante dos frutos maduros de pimenta jalapenho (*C. annuum* var. *annuum* “jalapenho”) em base úmida estão apresentados na Tabela 2. Os teores de carotenoides totais apresentaram  $3,79 \pm 0,26$  mg. $100g^{-1}$  de  $\beta$ -caroteno e  $2,72 \pm 0,19$  mg. $100g^{-1}$  de licopeno. Esses valores ficam acima aos valores informados por Gomes et al. (2014) que encontraram valores de  $0,5$  mg. $100g^{-1}$  em pimentas jalapenhas vermelhas cultivadas em campo, ao pleno sol; por Hwang et al. (2012) que obteve valores de  $1,39$  mg/100 g de  $\beta$ -caroteno em pimentões vermelhos (*Capsicum annuum* L.) e Borguini (2006) que relatou  $1,53$  a  $2,09$  mg. $100g^{-1}$  de licopeno em tomates convencionais e orgânicos. Soldan (2020) também avaliou o teor de  $\beta$ -caroteno e licopeno em amostras de oleoresina de resíduos de pimenta jalapenho utilizando acetona como solvente, as amostras obtiveram teores de  $18,69$  mg. $100g^{-1}$  de  $\beta$ -caroteno e  $8,81$  mg. $100g^{-1}$  de licopeno (ambos em base seca). O  $\beta$ -caroteno é o mais difundido de todos os carotenoides nos alimentos, seja como constituinte secundário ou principal e o licopeno o principal pigmento de muitas frutas de polpa vermelha. Além disso, outras funções foram atribuídas a uma propriedade antioxidante dos carotenoides sendo que foi observado que o licopeno acíclico é mais eficaz do que o  $\beta$ -caroteno (Rodríguez-Amaya, 2001).

**Tabela 2.** Compostos bioativos e atividade antioxidante da pimenta jalapenho

Compostos bioativos <sup>1</sup>	Valor
Flavonoides totais	112,88 ± 0,36
Fenólicos Totais	474,64 ± 12,26
Carotenoides (β-caroteno)	3,79 ± 0,26
Carotenoides (Licopeno)	2,72 ± 0,19
Atividade Antioxidante <sup>2</sup>	Valor
FRAP	121,47 ± 2,54
DPPH	360,00 ± 5,00
ABTS	107,40 ± 1,16

*Nota.* Os dados são expressos como médias ± desvios padrão. <sup>1</sup>Flavonoides totais expressos em mg eq. quercetina.100g<sup>-1</sup>; Fenólicos Totais expressos em mg EAG.100g<sup>-1</sup>; Carotenoides expressos em mg.100g<sup>-1</sup>. <sup>2</sup>DPPH expressos em μM equivalente de Trolox.g<sup>-1</sup>; ABTS expressos em μM equivalente de Trolox.g<sup>-1</sup> e FRAP expressos em μM equivalente de sulfato ferroso.g<sup>-1</sup>. Fonte: autores.

Além dos carotenoides apontados neste trabalho, os autores Agostini-Costa et al. (2017) analisaram o teor de carotenoides totais e ácido ascórbico em dois cultivares vermelhos e três amarelos de pimenta jalapenho e dois cultivares de pimenta “red bode” e “red biquinho” (*C. chinense* Jacquin) cultivadas em estufa e no campo durante o verão e a primavera. Os dados obtidos confirmaram a influência do genótipo e do meio ambiente nos compostos estudados, bem como identificaram dez carotenoides principais: β-caroteno, β-criptoxantina, zeaxantina, mutatoxantina, antheraxantina; capsantina, cis-capsantina, capsantina-5,6-epóxido, capsantina e capsorubina, destacando em maior quantidade a capsantina com 14,60 mg.100g<sup>-1</sup> e β-caroteno com 0,90 mg.100g<sup>-1</sup>. A análise realizada nos extratos aquosos de pimenta jalapenho *in natura* revelou teor de 474,64 ± 12,26 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de compostos fenólicos totais, que são níveis elevados de fenólicos quando comparados com outras espécies do gênero *Capsicum*, como por exemplo a pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) com teor de 41,31 mg EAG.100g<sup>-1</sup> (Santos, 2018) e pimenta dedo de moça (*Capsicum baccatum*) com teores entre 150 a 264 mg EAG.100g<sup>-1</sup> (Soethe, 2013) e 61,99 mg EAG.100g<sup>-1</sup> (Sampaio et al., 2020), enquanto que Mendoza-Sánchez et al. (2015) relataram em seu trabalho teores entre 349,80 a 480,30 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de compostos fenólicos em pimentas jalapenho maduras, que são similares ao encontrado neste estudo e Ornelas-Paz et al. (2010) encontraram moderados teores de 160,94 mg EAG.100g<sup>-1</sup> para pimenta jalapenho verde e 178,24 mg EAG.100g<sup>-1</sup> para pimenta jalapenho vermelha.

O conteúdo de flavonoides totais foi de 112,88 ± 0,36 mg EQ.100g<sup>-1</sup>, podendo a pimenta jalapenho ser considerada uma boa fonte deste composto. Medina-Juárez et al. (2012) relataram conteúdos inferiores de 28,77 mg EQ.100g<sup>-1</sup> para esta variedade e teores entre 25,38 a 60,36 mg eq. quercetina.100g<sup>-1</sup> para outras pimentas da mesma espécie (*Capsicum annuum* L.). Ueda (2013) descreveu 84,95 a 101,47 mg EQ.100g<sup>-1</sup> destes compostos para pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*) que é uma faixa de valores próxima da pimenta jalapenho. Existe uma escala de classificação botânica proposta pelos autores Peterson e Dwyer (1998) que especifica os alimentos conforme a concentração de flavonoides, teores entre 0,0001 a 0,039 mg.g<sup>-1</sup> são considerados baixos, teores de 0,040 a 0,099 mg.g<sup>-1</sup> como moderados e teores maiores que 0,100 mg.g<sup>-1</sup> como altos. Por esta escala, os resultados obtidos para o fruto de pimenta jalapenho podem ser inferidos na classificação como alimentos de alta concentração de flavonoides.

Essas variações entre o teor de compostos fenólicos totais e flavonoides podem ser explicadas devido as diferenças varietais entre as espécies de pimentas, mas também, a região demográfica, que inclui com o solo, o clima, diferenças entre o cultivo, estágio de amadurecimento e manipulação pós-colheita (Silva et al., 2016; Meckelmann et al., 2015).

A atividade antioxidante é classificada como a capacidade dos compostos em inibir ou neutralizar os radicais livres e existem muitos métodos para sua determinação que podem diferir nos mecanismos de reação, aplicação e complexidade (Bogusz et al., 2018). Nos frutos de pimenta jalapenho a atividade antioxidante da pimenta jalapenho conseguiu inibir em apenas 43,09% da quantidade total de radical livre DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) caracterizando uma eficiência moderada. Medina-Juárez et al. (2012) relatou uma baixíssima eficiência (8,45%) para pimenta jalapenho, enquanto que Dambros (2014) obteve uma inibição semelhante de 49,24% para frutos da pimenta dedo-de-moça (*C. baccatum*), contudo, a mesma pimenta foi avaliada por Sampaio et al. (2020), que observaram valores superiores de 88,07% quando comparado com o presente estudo e o citado na literatura.

A capacidade antioxidante de redução do ferro (FRAP) apresentou atividade antioxidante de  $121,47 \pm 2,54 \mu\text{M eq. sulfato ferroso.g}^{-1}$ . Em seu estudo, Bogusz et al. (2018) avaliou a capacidade antioxidante de diferentes genótipos de pimentas observando uma alta atividade antioxidante pelo método FRAP (expressos em mg eq. ácido gálico) de 190,00 mg.100g<sup>-1</sup> em *C. frutescens*, 169,00 mg. 100g<sup>-1</sup> em *C. chinense* e 162,00 mg. 100g<sup>-1</sup> em *C. baccatum* Pepper, e que foi aumentando conforme ocorria o amadurecimento nos dois anos de colheita.

Pelo método ABTS, a capacidade antioxidante da pimenta jalapenho apresentou maior atividade com  $107,40 \pm 1,16 \mu\text{M eq. Trolox.g}^{-1}$ , e quando comparadas com os resultados citados por Medina-Juárez et al. (2012) esses valores foram inferiores a  $20 \mu\text{M eq. Trolox.g}^{-1}$  para pimenta jalapenho,  $34,44 \mu\text{M eq. Trolox.g}^{-1}$  e  $33,60 \mu\text{M eq. Trolox.g}^{-1}$  para as pimentas Bell e Caribe, ambas da mesma espécie (*Capsicum annum L.*). Carvalho et al. (2015) estudando a atividade antioxidante de oito genótipos diferentes de pimenta, encontraram atividade variando de 46,79 a 113,08  $\mu\text{M eq. Trolox.g}^{-1}$ , com destaque para o genótipo *Capsicum annum L.* com capacidade antioxidante de 83,59  $\mu\text{M eq. Trolox.g}^{-1}$ . De acordo com os autores, o método ABTS é mais sensível em determinar a atividade de compostos lipofílicos e hidrofílicos, e neste estudo, a análise correlacionou-se positivamente com o conteúdo de compostos fenólicos ( $r = 0,930$ ;  $p < 0,05$ ).

Neste trabalho não foi verificada correlação significativa entre as análises realizadas para pimenta jalapenho. Inúmeros fatores podem ser relacionados com a ação dos compostos antioxidantes, como por exemplo, diferenças tanto na potência como na concentração de substâncias redutoras (Sim & Sil, 2008), contudo, a composição química e as estruturas dos componentes ativos são fatores importantes que regulam a eficácia dos antioxidantes naturais (Abidille et al., 2005).

#### 4. Considerações finais

O fruto de pimenta jalapenho demonstra possuir características nutricionais e físico-químicas que favorecem sua utilização no processamento para as indústrias alimentícias, e também se apresenta como uma expressiva fonte de compostos bioativos, manifestando teores de compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides superiores a outras pimentas comparadas da mesma espécie e de espécies diferentes. A capacidade antioxidante da pimenta jalapenho foi demonstrada pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP, demonstrando maior atividade para os métodos ABTS e FRAP.

São sugeridos estudos posteriores para avaliar a relação da atividade antioxidante com outros componentes fitoquímicos presentes no fruto e que podem desempenhar atividade antioxidante, como o ácido ascórbico (vitamina C) e os capsaicinoides.

## 5. Conflito de interesses

Os autores declaram que a pesquisa foi conduzida na ausência de quaisquer relações comerciais ou financeiras que possam ser interpretados como um potencial conflito de interesse.

## 6. Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Estadual de Maringá pelo apoio e estrutura para realização do projeto e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro.

## Referências

- Abidille, M. D. H., Singh, R. P., Jayaprakasha, G. K., & Jena, B. S. (2005). Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. *Food Chemistry*, 90 (4), 891-896. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.09.002>
- Allothman, M., Bhat, R., & Karim, A. A. (2009). Antioxidant Capacity and Phenolic Content of Selected Tropical Fruits from Malaysia, Extracted with Different Solvents. *Food Chemistry*, 115, 785–88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.005>
- Agostini-Costa, T. S., Gomes, I. S., Melo, L. A. M., Reifschneider, F. J. B., & Ribeiro, C. S. C. (2017). Carotenoid and total vitamin C content of peppers from selected Brazilian cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 57, 73-79. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.jfca.2016.12.020>
- Arend, G. D., Adorno, W., Rezzadori, K., Di Luccio, M., Chaves, V., Reginatto, F., & Petrus, J. (2017). Concentration of phenolic compounds from strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch) juice by nanofiltration membrane. *Journal of Food Engineering*, 201, 36-41. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.01.014.
- Barduzzi, J. F. (2011). *Extração e Quantificação da Capsaicina em Pimenta Dedo-de-moça*. (Trabalho de conclusão de curso). Instituto Municipal de Ensino Superior -FEMA, Assis, SP, Brasil. Recuperado de: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0811290529.pdf>.
- Bogusz, S. J., Libardi, S. H., Dias, F. F., Coutinho, J. P. Bochi, V. C., Rodrigues, D., Melo, A. M., & Godoy, H. T. (2018). Brazilian Capsicum peppers: capsaicinoids content and antioxidant activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 217–224. doi: 10.1002/jsfa.8459
- Borguini, R. G. (2006). *Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (Lycopersicon esculentum) orgânico em comparação ao convencional*. (Tese). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Recuperado de: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6133/tde-14082006-153722/pt-br.php>.
- Bortolin, R. C., Caregnato, F. F., Divan Junior, A. M., Zanotto-Filho, A., Moresco, K.S., Rios, A. O., Salvi, A. O., Ortmann, C. F., Carvalho, P., Reginatto, F. H., Gelain, D. P., & Moreira, J. C. (2016). Chronic ozone exposure alters the secondary metabolite profile, antioxidant potential, anti-inflammatory property, and quality of red pepper fruit from *Capsicum baccatum*. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 129, 16-24. doi: 10.1016/j.ecoenv.2016.03.004
- Carneiro, G. F. C., Lima, W. F., Mendes, G. S., Gomes, M. J. G., Mesquita, I. H. B., Silva Filho, D. R., Ximendes, J. A. F., Firmo, T. R., Ibiapina, S. I. O., Castro, E. B., Pereira, A. L., & Ribeiro, L. M. (2020). Prospecção tecnológica das propriedades farmacológicas da pimenta (*Capsicum*). In: Tescarollo, I. L. (Org.). *Farmácia e Promoção da Saúde*. (pp. 94-101). Ponta Grossa: Atena. doi 10.22533/at.ed.2452003028
- Carrizo García, C., Barfuss, M. H. J., Sehr, E. M., Barboza, G. E., Samuel, R., Moscone, E. A., & Ehrendorfer, F. (2016). Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). *Annals of Botany*, 118 (1), 35-51. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw079>
- Carvalho, A. V., Mattietto, R. A., Rios, A. O., Maciel, R. A., Moresco, K. S., & Oliveira, T. C. S. (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity of Pepper (*Capsicum* sp.) genotypes. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 7457-7464. doi 10.1007/s13197-015-1833-0
- Cecchi, H. M. (1999). *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos*. Campinas: Unicamp.
- Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. D. (2005). *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio* (2ª ed.). Lavras: FAEPE.
- Dambros, J. I. (2014). *Estabilidade de compostos potencialmente bioativos e alterações de qualidade em frutos e produtos de pimenta (Capsicum spp)*. (Dissertação). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil. Recuperado de: [http://www.dcta.create.inf.br/manager/uploads/documentos/dissertacoes/dambros\\_juliele\\_ilone\\_dissertacao\\_.2014\\_.pdf](http://www.dcta.create.inf.br/manager/uploads/documentos/dissertacoes/dambros_juliele_ilone_dissertacao_.2014_.pdf).
- Gomes, I. S., Ribeiro, C. S. C., Reifschneider, F. J. B., & Agostini-Costa, T. S. (2014). Perfil de carotenoides em *Capsicum annum* L. cv. jalapeño cultivados no campo, em pleno sol, ou em casa de vegetação, cultivo protegido. *Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos*, Santos, SP, Brasil, 3. Recuperado de: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113442/1/ResumoCBRG-371.pdf>.

- Gomes, L. M., Ribeiro, C. S. C., Ragassi, C. F., Silva, L. S. & Reifschneider, F. J. B. (2019). Advanced lines of Jalapeño pepper with potential for mechanical harvesting. *Ciência Rural*, 49 (2). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180222>.
- Hwang, I. G., Shin, Y. J., Lee, S., Lee, J., & Yoo, S. M. (2012). Effects of different cooking methods on the antioxidant properties of red pepper (*Capsicum annuum L.*). *Preventive Nutrition and Food Science*, 17 (4), 286-292. <http://dx.doi.org/10.3746/pnf.2012.17.4.286>
- Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos* (4ª ed.). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. Recuperado de: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>.
- Loizzo, M. R., Pugliese, A., Bonesi, M., Menichini, F., & Tundis, R. (2015). Evaluation of chemical profile and antioxidant activity of twenty cultivars from *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chacoense* and *Capsicum chinense*: A comparison between fresh and processed peppers. *Food Science and Technology*, 64, 623-631. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.042>
- Longati, B. F. (2019). *Melhoramento genético de pimenta do tipo Jalapeño (Capsicum annuum L.)*. (Tese). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, Brasil. Recuperado de: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-22012020-104830/publico/Bruna\\_Fernanda\\_Longati.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-22012020-104830/publico/Bruna_Fernanda_Longati.pdf).
- Lutz, D. L., & Freitas, S. C. (2008) Valor nutricional. In: Ribeiro, C. S. C., Lopes, C. A., Henz, G. P., & Reifschneider, F. J. (Eds). *Pimentas Capsicum*. (pp. 31-38). Brasília: Embrapa Hortaliças. Recuperado de: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212748/1/Pimentas-Capsicum.pdf>
- Marti, M. C., Camejo, D., Vallejo, F., Romojaro, F., Bacarizo, S., Palma, J. M., Sevilla, F., & Jiménez, A. (2011). Influence of fruit ripening stage and harvest period on the antioxidant content of sweet pepper cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, 416-423. doi 10.1007/s11130-011-0249-x
- Meckelmann, S. W., Riegel, D.W., Zonneveld, M., Rios, L., Pena, K., Mueller-Seitz, E., & Petz, M. (2015). Capsaicinoids, flavonoids, tocopherols, antioxidant capacity and color attributes in 23 native Peruvian chili peppers (*Capsicum spp.*) grown in three different locations. *European Food Research and Technology*, 240 (2), 273-283. doi 10.1007/s00217-014-2325-6
- Medina-Juárez, L. A., Molina-Quijada, D. M., Toro-Sánchez, C. L., González-Aguilar, G. A., & Gámez-Meza, N. (2012). Antioxidant activity of peppers (*Capsicum annuum L.*) extracts and characterization of their phenolic constituents. *Interciencia*, 37 (8), 588-593. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=339/33925396006>
- Mendoza-Sánchez, L. G. Mendoza-Lopez, M. R., Garcia-Barradas, O., Azuara-Nieto, E., Pascual-Pineda, L. A., & Jiménez-Fernández, M. (2015). Physicochemical and antioxidant properties of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* var. *annuum*) during storage. *Revista Chapingo: Serie Horticultura*, 21 (3), 229-241. doi: 10.5154/r.rchsh.2015.06.010
- Nenadis, N., Wang, L.; Tsimidou, M., & Zhang, H. (2004). Estimation of Scavenging Activity of Phenolic Compounds Using the ABTS+ Assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 4669-4674. <https://doi.org/10.1021/jf0400056>
- Ornelas-Paz, J. J., Martínez-Burrola, J. M., Ruiz-Cruz, S., Santana-Rodríguez, V., Ibarra-Junquera, V., Olivas, G. I., & Pérez-Martínez, J. D. (2010). Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. *Food Chemistry*, 119, 1619-1625. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.054>
- Pereira, A. S., Shitsuka, D., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da Pesquisa Científica*. UAB/NTE/UFSM. [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1)
- Peterson, J., & Dwyer, J. (1998). Taxonomic classification helps identify flavonoid-containing foods on a semiquantitative food frequency questionnaire. *Journal of the American Dietetic Association*, 98 (6), 677-685. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(98\)00153-9](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(98)00153-9)
- Pierpoint, W. S. (2004). The extraction of enzymes from plant tissues rich in phenolic compounds. *Methods in Molecular Biology*, 244, 65-74. <https://doi.org/10.1385/1-59259-655-X:65>
- Ragassi, C. F., Zucolotto, J., Gomes, L. M., Ribeiro, C. S. C., Madeira, N. R., & Reifschneider, F. J. B. (2019). Productivity, quality of fruits and architecture of Jalapeño pepper at different planting densities. *Horticultura Brasileira*, 37, 331-337. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620190312>
- Razuck, F. B., & Razuck, R. C. S. (2020). Pulverizadores de agentes químicos – a química no gás lacrimogêneo e spray de pimenta. *Revista Militar de Ciência e Tecnologia*, 37 (1), 3-10. Recuperado de: <http://ebrevistas.eb.mil.br/CT/article/view/4417/3737>
- Rodríguez-Amaya, D. B. (2001). *A guide to carotenoid analysis in food*. Washington DC: OMNI Research ILSI Human Nutrition Institute. Recuperado de: <http://beauty-review.nl/wp-content/uploads/2014/11/A-guide-to-carotenoid-analysis-in-foods.pdf>.
- Rubió, L., Motilva, M. J., & Romero, M. P. (2013). Recent advances in biologically active compounds in herbs and spices: A review of the most effective antioxidant and anti-inflammatory active principles, *Critical Reviews in Food Science Nutrition*, 53, 943-953. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2011.574802>
- Rufino, J. L., & Penteado, D. C. S. (2006). Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. *Informe Agropecuário*, 27 (235), 30-39. Recuperado de: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=780070&biblioteca=CPATSA&busca=autoria:%22RUFINO,%20J.%20L.%20dos%20S.%22&qFacets=autoria:%22RUFINO,%20J.%20L.%20dos%20S.%22&sort=&paginação=t&paginaAtual=1>
- Sampaio, P. H. O., Pereira, M. S., Dias, C. S., Rodrigues, L. M., Jacques, A. C., & Crexi, V. T. (2020). Caracterização físico-química e compostos bioativos de pimentas (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*). *Simpósio de Segurança Alimentar*, Rio Grande do Sul, Brasil, 7. Recuperado de: [http://schenautomacao.com.br/ssa7/envio/files/trabalho3\\_304.pdf](http://schenautomacao.com.br/ssa7/envio/files/trabalho3_304.pdf).

- Santos, A. S. (2018). *Características agrônômicas, físico-químicas e sensoriais de linhagens de pimenta biquinho cultivadas em sistema orgânico*. (Dissertação). Universidade Federal de São Carlos, Araras, SP, 2018. Recuperado de: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/9706?show=full>.
- Soethe, C. (2013). *Caracterização físico-química e de compostos funcionais de pimenta dedo-de-moça 'BRS Mari' em função do estágio de maturação e tempo de armazenamento*. (Dissertação). Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2013. Recuperado de: [https://www.udesc.br/arquivos/cav/id\\_cpmenu/1347/Disserta\\_\\_oCristinaSoetheCD\\_15676040535477\\_1347.pdf](https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1347/Disserta__oCristinaSoetheCD_15676040535477_1347.pdf).
- Soldan, A. C. F. (2020). *Extração supercrítica de oleorresina de resíduo de pimento Capsicum annum (jalapenho)*. (Dissertação). Universidade Federal de Uberlândia, Belo Horizonte, MG, 2020. Recuperado de: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/29715/1/ExtracaoSupercriticaOleorresina.pdf>.
- Silva, R. P. F. F., Rocha-Santos, T. A. P., & Duarte, A. C. (2016). Supercritical fluid extraction of bioactive compounds. *TrACTrends in Analytical Chemistry*, 76, 40-51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trac.2015.11.013>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16 (3), 144–158. Recuperado de: <http://garfield.library.upenn.edu/classics1985/A1985AUG6900001.pdf>
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Byrne, D.H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 669–675. doi:10.1016/j.jfca.2006.01.003
- Ueda, M. T. (2013). *Compostos bioativos em pimentas: diferença entre variedades e efeito do cozimento*. (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, SP, 2013. Recuperado de: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/121636>.
- Van Hung, P. (2016) Phenolic compounds of cereals and their antioxidant capacity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56 (1), 25-35. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.708909>
- Zhuang, Y., Chen, L., Sun, L., & Cao, J. (2012). Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers. *Journal of Functional Foods*, 4, 331-338. doi:10.1016/j.jff.2012.01.001

## ARTIGO 2

Ultrassonificação e termossonificação aplicadas no processamento de molho de pimenta jalapenho (*Capsicum annuum* var. *annuum*)

Ultrasonification and thermosonification applied in the jalapeno pepper sauce (*Capsicum annuum* var. *annuum*) processing

### Resumo

Este trabalho teve como objetivo utilizar ultra (US) e termossonificação (TS) nos tempos de 15 e 30 min no processamento de molhos de pimenta jalapenho em comparação com o processo de pasteurização tradicional. Os molhos foram produzidos conforme o processamento artesanal (cozimento prévio - molhos A) e industrial (sem cozimento - molhos B). Os resultados demonstram que, em geral, os molhos apresentaram-se como boas fontes de compostos fenólicos ( $141,83 \pm 0,10$  mg EAG.100g<sup>-1</sup>), flavonoides ( $50,40 \pm 0,30$  mg eq.quercetina.100g<sup>-1</sup>) e carotenoides ( $2,39 \pm 0,07$  mg.100g<sup>-1</sup> de  $\beta$ -caroteno) quando comparados com outros derivados e tipos de pimentas. A tonalidade dos molhos estende-se do vermelho ao laranja e maior diferença global de cor ( $\Delta E = 15,47 \pm 2,12$ ) foi observada no molho BUS30. Os molhos termossonificados tiveram um aumento no teor de proteínas com 84% (BTS30), nos carotenoides em cerca de 25% (ATS15 e ATS30) e na atividade antioxidante (FRAP) com cerca de 12% e 13% (ATS30 e BTS30) em relação ao controle (pasteurização) e um aumento em torno de 76% (BTS30) e 65% (BTS15) no teor de proteínas, 25% (ATS30) e 22% (ATS15) de cinzas, 11% (BTS30) e 10% (BTS15) no teor de SST, 11% (ATS30), 8% (ATS15) de acidez, 14% (BTS30) e 10% (ATS15, ATS30 e BTS15) de fenólicos totais e 55% (BTS15) e 53% (BTS30) de flavonoides quando comparadas com a ultrassonificação. Por ambos tratamentos demonstrarem eficiência (TS15 e TS30), o uso da termossonificação de 15 minutos é indicado na prevenção de perdas dos compostos bioativos dos molhos quando comparadas ao tratamento de pasteurização.

**Palavras-chave:** Compostos bioativos; Pasteurização, Valor nutricional.

### Abstract

This work aimed to use ultra (US) and thermosonification (TS) at 15 and 30 min in the processing of jalapeno pepper sauces in comparison with the traditional pasteurization. The sauces were produced according to artisanal (with previous cooking - sauces A) and industrial (without cooking - sauces B) processing. The results demonstrate that, in general, the sauces were good sources of phenolic compounds ( $141.83 \pm 0.10$  mg EAG.100g<sup>-1</sup>), flavonoids ( $50.40 \pm 0.30$  mg QE.100g<sup>-1</sup>) and carotenoids ( $2.39 \pm 0.07$  mg.100g<sup>-1</sup> of  $\beta$ -carotene) when compared to other derivatives and types of peppers. The sauces showed a hue ranging from red to orange, and a greater overall Color difference ( $\Delta E = 15.47 \pm 2.12$ ) was observed in the sauce BUS30. Thermosonified sauces had a increase in protein content with 84% (BTS30), carotenoids by about 25% (ATS15 and ATS30) and antioxidant activity (FRAP) with about 12% and 13% (ATS30 and BTS30) in relation to control (pasteurization) and an increase of around 76% (BTS30) and 65% (BTS15) in protein content, 25% (ATS30) and 22% (ATS15) of ash, 11% (BTS30) and 10% (BTS15) in SST content, 11% (ATS30), 8% (ATS15) acidity, 14% (BTS30) and 10% (ATS15, ATS30 and BTS15) of total phenolics and 55% (BTS15) and 53% (BTS30) of flavonoids When compared to ultrasound. As both treatments demonstrate efficiency (TS15 and TS30), the use of 15-minute thermosonification is indicated to prevent losses of bioactive compounds in the sauces when compared to the pasteurization treatment.

**Keywords:** Bioactive compounds; Pasteurization; Nutritional value.

## 1. Introdução

As pimentas do gênero *Capsicum* têm grande aceitabilidade em receitas culinárias, principalmente quando integram molhos ou como condimentos. Uma das principais práticas de consumo das pimentas é na forma de molho líquido, sendo que as mesmas podem ser processadas de modo artesanal ou industrial. A escolha da pimenta para a produção dos molhos dependerá da formulação do fabricante, grau de ardência e perfil de público desejado, e de acordo Ribeiro & Henz (2008), pimentas que apresentem características que favoreçam a elaboração de uma polpa mais rica em sólidos solúveis, água, coloração vermelha intensa, pungência média, aroma acentuado, como a pimenta jalapenho (*Capsicum annuum* var. *annuum* “jalapenho”) são ideais para esse processamento de molhos.

O conteúdo bioativo e a capacidade antioxidante em pimentas jalapenhas relatados em alguns estudos trazem indicações de que elas são fonte de compostos benéficos relacionados à saúde, como os carotenoides, compostos fenólicos, flavonoides, vitaminas C e capsaicinoides, além de apresentar conteúdo nutricional que contribuem para as características sensoriais do fruto (Loizzo et al. 2015, Longatti 2019, Marti et al. 2011, Ornelas-Paz et al. 2010).

Segundo os dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division – FAOSTAT (2021), a produção mundial de *Capsicum* spp. em 2019, atingiu 38,02 milhões de toneladas em área de 1,99 milhões de hectares, destacando-se a China, México, Turquia, Indonésia e Espanha como os maiores produtores e o México como maior consumidor de pimenta jalapenho (Sandoval-Castro 2017). No Brasil, estima-se que a produção anual seja de 0,28 milhões de toneladas em área de 0,013 milhões de hectares (Pinto & Donzele 2020), sendo percebido um aumento expressivo nos últimos anos para a produção agrícola de pimenta jalapenho próxima as regiões de indústrias processadoras de molho (Gomes et al. 2019), que apresentam produtividade em torno de 41,9 a 78,8 t.ha<sup>-1</sup> (Ragassi et al. 2019). O aumento deste cultivo está associado ao interesse econômico das indústrias alimentícias devido ao seu alto rendimento agroindustrial da polpa, e especialmente, pelas suas características sensoriais que favorecem a fabricação de molhos e conservas.

O molho de pimenta sempre teve importância na culinária nacional e internacional, principalmente nos países da América. No Brasil, o sistema de produção de molhos industrializados ainda é incipiente, contudo, existe uma parcela considerável de molhos artesanais no mercado, confeccionados principalmente por produtores rurais, embora não seja seguido um padrão de identidade e qualidade especificamente, visto que esses padrões variam conforme a legislação de cada país, estado ou município. Desta forma, para obter molhos de pimenta com alto padrão de qualidade, tanto artesanal como industrial, devem-se considerar fatores como utilização de matéria-prima de alta qualidade, condições adequadas de envase e de armazenamento, emprego de tratamento térmico adequado (pasteurização), informações de rotulagem, entre outros (Furtado & Dutra 2012).

Os processamentos térmicos convencionais utilizados nos molhos, como a pasteurização e a esterilização, são amplamente utilizados para a inativação de microrganismos patogênicos e enzimas, contudo, estes métodos têm pontos negativos, visto que, demandam tempo, levam à perda de nutrientes, ao desenvolvimento de sabor indesejável, à deterioração da qualidade dos produtos alimentícios (Rana et al. 2017), alto consumo de energia e baixa eficiência de produção, exigindo grandes níveis de insumos externos (Barba 2017). Nesse sentido, alimentos processados que apresentam qualidade sensorial e nutritiva, agregados com segurança microbiológica e estabilidade após seu processamento, despertam o interesse das indústrias por novos processamentos que proporcionem o resultado esperado e mais atenção à prevenção e perdas de compostos saudáveis decorrentes do processamento dos alimentos.

Logo, tecnologias emergentes como a utilização do ultrassom para processamento e preservação de compostos nutricionais e bioativos vêm ganhando relevância pelo resultado de sua eficácia quando comparada com os métodos tradicionais, uma vez que estes processos podem ser melhorados e aperfeiçoados com base nos efeitos da cavitação (Chemat et al. 2011),

e quando associados com outros métodos, em sinergia com a temperatura (termossonificação), torna-se mais eficaz (Rana et al. 2017), oferecendo vantagens em termos de produtividade, rendimento, seletividade, melhor tempo de processamento, melhor qualidade e pureza do produto final, riscos químicos e físicos reduzidos (Verruck & Prudencio 2018), preservação do valor nutricional e características organolépticas, redução do custo geral de processamento, substituição de tecnologias convencionais à base de calor, além de ser ecologicamente correto e com elevado grau de segurança (Bhargava et al. 2021, Chemat et al. 2011).

Mediante as práticas de processamento de molhos de pimenta existentes, o presente trabalho teve como objetivo comparar o efeito dos processos de ultrassonificação e termossonificação em diferentes tempos com a pasteurização convencional na composição centesimal, parâmetros físico-químicos e compostos bioativos de molho de pimenta jalapenho.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Matéria-prima

Os frutos da pimenta jalapenho (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) *in natura* foram obtidos na safra de julho de 2019 em um lote único de 10 kg. As pimentas foram adquiridas de um produtor rural do Município de Ainhumas, Estado de São Paulo, Brasil, e após o recebimento, os frutos de pimenta foram selecionados em função do seu estágio de maturação fisiológica completa (maduras e vermelhas) e classificados com a presença do pedúnculo. Os frutos foram higienizados com água potável e hipoclorito de sódio (200 mg. L<sup>-1</sup>) por imersão durante 15 minutos, secos em papel absorvente e posteriormente congeladas a -18°C (Artilha-Mesquita & Madrona 2021). Os demais ingredientes utilizados no preparo do molho foram adquiridos no comércio local. Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico.

### 2.2 Processamento do molho de pimenta

Para a produção do molho de pimenta foram produzidos dois lotes de polpa de modo similar ao processamento artesanal (polpa A) e industrial (polpa B). O processamento do fruto integral (casca, polpa e sementes) ocorreu da seguinte forma: a polpa de pimenta A foi produzida a partir do tratamento térmico (com cozimento prévio durante 20 minutos a 65°C) da pimenta *in natura* com água na proporção de 1:1 e posteriormente triturado em um mixer de inox (Oster, Modelo 2619). A polpa de pimenta B foi produzida sem o cozimento da pimenta *in natura*, ou seja, foi diretamente triturada em um mixer de inox (Oster, Modelo 2619), na proporção de 2:1 de pimenta e água.

Para a produção dos molhos, os teores de sólidos solúveis das polpas A e B foram ajustados, de modo que a formulação teve a seguinte proporção: água (62,5%), polpa da pimenta (25%), sal (2,5%) e vinagre (10%). Os ingredientes foram adicionados em um béquer de vidro e homogeneizados por cinco minutos a 10 rpm com agitador mecânico (Fisatom, Modelo 713). Após a etapa da homogeneização, os molhos permaneceram em banho-maria (Ultracleaner1650 Unique, 40 kHz frequency, 120 Watts), para receber o tratamento indicado de acordo com as variáveis de tempo e temperatura estabelecidas na Tabela 1, que foram escolhidas baseadas em trabalhos prévios. Após este procedimento, os molhos foram resfriados a 25°C e as amostras foram acondicionadas em potes de vidros, protegidas com filme plástico preto e congeladas a -18°C para as análises posteriores.

Tabela 1. Relação dos molhos obtidos avaliados conforme o tratamento e as variáveis de tempo e temperatura.

Molho A <sup>1</sup>	Molho B <sup>2</sup>	Tratamento	Temperatura	Tempo
Controle AP	Controle BP	Pasteurização	65°C	30 min
AUS15	BUS15	Ultrassonificação	25°C	15 min
AUS30	BUS30	Ultrassonificação	25°C	30 min
ATS15	BTS15	Termossonificação	65°C	15 min
ATS30	BTS30	Termossonificação	65°C	30 min

<sup>1</sup> Molhos que passaram pela etapa prévia de cozimento; <sup>2</sup> Molhos sem cozimento térmico.

### 2.3 Parâmetros de composição centesimal e físico-química

Todas as análises foram realizadas nos molhos logo após processamento.

**Umidade:** A determinação de umidade foi realizada utilizando o aquecimento da amostra em temperatura de 105°C (IAL 2008).

**Carboidratos:** A quantificação foi realizada por diferença, ou seja % Carboidrato = (100 - proteína + lipídio + umidade + cinza).

**Lipídeos:** A determinação de lipídios foi realizada utilizando o método de extração com solvente a frio de Bligh & Dyer (Cecchi 1999).

**Proteínas:** A determinação de proteínas foi realizada utilizando o aquecimento da amostra em método de microKjeldahl (IAL 2008).

**Cinzas:** A determinação de cinzas foi realizada utilizando o aquecimento da amostra em temperatura de 550°C (IAL 2008).

**Acidez Titulável:** A determinação de acidez foi realizada utilizando solução de fenolftaleína e hidróxido de sódio 0,1 M (IAL 2008).

**pH:** A determinação de pH foi realizada por ensaio eletrométrico utilizando potenciômetro (Tecnal pH Mater). A leitura foi realizada diretamente nas amostras de molho de pimenta.

**Teor de Sólidos Solúveis:** A determinação de sólidos solúveis foi estimada por refratometria, utilizando refratômetro digital (Refratômetro HI 96801, Hanna Instruments). Três gotas da amostra homogeneizada foram transferidas para o prisma do refratômetro e a leitura foi corrigida em relação à temperatura (IAL 2008). Os resultados foram expressos em grau Brix.

**Determinação da Atividade de Água:** A atividade de água (aW) foi realizada em um equipamento Aqualab®, Braseq®. Foram transferidos cerca de 15 mL das amostras para a cubeta do equipamento e a leitura foi realizada a 25°C.

**Cor:** As determinações de cor foram realizadas em um colorímetro portátil (Minolta CR400), com esfera de integração e ângulo de visão de 30°, isto é, iluminação d / 3 e iluminador D65. O sistema utilizado foi CIEL \* a \* b \*. Luminosidade (L\*), intensidade de cor vermelha (a\*) e intensidade de amarelo (b\*) foram registradas. O ângulo h° de tonalidade foi calculado com base na equação (1) e a variação global de cor ( $\Delta E^*$ ) foi calculada de acordo com a equação (2) (Arend et al. 2017).

$$\begin{aligned} h^\circ &= \tan^{-1}(b^*/a^*), \text{ quando } a^* > 0 \text{ e } b^* \geq 0 \text{ ou} \\ h^\circ &= 180 + \tan^{-1}(b^*/a^*), \text{ quando } a^* < 0 \end{aligned} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta \alpha^{*2} + \Delta \beta^{*2}} \quad (\text{Eq. 2})$$

#### 2.4 Análise de compostos bioativos

As amostras foram diluídas em água e filtradas à vácuo, com auxílio de balão de kitassato, funil de Buchner e bomba à vácuo (Primatec, modelo 131).

Compostos fenólicos totais (CFT): a determinação foi realizada utilizando os reagentes Folin-Ciocalteu e carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) (Singleton & Rossi 1965, Pierpoint 2004). A absorbância foi verificada em espectrofotômetro (Femto, modelo 700 Plus) a 725 nm após 30 minutos de incubação a 25 ° C. O ácido gálico foi utilizado como padrão para a curva de calibração. Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico (EAG)  $\cdot 100\text{g}^{-1}$  do produto.

Flavonoides totais (FT): a determinação foi realizada pelo ensaio colorimétrico utilizando cloreto de alumínio ( $\text{AlCl}_3$ ), nitrito de sódio ( $\text{NaNO}_2$ ) e hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) (Allothman et al. 2009). A absorbância foi verificada imediatamente em espectrofotômetro (Femto, modelo 700 Plus) a 510 nm. A curva de calibração foi preparada usando uma solução padrão de quercetina e os resultados foram expressos em mg de quercetina equivalente (QE)  $\cdot 100\text{g}^{-1}$  de produto.

Carotenoides totais (CT): foi quantificada seguindo a metodologia descrita por Rodríguez-Amaya (2001). Para os extratos de molho de pimenta jalapenho foram pesados 10 g da amostra e homogeneizadas com 30 mL de álcool isopropílico e 10 mL de hexano por 5 minutos. A solução resultante foi decantada com 85mL de água destilada por 30 minutos e o sobrenadante foi transferido para balão volumétrico de 50 mL contendo 5mL de acetona e completado com hexano. A absorbância foi verificada em espectrofotômetro (Femto, modelo 700 Plus) a 450nm. A concentração de carotenoides foi determinada pela equação 3, onde 'a' é a largura da cubeta (cm) e 'b' é o quociente entre a amostra inicial (10g) e o volume final da diluição (50ml). Os resultados foram expressos em  $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$

$$\text{Carotenoides} = (100 * \text{ABS}_{450}) / (250 * a * b) \quad (\text{Eq.3})$$

Compostos bioativos por UHPLC-MS/MS: primeiramente, as amostras de molhos de pimentas foram liofilizadas e congeladas durante 48h a -10 °C e posteriormente, foram submetidas à liofilização por 2 dias para assegurar a secagem completa (Liofilizador L108, Liobras). Os produtos secos foram colocados em embalagens de vidro e armazenados sob congelamento (-18°C). O ensaio foi realizado por espectrofotometria de massa UHPLC-MS/MS. As amostras foram ressuspensas em 500  $\mu\text{L}$  de água/acetoneitrila (1:1; v:v) e 3  $\mu\text{L}$  de cada amostra foi injetado em um sistema de cromatografia líquida de alta performance (Shimadzu Nexera X2, Japão). A separação cromatográfica foi em coluna Acquity UPLC® CSH C18 (50 mm x 2,1 mm, 1,7  $\mu\text{m}$ ; Waters, EUA) a 40°C. A fase móvel foi uma mistura gradiente de solventes: A ( $\text{H}_2\text{O}$  com 0,1% ácido fórmico, v:v) e B (acetoneitrila), com uma eluição de gradiente linear realizado da seguinte forma: 5% B 0-1 min, 70% B 1-10 min, 98% B 12-16 min e mantido a 5% B 16-20 min (Oldoni et al. 2019). A fonte de ionização foi operada em modo positivo e negativo ajustado em 4500 V (porém só apresentou resultado no modo positivo). O fluxo de gás de dessolvatação foi de 8 L/min a 180 °C e pressão de 4 bar. Os dados foram coletados em m/z 50 a 1300 com 5 Hz de taxa de aquisição, sendo que os 5 íons mais intensos foram selecionados e fragmentados automaticamente (Auto MS/MS). A energia de colisão foi 15-40

eV (OLDONI et al., 2019). Os dados foram analisando utilizando o programa Hystar Application software version 3.2 and Otof Control (Bruker Daltonics Corporation, Alemanha).

Poder antioxidante de redução de ferro (FRAP): a determinação foi realizada utilizando os reagentes TPTZ (2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina), tampão de acetato 0,3M e cloreto férrico 20 mM (Thaipong et al. 2006). A absorbância foi verificada em espectrofotômetro (Femto, modelo 700 Plus) a 595 nm após 30 minutos em banho-maria a 37°C e os resultados foram expressos em  $\mu\text{M}$  sulfato ferroso.  $\text{g}^{-1}$  produto.

Atividade antioxidante pelo método DPPH: a determinação do radical estável DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila) foi determinada pelo método colorimétrico a 515 nm (Thaipong et al. 2006). A absorbância foi verificada após 1 hora de encubação no escuro a 25 °C, com leituras realizadas em espectrofotômetro (Femto, modelo 700 Plus). O Trolox foi utilizado como padrão para a curva de calibração, os resultados foram expressos em  $\mu\text{M}$  de equivalente Trolox.  $\text{g}^{-1}$  produto.

Capacidade antioxidante pelo método ABTS: a determinação foi realizada utilizando um ensaio colorimétrico com os reagentes ABTS [2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6- ácido sulfônico)] e persulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) (Nenadis et al. 2004). A absorbância foi verificada em espectrofotômetro (Femto, modelo 700 Plus) a 734 nm após 6 minutos de incubação a 25 °C. Uma curva de calibração foi preparada utilizando uma solução padrão de trolox, os resultados foram expressos em  $\mu\text{M}$  equivalente trolox.  $\text{g}^{-1}$  produto.

## 2.5 Análise Estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata e submetidas à análise estatística de variância e ao teste de Tukey para a diferença mínima significativa ( $p < 0,05$ ) entre as médias pelo o programa estatístico Sisvar 5.6. Calculou-se ainda a correlação de Pearson em algumas análises, para fim de comparação. As curvas de calibração para as análises antioxidantes foram realizadas no programa GraphPrism 5.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Composição centesimal e físico-química

O molho de pimenta jalapenho apresentou média para as análises de umidade de 95,10  $\pm$  0,13, cinzas de 2,65  $\pm$  0,03, carboidratos de 1,57  $\pm$  0,13, proteínas 0,43  $\pm$  0,02 e lipídios de 0,24  $\pm$  0,01 em 100g de molho em base úmida (Tabela 2).

Tabela 2. Composição centesimal dos diferentes métodos de processamento em molhos de pimenta jalapenho.

Molhos	Carboidratos	Proteínas	Lipídios	Umidade	Cinzas
AP <sup>1</sup>	2,34 <sup>a</sup> $\pm$ 0,08	0,42 <sup>cd</sup> $\pm$ 0,02	0,30 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,01	94,03 <sup>e</sup> $\pm$ 0,09	2,91 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,01
AUS15	1,26 <sup>b</sup> $\pm$ 0,16	0,20 <sup>f</sup> $\pm$ 0,02	0,25 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,05	96,03 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,13	2,26 <sup>d</sup> $\pm$ 0,00
AUS30	1,16 <sup>b</sup> $\pm$ 0,14	0,23 <sup>f</sup> $\pm$ 0,03	0,15 <sup>e</sup> $\pm$ 0,03	96,30 <sup>a</sup> $\pm$ 0,14	2,16 <sup>d</sup> $\pm$ 0,01
ATS15	1,37 <sup>b</sup> $\pm$ 0,08	0,50 <sup>cd</sup> $\pm$ 0,02	0,18 <sup>de</sup> $\pm$ 0,01	95,18 <sup>c</sup> $\pm$ 0,09	2,77 <sup>b</sup> $\pm$ 0,03
ATS30	2,64 <sup>a</sup> $\pm$ 0,56	0,65 <sup>b</sup> $\pm$ 0,04	0,25 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,03	93,88 <sup>e</sup> $\pm$ 0,55	2,88 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,06
BP <sup>2</sup>	1,62 <sup>b</sup> $\pm$ 0,15	0,16 <sup>f</sup> $\pm$ 0,01	0,34 <sup>a</sup> $\pm$ 0,04	94,93 <sup>cd</sup> $\pm$ 0,13	2,95 <sup>a</sup> $\pm$ 0,03
BUS15	1,59 <sup>b</sup> $\pm$ 0,18	0,24 <sup>f</sup> $\pm$ 0,02	0,21 <sup>cde</sup> $\pm$ 0,02	95,51 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,11	2,46 <sup>c</sup> $\pm$ 0,16
BUS30	1,24 <sup>b</sup> $\pm$ 0,25	0,54 <sup>c</sup> $\pm$ 0,07	0,23 <sup>cd</sup> $\pm$ 0,02	95,46 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,14	2,53 <sup>c</sup> $\pm$ 0,02
BTS15	1,19 <sup>b</sup> $\pm$ 0,17	0,68 <sup>b</sup> $\pm$ 0,04	0,28 <sup>b</sup> $\pm$ 0,01	95,06 <sup>c</sup> $\pm$ 0,18	2,79 <sup>b</sup> $\pm$ 0,01
BTS30	1,44 <sup>b</sup> $\pm$ 0,23	0,99 <sup>a</sup> $\pm$ 0,03	0,29 <sup>b</sup> $\pm$ 0,01	94,47 <sup>de</sup> $\pm$ 0,25	2,84 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,01
<b>Média</b>	1,57 $\pm$ 0,13	0,43 $\pm$ 0,02	0,24 $\pm$ 0,01	95,10 $\pm$ 0,13	2,65 $\pm$ 0,03

*CV	0,15	0,08	0,09	0,00	0,02
-----	------	------	------	------	------

Os dados são expressos como médias  $\pm$  desvios padrão. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a nível de significância de 5%. \*CV = coeficiente de variação entre as amostras tratadas, <sup>1</sup>AP = molho controle com etapa de cozimento; <sup>2</sup>BP = molho controle sem etapa de cozimento. Os tratamentos de ultrassonificação foram realizados a 25°C e a termossonificação e pasteurização a 65°C.

De um modo geral, o molho de pimenta jalapenho apresentou valores próximos a outros dados relatados na literatura. Junior et al. (2017) e Dambros (2014) indicaram o teor de umidade de 91,08.100g<sup>-1</sup> em molho de pimenta malagueta com açaí 96,53.100g<sup>-1</sup> em molho de pimenta dedo-de-moça, respectivamente. Ford (2005) apresentou a faixa de 0,10 a 0,20.100g<sup>-1</sup> de lipídios para molhos não emulsionados, como os molhos de pimenta e molhos de tomate “catchup”. Valério-Junior (2014) apontou o teor de cinzas entre 1,45 a 7,00 g.100g<sup>-1</sup> em molhos de pimenta artesanais, que pode variar conforme a adição de sal (cloreto de sódio) na formulação de molhos artesanais e industriais, além disso, o sal propicia um ambiente desfavorável ao crescimento microbiano e está relacionado à fração mineral dos molhos. Dambros (2014), encontrou os valores de 2,40 a 2,58g.100g<sup>-1</sup> em carboidratos e 0,019 a 0,023.100g<sup>-1</sup> de proteínas em molhos de pimenta dedo-de-moça. Por outro lado, os teores de proteínas e carboidratos podem variar conforme a formulação e a composição dos constituintes da polpa de pimenta jalapenho, que neste trabalho correspondeu a 25% sobre a formulação. No Brasil, o Regulamento Técnico para Especiarias, Temperos e Molhos (Brasil 2005) fixa a identidade e as características mínimas de qualidade, contudo, não dispõe de dados para base da composição centesimal e físico-química, sendo estes valores, variáveis conforme o tipo de molho fabricado, a composição da matéria-prima utilizada e o teor de sal adicionado na formulação.

Em geral, os molhos quando analisados entre os tratamentos não interferiram nos constituintes químicos da composição centesimal, apesar de serem estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Verifica-se que o molho BTS30 (termossonificado por 30 min) apresentou maior teor de proteína ( $0,99 \pm 0,03$  g.100g<sup>-1</sup>), e os molhos AP e BP (amostras controles pasteurizadas) apresentaram os maiores valores de lipídios  $0,30 \pm 0,01$  g.100g<sup>-1</sup> e  $0,34 \pm 0,04$  g.100g<sup>-1</sup>, respectivamente. Segundo Chemat et al. (2011), os efeitos que as ondas ultrassônicas causam nas proteínas são muito complexos, em proteínas poliméricas globulares por exemplo, pode haver a decomposição em subunidades e, na presença de oxigênio, a quebra da estrutura quaternária, e ainda se houver uma irradiação ultrassônica longa o suficiente, as proteínas podem ser hidrolisadas e as cadeias polipeptídicas podem ser quebradas. Opostamente, nos molhos de pimenta termossonificados, observou-se um incremento deste teor quando comparado com o processamento de pasteurização, possivelmente, o uso do aquecimento prolongado pela termossonificação pode ter provocado mudanças na entalpia de desnaturação ( $\Delta H$ ), redução de grupos tiol reativos e mudanças na estrutura secundária, sugerindo rearranjos de proteínas e formação de agregados (Abadía-García et al. 2016).

Os teores de carboidratos foram maiores valores nos molhos AP ( $2,34 \pm 0,08$  g.100g<sup>-1</sup>) e ATS30 ( $2,64 \pm 0,56$  g.100g<sup>-1</sup>), valores similares aos citados por Dambros (2014) em molhos de pimenta *C. annuum* e *C. baccatum*, indicando que a etapa de cozimento na matriz da polpa A e o aquecimento prolongado dos dois tratamentos (pasteurização e termossonificação) podem ter favorecido a este aumento. Os processos de ultra e termossonificação nos tempos de 15 quanto 30 minutos não interferiram na composição de carboidratos para os molhos B (sem cozimento prévio), bem como para molhos AUS15, AUS30 e ATS15. Provavelmente, as ondas ultrassônicas em conjunto com o aquecimento prolongado podem ter favorecido à ruptura celular, desencadeando a saída dos açúcares dos espaços intracelulares para o líquido, devido aos efeitos mecânicos exercidos pelas forças de cisalhamento produzidas pelo ultrassom (Abid et al. 2014), e, de outra forma, o efeito térmico, pode ter inativado enzimas que atuam na quebra de carboidratos, proteínas e lipídios.

Os molhos ultrassonificados apresentaram maiores teores de umidade, indicando que os processos térmicos produzem molhos mais concentrados e menos úmidos, devido a evaporação

da água durante o tratamento térmico, e inversamente, o teor de cinzas foi maior nos molhos termossonificados e pasteurizados. Abid et al. (2014), citou diferentes mudanças nas concentrações do teor de minerais como resultado do tratamento de ultrassonificação em sucos de maçãs, onde diferentes mudanças podem estar associadas a uma possível recombinação de diferentes estruturas no líquido causadas pela sonificação, formando novas espécies ou reduzindo íons na fase líquida ou também à destruição da estrutura celular por ação do ultrassom, liberando e migrando os minerais da célula para solução (Carvalho et al. 1995, Carcel et al. 1998) e em conjunto com o efeito sinérgico da temperatura, os molhos termossonificados e pasteurizados que tiveram maior evaporação, e conseqüentemente, menor teor de umidade, apresentaram esta fração mais evidenciada, sugerindo igualdade entre estes tratamentos, de forma que a pasteurização poderia ser substituída pela termossonificação no tempo de 15 minutos, reduzindo assim o tempo de processamento.

Com relação as análises físico-químicas, o molho de pimenta jalapenho apresentou média para as análises de acidez igual a  $1,31 \pm 0,01$  g.100<sup>-1</sup>g de ácido acético.100<sup>-1</sup>g, pH igual a  $3,35 \pm 0,01$ , teor de sólidos solúveis igual a  $6,01 \pm 0,02$  ° Brix e atividade de água igual a  $0,92 \pm 0,02$  dispostos na Tabela 3.

Tabela 3. Composição físico-química dos diferentes métodos de processamento em molhos de pimenta jalapenho.

Molhos	Acidez <sup>3</sup>	pH	SST	aw
AP <sup>1</sup>	$1,38^{ab} \pm 0,0$	$3,34^{ab} \pm 0,01$	$6,24^a \pm 0,08$	$0,80^b \pm 0,04$
AUS15	$1,26^{cd} \pm 0,01$	$3,36^{ab} \pm 0,01$	$5,72^{cd} \pm 0,07$	$0,92^a \pm 0,02$
AUS30	$1,25^d \pm 0,01$	$3,37^{ab} \pm 0,02$	$5,95^b \pm 0,03$	$0,91^{ab} \pm 0,00$
ATS15	$1,36^b \pm 0,01$	$3,35^{ab} \pm 0,02$	$6,19^a \pm 0,04$	$0,94^a \pm 0,01$
ATS30	$1,40^a \pm 0,02$	$3,34^{ab} \pm 0,01$	$6,31^a \pm 0,04$	$0,93^a \pm 0,00$
BP <sup>2</sup>	$1,28^{cd} \pm 0,01$	$3,39^a \pm 0,01$	$6,26^a \pm 0,01$	$0,87^{ab} \pm 0,12$
BUS15	$1,25^d \pm 0,00$	$3,38^{ab} \pm 0,00$	$5,60^d \pm 0,01$	$0,95^a \pm 0,02$
BUS30	$1,29^c \pm 0,01$	$3,36^{ab} \pm 0,01$	$5,64^d \pm 0,03$	$0,95^a \pm 0,01$
BTS15	$1,35^b \pm 0,02$	$3,36^{ab} \pm 0,04$	$6,24^a \pm 0,01$	$0,97^a \pm 0,01$
BTS30	$1,39^a \pm 0,01$	$3,33^b \pm 0,01$	$6,33^a \pm 0,02$	$0,95^a \pm 0,02$
Média	$1,31 \pm 0,01$	$3,35 \pm 0,01$	$6,01 \pm 0,02$	$0,92 \pm 0,02$
*CV	0,01	0,00	0,07	0,04

Os dados são expressos como médias  $\pm$  desvios padrão. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a nível de significância de 5%. \*CV = coeficiente de variação entre as amostras tratadas, <sup>1</sup>AP = molho controle com etapa de cozimento; <sup>2</sup>BP = molho controle sem etapa de cozimento; <sup>3</sup>acidez expressa em grama de ácido acético/100g de amostra. Os tratamentos de ultrassonificação foram realizados a 25°C e a termossonificação e pasteurização a 65°C.

Os molhos apresentaram acidez média e pH ácido abaixo de 4,50, conforme orientado por Furtado & Dutra (2012) o que contribui para segurança microbiológica, suprimindo o desenvolvimento de micro-organismos patogênicos e deteriorantes. Neste trabalho, o uso do vinagre utilizado foi de 10% e em formulações para molhos não emulsionados a quantidade definida é *quantum satis*, exercendo primordialmente a função acidulante (Brasil 2007), e secundariamente, como conservante e flavorizante. Outros autores em seus trabalhos com molhos de pimentas encontraram valores satisfatórios para preservação e acidificação dos molhos com pH abaixo de 4,5 e acidez entre 0,6 a 1,2 g de ácido acético.100<sup>-1</sup>g (Valério-Junior 2014, Nogueira 2016, Araújo 2016, Gallo 2013).

A atividade de água (aw) média ficou próxima ao valor apresentado por Nogueira (2016) de 0,94 e Karas et al. (2002) entre 0,93 a 0,95, sendo considerados molhos com alta atividade da água. O teor de sólidos solúveis ficou abaixo dos valores encontrados na literatura de 16,42 g.100g<sup>-1</sup> (Nogueira 2016) e 12,06 a 19,67 g.100g<sup>-1</sup> (Valério-Junior 2014). Frutos que apresentam maiores teores de sólidos solúveis conseqüentemente influenciarão nos molhos processados, com sólidos solúveis elevados. Outros compostos solúveis adicionados na formulação, como o sal e o açúcar também influenciam o teor e também se correlacionam com

a atividade de água do molho, uma vez que ao aumentar os níveis de compostos solúveis, a quantidade de água disponível é reduzida para os microrganismos (Vermeulen 2008).

Entre os tratamentos aplicados, observa-se que os molhos pasteurizados AP e BP apresentaram as menores atividades de água quando analisados entre os tratamentos de ultrassonificação e termossonificação. Uma hipótese poderia ser formulada em relação a atividade de água entre os molhos pasteurizados, ultra e termossonificados, nas quais as ondas ultrassônicas poderiam fragmentar as células de constituintes químicos, ocasionando uma elevação no número de pontos de ligações de água e conseqüentemente maior atividade de água que as amostras controles pasteurizadas, uma vez que é conhecido e provado que as ondas ultrassônicas de alta intensidade podem romper células vegetais / animais, impactando nas organelas e em sua composição, enquanto que o ultrassom de baixa intensidade pode modificar o metabolismo das células e detectar alterações nas propriedades físicas e químicas (Sahu 2014).

Os teores de sólidos solúveis foram iguais estatisticamente para os molhos pasteurizados (AP e BP) e termossonificados (ATS15, ATS30, BTS15 e BTS30), indicando que o tratamento térmico contribuiu para o aumento e manutenção do teor de sólidos solúveis nos molhos e que a termossonificação poderia ser utilizada como um processo alternativo à pasteurização e com menor tempo de operação, ou seja, redução de 50% de exposição do produto em relação ao tratamento térmico sozinho. Walkling-Ribeiro et al. (2009) ao estudarem o uso de termossonificação em comparação com a pasteurização convencional em suco de laranja, relatam nenhum efeito significativo no pH, °Brix e na cor, da mesma forma como verificado neste trabalho para os teores de sólidos solúveis e pH.

Os resultados da determinação da cor das amostras de molhos de pimenta jalapenho submetidos em diferentes processamentos estão relacionados na tabela 4.

Tabela 4. Avaliação dos parâmetros de cor em molhos de pimenta jalapenho submetidos em diferentes processamentos.

Molhos	L*	a*	b*	h°	ΔE
<b>AP<sup>1</sup></b>	28,87 <sup>bc</sup> ± 0,80	19,67 <sup>ab</sup> ± 1,72	43,53 <sup>a</sup> ± 6,91	65,52 <sup>ab</sup> ± 1,66	*
<b>AUS15</b>	26,80 <sup>cd</sup> ± 0,18	18,35 <sup>b</sup> ± 0,45	39,78 <sup>a</sup> ± 0,50	65,24 <sup>ab</sup> ± 0,45	6,65 <sup>b</sup> ± 2,96
<b>AUS30</b>	32,27 <sup>a</sup> ± 1,15	19,53 <sup>ab</sup> ± 0,55	46,58 <sup>a</sup> ± 2,39	67,24 <sup>a</sup> ± 0,51	6,15 <sup>b</sup> ± 3,34
<b>ATS15</b>	28,08 <sup>cd</sup> ± 0,18	19,12 <sup>ab</sup> ± 0,64	44,03 <sup>a</sup> ± 1,70	66,52 <sup>a</sup> ± 0,33	5,52 <sup>b</sup> ± 2,64
<b>ATS30</b>	29,95 <sup>abc</sup> ± 0,55	20,12 <sup>ab</sup> ± 0,46	45,93 <sup>a</sup> ± 2,09	66,33 <sup>a</sup> ± 0,49	6,76 <sup>b</sup> ± 4,70
<b>BP<sup>2</sup></b>	25,61 <sup>de</sup> ± 2,89	21,61 <sup>a</sup> ± 1,16	43,25 <sup>a</sup> ± 5,48	63,65 <sup>b</sup> ± 1,70	**
<b>BUS15</b>	31,84 <sup>ab</sup> ± 0,81	19,05 <sup>ab</sup> ± 1,26	45,88 <sup>a</sup> ± 3,43	67,45 <sup>a</sup> ± 0,28	7,56 <sup>ab</sup> ± 2,98
<b>BUS30</b>	22,71 <sup>e</sup> ± 0,23	14,68 <sup>c</sup> ± 0,33	24,27 <sup>b</sup> ± 0,86	58,83 <sup>c</sup> ± 0,35	15,47 <sup>a</sup> ± 2,12
<b>BTS15</b>	27,43 <sup>cd</sup> ± 0,52	20,65 <sup>ab</sup> ± 0,47	46,17 <sup>a</sup> ± 1,26	65,90 <sup>ab</sup> ± 0,10	4,67 <sup>b</sup> ± 3,64
<b>BTS30</b>	29,24 <sup>abc</sup> ± 1,46	19,43 <sup>ab</sup> ± 1,78	44,19 <sup>a</sup> ± 7,41	66,11 <sup>ab</sup> ± 1,52	8,71 <sup>ab</sup> ± 2,61
<b>Média</b>	28,28 ± 0,64	19,22 ± 0,61	42,36 ± 2,36	65,38 ± 0,50	7,68 ± 1,71
<b>*CV</b>	0,04	0,05	0,09	0,01	0,38

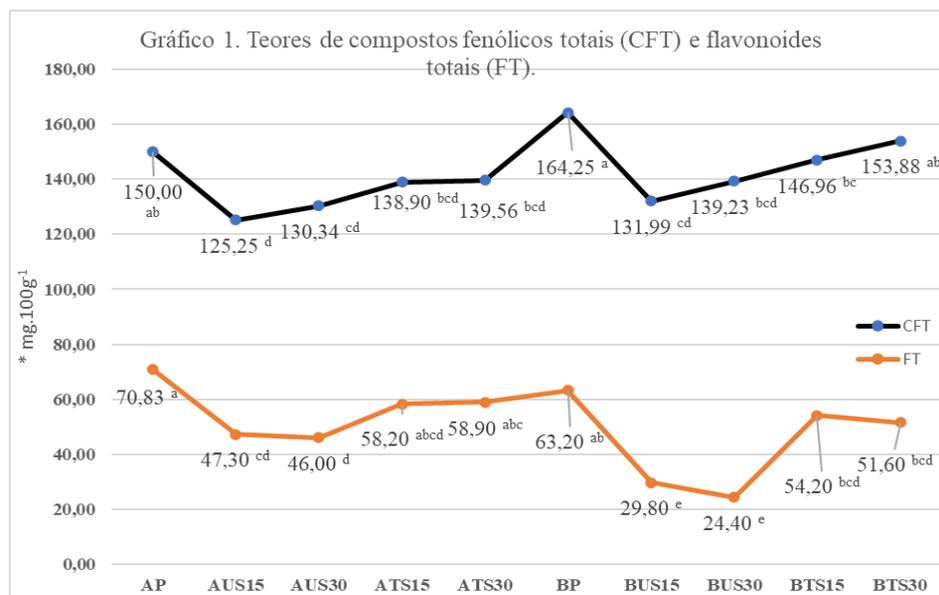
Os dados são expressos como médias ± desvios padrão. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a nível de significância de 5%. \*CV = coeficiente de variação entre as amostras tratadas, <sup>1</sup>AP = molho controle com etapa de cozimento; <sup>2</sup>BP = molho controle sem etapa de cozimento de cozimento; \*\* ΔE = 8,75 ± 4,56 entre os molhos AP e BP. Os tratamentos de ultrassonificação foram realizados a 25°C e a termossonificação e pasteurização a 65°C.

A média de luminosidade (L\* 28,28 ± 0,64) indica que eles são molhos com pouco brilho e com tonalidade que vão do vermelho ao laranja. Dentre os processamentos aplicados, o molho BUS30 foi o molho que mais diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, com menor brilho (L\* = 22,71 ± 0,23), menor tendência para o vermelho (a\* = 14,68 ± 0,33), menor tendência para o amarelo (b\* = 24,27 ± 0,86) e obteve a maior diferença global de cor (ΔE = 15,47 ± 2,12). Como um todo, de acordo com a tonalidade obtida dos molhos (h° = 65,38 ± 0,50), pode-se inferir que as pimentas processadas estavam em estado de maturação,

apresentando teores de carotenoides que contribuíram para sua coloração, como betacaroteno e a capsantina (Nogueira 2016), contudo, as diferenças observadas nos parâmetros avaliados do molho BUS30 podem ter sido influenciados pela exposição prolongada do ultrassom (30 min) causadas por radicais hidroxila que são formados como resultado da cavitação, e consequentemente, afetando os valores de cor (Aguilar et al. 2017), tal fato ocorre porque o ultrassom aplicado por maiores tempos pode causar rápida e completa desgaseificação e iniciar várias reações através da geração de radicais livres, aumentando a polimerização/despolimerização reações (Floros & Liang 1994), por outro lado, o tratamento prévio de cozimento no molho AUS30 favoreceu sua biossintetização e/ou isomerização do teor de carotenoides, visto que alguns autores relatam a alteração da composição desses pigmentos sob condições de processamento térmico (Cervantes-Paz et al. 2014, Zepka & Mercadante 2009).

### 3.2 Compostos bioativos e atividade antioxidante

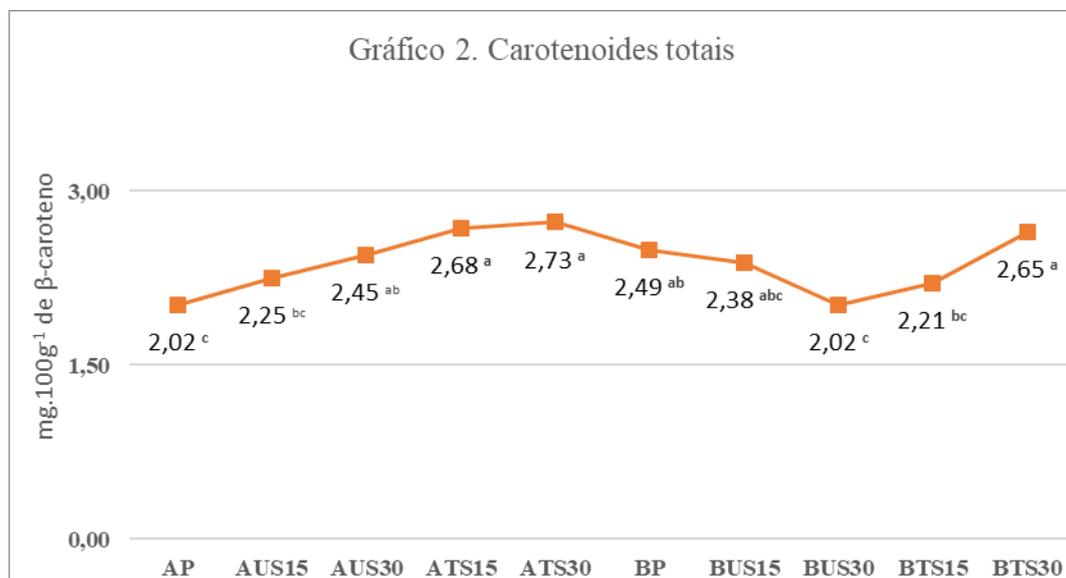
A análise de compostos bioativos nos molhos de pimenta jalapenho apresentou uma média dos teores de carotenoides totais de  $2,39 \pm 0,07 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de  $\beta$ -caroteno,  $141,83 \pm 0,10 \text{ mg EAG} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de compostos fenólicos e  $50,40 \pm 0,30 \text{ mg eq. quercetina} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de flavonoides totais. O gráfico 1 dispõe os teores dos compostos fenólicos e flavonoides totais.



Os molhos pasteurizados AP e BP apresentaram os maiores teores de compostos fenólicos totais e flavonoides totais, enquanto que houve uma progressão nos valores dos molhos ultrassonificados para os termossonificados conforme foi aumentando o tempo de exposição das ondas ultrassônicas e da temperatura. Neste trabalho, indiferente do tratamento aplicado, os teores de compostos fenólicos foram superiores aos valores encontrados por Moraes et al. (2013) em molhos de pimenta dedo-de-moça fermentados (entre 21,52 a 37,91 mg EAG.100g<sup>-1</sup>). Dias (2015) ao utilizar a ultrassonificação em compostos fenólicos para obter oleoresina de pimenta dedo-de-moça, observou que ao aplicar a termossonificação obteve maiores teores quando comparados com condições mais brandas de temperatura e potência (40°C e 200W). Similarmente, pode-se verificar que ao utilizar o tratamento de termossonificação (15 e 30 minutos) em relação a ultrassonificação, a quantidade de compostos fenólicos e de flavonoides totais foi favorecida em relação ao ultrassom (15 e 30 minutos). Os flavonoides fazem parte do grupo dos compostos fenólicos e ambos podem ter prevenido o surgimento de radicais livres durante os tratamentos por ondas sônicas, podendo ser considerados antioxidantes indiretos (Rego et al. 2011). De acordo com Chuah et al. (2008) o

tratamento térmico é capaz de inativar a enzima polifenol oxidase durante o aquecimento, inibindo a degradação dos polifenóis, e conforme visto nos tratamentos de pasteurização e termossonificação (15 e 30 minutos), os teores foram maiores que em relação aos tratamentos de ultrassonificação (15 e 30 minutos), possivelmente, a energia fornecida pelas ondas do ultrassom podem ter atuado na liberação dos compostos fenólicos e flavonoides da matriz vegetal, porém, acelerando seu processo de degradação (Carrera et al. 2012), visto que durante a cavitação, radicais hidroxila podem ser produzidos e estes radicais gerados sonoquimicamente podem reagir com compostos alimentares facilmente oxidáveis (Soria & Villamiel 2010), tornando-se uma desvantagem para a preservação da bioatividade de componentes dos alimentos, como os fenóis (Wan et al. 2005).

Alguns estudos relatam a influência de processamentos térmicos nos teores de compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides totais. Em *Capsicum* spp, por exemplo, a fervura, pasteurização, congelamento, secagem e fritura influíram na redução de compostos fenólicos e flavonoides totais (Loizzo et al. 2015, Salgaço 2019, Loizzo et al. 2013), e, em derivados de *Capsicum annuum* L., observou-se uma redução entre 43,49% a 81,37% de carotenoides totais em conservas, pastas e molhos de pimenta pela ação do efeito térmico (Dambros 2014). Diferentemente neste trabalho, observa-se que a atuação da ultrassonificação em relação a pasteurização, forneceu menores teores dos compostos fenólicos e flavonoides, diferindo estatisticamente ( $p < 0,05$ ), de contrapartida, ao utilizar a termossonificação, observou-se uma manutenção dos teores sem diferir estatisticamente das amostras controles (AP e BP). Em relação aos carotenoides totais (gráfico 2), observa-se que os molhos termossonificados (ATS15, ATS30 e BTS30) tiveram os maiores teores, sendo mais pronunciados nos molhos A (cozimento prévio) quando comparados ao molho pasteurizado AP, enquanto que os molhos termossonificados BTS15 e BTS30 foram iguais estatisticamente ao molho pasteurizado BP.



Vale ressaltar que a natureza da matriz alimentícia e a composição peculiar dos frutos de pimenta jalapenho podem influenciar na composição final dos molhos. Os carotenoides dentre os compostos fitoquímicos são os que apresentam maior estabilidade ao processamento térmico dependendo das características e das condições do processamento utilizadas, podendo sofrer aumento ou redução no teor do produto final. Dessa forma, pode-se supor que o tratamento prévio de cozimento favoreceu o aumento e estabilidade dos carotenoides dos molhos A em desfavor dos molhos B, visto que esta capacidade é mediada pelo processamento

térmico e já foi constatada em alguns estudos citados por Cervantes-Paz et al. (2014). Os autores também mencionam que durante o tratamento térmico pode haver a destruição de estruturas celulares e desnaturação de complexos carotenoide-proteína, aumentando o conteúdo de catotenoides, além disso, as alterações de aumento ou redução do teor de carotenoides podem ser associadas ao número elevado de instaurações em sua cadeia tornando-os mais susceptíveis as alterações (Rodríguez-Amaya 2001) desencadeadas pelas ondas do ultrassom, e também, por desempenharem o papel de antioxidante atuando na prevenção de radicais livres, uma vez que foi constatado uma correlação positiva moderada ( $r = 0,6170$ ;  $p < 0$ ) com a atividade antioxidante (FRAP) neste trabalho.

A tabela 5 apresenta os compostos bioativos identificados nos molhos de pimenta jalapenho operados em modo negativo e positivo. Os erros de massa variaram de 2,6 a 8,2 ppm.

Tabela 5. Identificação de compostos bioativos em molhos de pimenta jalapenho submetidos em diferentes processamentos.

Compostos	Fórmula Molecular	[M+H] <sup>+</sup> Mensurado	[M+H] <sup>+</sup> Precisão	Erro (ppm)	Amostras										
					AP	AUS15	AUS30	ATS15	ATS30	BP	BUS15	BUS30	BTS15	BTS30	
1 Ácido ferúlico	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	195,0635	195,0651	8,2	✓	nd	✓	✓	✓	✓	nd	✓	nd	✓	✓
2 Capsantina	C <sub>40</sub> H <sub>56</sub> O <sub>3</sub>	585,4264	585,4302	6,5	nd	nd	✓	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3 Capsaicina	C <sub>18</sub> H <sub>27</sub> NO <sub>3</sub>	306,2055	306,2063	2,6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4 Di-hidrocapsaicina	C <sub>18</sub> H <sub>29</sub> NO <sub>3</sub>	308,2211	308,2220	2,9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5 Nordihidrocapsaicina	C <sub>17</sub> H <sub>27</sub> NO <sub>3</sub>	294,2055	294,2063	2,7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	nd	✓	✓	✓	✓

<sup>1</sup>AP = molho controle com etapa de cozimento; <sup>2</sup>BP = molho controle sem etapa de cozimento. Os tratamentos de ultrassonificação foram realizados a 25°C e a termossonificação e pasteurização a 65°C. nd: não detectado.

Foram identificados cinco compostos nos molhos de pimenta jalapenho comparando com os padrões disponíveis. O composto 1 com [M+H]<sup>+</sup> m/z 195,0651, pertence a classe dos compostos fenólicos (ácido felúrico), o composto 2 com [M+H]<sup>+</sup> m/z 585,4302, pertence a classe dos carotenoides (capsantina) e os compostos 3, 4 e 5 com as respectivas massas [M+H]<sup>+</sup> m/z 306,2063, [M+H]<sup>+</sup> m/z 308,2220 e [M+H]<sup>+</sup> m/z 294,2063 são alcaloides (capsaicina, dihidrocapsaicina e nordihidrocapsaicina).

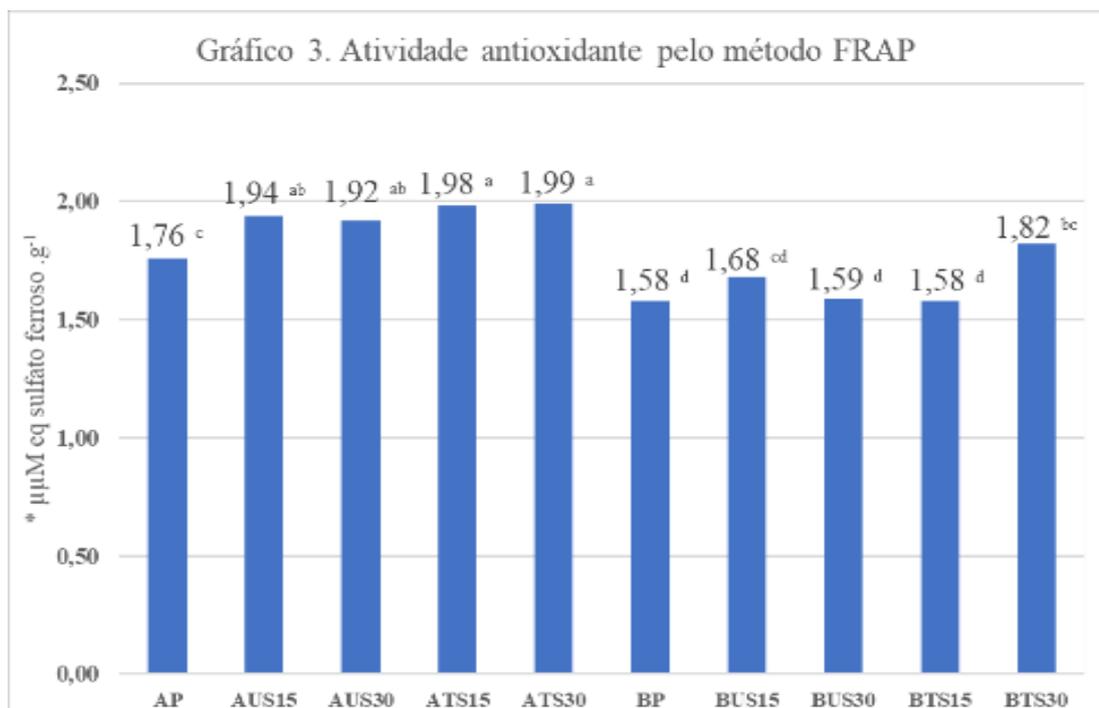
Os compostos fenólicos são categorizados como ácidos fenólicos e polifenóis. O ácido ferúlico é um ácido fenólico derivado da classe do ácido hidrocínâmico (Aragão 2019). Sabe-se que a atividade biológica, e principalmente a atividade antioxidante dos ácidos fenólicos está relacionada ao número de hidroxilas ligadas nas moléculas, e também, a proximidade entre os grupos carboxila e fenil, pois quanto mais próximo estiverem, maior será o potencial antioxidante do grupo hidroxila (Oldoni 2007). Além disso, os compostos derivados do ácido hidrocínâmico possuem maior potencial antioxidante do que os derivados do ácido benzóico, devido a dupla ligação que compõem sua estrutura química, que é responsável pela estabilidade do radical por deslocamento do elétron emparelhado (Angelo & Jorge 2007).

A capsantina é uma espécie específica de xantofila e um dos exemplos mais proeminentes de pigmentos vermelhos predominantes em pimentas vermelhas, enquanto o  $\beta$ -caroteno é responsável pela cor amarelo-laranja (Chuah et al. 2008). Esses carotenoides são atribuídos a propriedade antioxidante através da extinção de oxigênio singlete e desativação de radicais livres (Rodríguez-Amaya 2001).

Os principais compostos dos capsaicinoides são a capsaicina, nordihidrocapsaicina e a di-hidrocapsaicina, que são alcaloides exclusivos das pimentas. Alguns estudos, apontam a capsantina e di-hidrocapsaicina como os compostos majoritariamente verificados no gênero *Capsicum* spp. (Bogusz Junior et al. 2018, Zhuang et al. 2012). Além de peculiaridades sensoriais específicas, como a pungência e a sensação de queimação, os capsaicinoides também exercem outras funções, sendo utilizados para alívio de dores (neuropatia, cefaleia, artrite, tensão muscular, neuralgia herpética e outros), atividades hipolipidêmicas, hipocolesterolêmicas, antilítogênicas, antiinflamatórias, antitumorais, antiteratogênicas e antioxidantes, sendo que diversos estudos trazem o reconhecimento da capsaicina como antioxidante e também correlações entre os capsaicinoides com a atividade antioxidante das pimentas (Loizzo et al. 2015, Alvarez- Parrilla et al. 2011; Rosa et al. 2002, Ochi, et al. 2003).

Os resultados de atividade antioxidante dos molhos de pimenta jalapenho apresentaram valor médio de  $1,78 \pm 0,03 \mu\text{M eq. trolox.g}^{-1}$  pelo método FRAP;  $3,65 \pm 0,12 \mu\text{M eq. trolox.g}^{-1}$  pelo método ABTS e  $201 \pm 9,84 \mu\text{M eq.trolox.g}^{-1}$  pelo método DPPH.

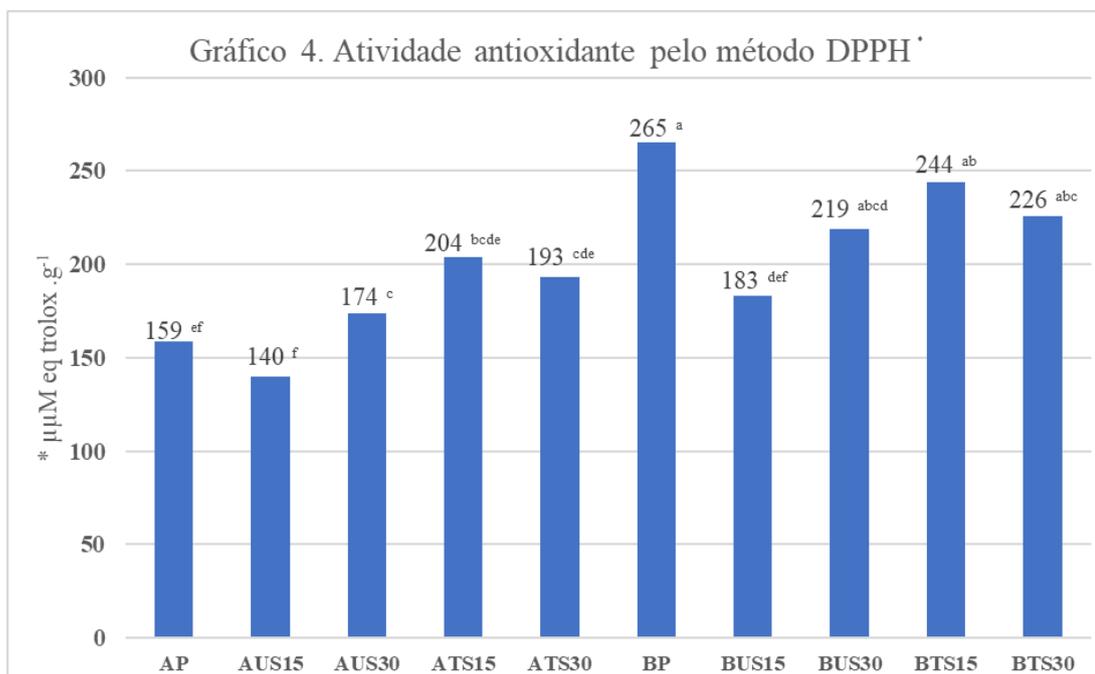
De acordo com os resultados, verifica-se que as maiores atividades antioxidantes pelo método FRAP (gráfico 3) foram visualizadas nos molhos A, principalmente nos processamentos de ultra e termossonificação (15 e 30 minutos), enquanto que os molhos BTS15, BUS30, BUS15 e BP apresentaram a menor capacidade antioxidante.



Observou-se que houve uma correlação positiva moderada ( $r = 0,6170$ ;  $p < 0$ ) entre a atividade antioxidante (FRAP) e o teor de carotenoides totais, indicando que o aumento da atividade antioxidante está relacionada com um maior teor de carotenoides, ou seja, os teores de  $\beta$ -caroteno encontrados nos molhos atuaram como agentes antioxidantes, além de serem responsáveis pela coloração vermelho-alaranjada, fato este é que os molhos B, apresentaram as menores atividades antioxidantes e teores de carotenoides, com exceção do molho BTS30. Além disso, o molho BUS30 obteve a maior diferença global de cor ( $\Delta E = 15,47$ ), com redução de 9,65 a 20,10% de atividade antioxidante quando comparados aos molhos A, indicando uma

relação entre a cor e a atividade antioxidante. Moraes (2013) sugeriu que a atividade antioxidante de molhos fermentados de pimenta dedo-de-moça estavam relacionados com a concentração de carotenoides diante da mudança de coloração que os molhos apresentaram no início (vermelho-bordô) e final da fermentação (vermelho-laranja), e por outro lado, a capacidade antioxidante dos molhos apresentou correlação moderada negativa com o teor de fenólicos totais ( $r = -0,5561$ ;  $p < 0$ ), ou seja, à medida que é verificada uma maior atividade antioxidante nos molhos, o conteúdo de compostos fenólicos decai. De acordo com Chuah et al. (2008) os compostos fenólicos podem ser suprimidos da atividade antioxidante em decorrência da inativação das enzimas oxidativas durante os processamentos aplicados ou podem ter agido nas reações dos radicais livres formados, conforme explicado anteriormente.

O gráfico 4 mostra que o molho pasteurizado BP apresentou a maior atividade antioxidante pelo método do sequestro do radical livre DPPH° (1,1-difenil-2-picrilhidrazil). Em ambos os grupos, os tratamentos de ultrassom de 15 minutos apresentaram redução da atividade antioxidante, enquanto que a termossonificação (15 e 30 minutos) demonstrou melhorar a capacidade antioxidante dos molhos.

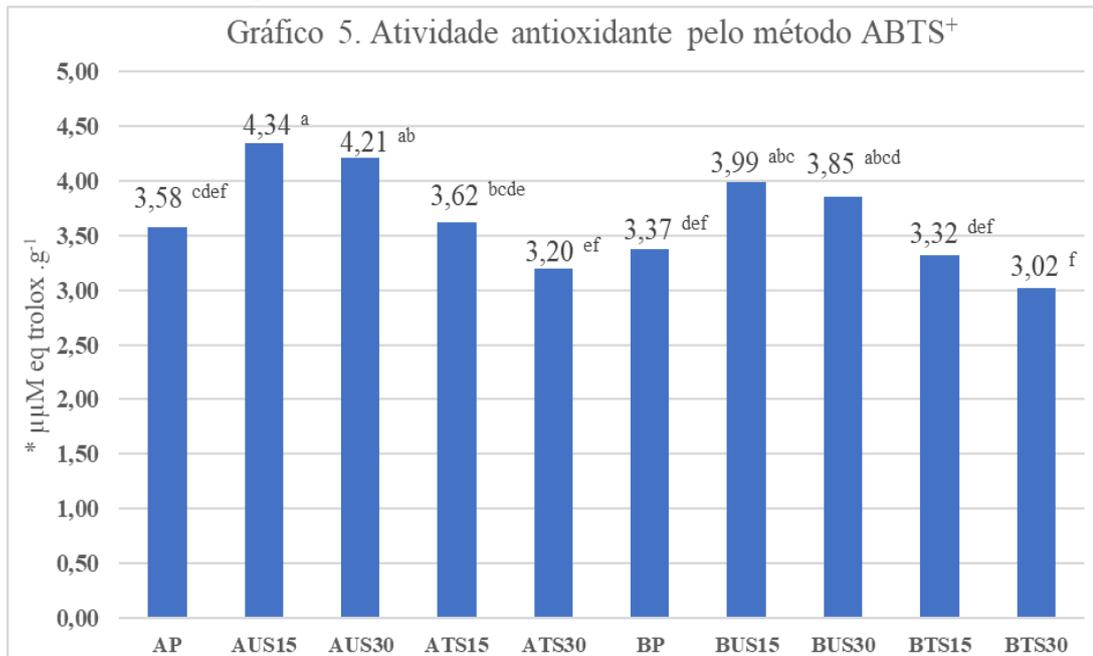


Outros autores também verificaram redução da atividade antioxidante após o processamento. Chuah et al. (2008) verificaram uma redução de 36% da atividade antioxidante após a fervura de pimentas verdes e vermelhas por 30 minutos, associando esta perda à lixiviação dos compostos fenólicos e ácido ascórbico. Dambros (2014) relatou a mesma porcentagem (36%) no processamento de pasta de pimenta (*Capsicum spp.*) que estavam correlacionadas com o teor de compostos fenólicos e ácido ascórbico, e Alvarez-Parilla et al. (2011) ao avaliar a atividade antioxidante de pimentas serrano e jalapenho frescas processadas observaram a diminuição da atividade da atividade em pimentas processadas tipo chipotle e em conserva.

A atividade antioxidante pelo método de DPPH apresentou correlação forte positiva com o teor de compostos fenólicos ( $r = 0,7442$ ;  $p < 0$ ), indicando que estes compostos atuaram fortemente na capacidade antioxidante. Segundo Loizzo et al. (2015), normalmente os cultivares de *C. annuum L.* apresentam a maior atividade antioxidante relacionada ao um maior teor de fenóis e capsaicinoides. Alvarez-Parrilla et al. (2011) e Zhuang et al. (2012) também encontraram uma forte correlação entre a atividade antioxidante e os compostos fenólicos em *Capsicum spp.*, com coeficiente de Pearson igual a  $r = 0,8320$ ;  $p < 0$  e  $r = 0,8504$ ;  $p < 0$ , respectivamente, e conforme mencionado anteriormente, as ondas ultrassônicas podem ter

atuado no progresso de degradação dos compostos fenólicos, acelerando sua degradação, fato este, é que as menores atividades antioxidantes foram percebidas nos molhos ultrassonificados (15 e 30 min). Além disso, Hu et al. (2013, 2015), mencionam que as condições acústicas que não são ideais (por ex. níveis de alta potência ou longos tempos de sonificação) têm um potencial para gerar uma cavitação celular incontrolável, levando à formação de radicais livres altamente reativos formados através da decomposição de moléculas de água ( $H_2O \rightarrow H + \bullet OH$ ), e consequentemente, o aumento dos processos de oxidação destrutivos.

De contrapartida, os molhos ultrassonificados (AUS15, AUS30, BUS15 e BUS30) tiveram as maiores atividades antioxidantes demonstrada pelo método ABTS (gráfico 5), sem diferir estatisticamente ( $p < 0,05$ ) entre si.



Silva (2017) ao contrário, encontrou as menores atividades antioxidantes por ABTS em folhas de goiaba-serrana e relacionou os valores encontrados devido ao uso do banho por ultrassom, enquanto que neste estudo, a ultrassonificação foi mais eficiente na avaliação da atividade antioxidante, e quando associadas com a temperatura (termossonificação de 15 e 30 minutos) foram equivalentes ao processamento de pasteurização. A atividade antioxidante pelo método ABTS apresentou correlação negativa forte com o teor de compostos fenólicos ( $r = -0,7108$ ;  $p < 0$ ) e moderada com o teor de flavonoides ( $r = -0,4254$ ;  $p < 0$ ) e carotenoides ( $r = -0,4031$ ;  $p < 0$ ), indicando que o aumento da atividade antioxidante pode estar relacionada com outros compostos presentes no molho da pimenta que contribuem para atividade antioxidante e que não foram considerados neste estudo (Neitzke et al. 2015), além de que a metodologia de captura do radical ABTS<sup>+</sup> considera compostos de origem hidrofílica e lipofílica (Sucupira et al. 2012, Silva 2017).

Isto posto, verifica-se que a correlação entre os compostos bioativos e as atividades antioxidantes encontradas neste estudo sugerem que os compostos fenólicos não são os únicos responsáveis pela capacidade antioxidante nos molhos, visto que os carotenoides também apresentaram correlação com atividade antioxidante; além disso, outros compostos em sinergia dos compostos naturais presentes nas pimentas são responsáveis por sua propriedade antioxidante (Carvalho et al. 2015), como por exemplo, o ácido ferúlico, a capsaicina, dihidrocapsaicina e nordihidrocapsaicina, que foram detectados nos molhos através UHPLC – MS/MS.

#### 4. Considerações finais

Os molhos de pimenta jalapenho apresentaram-se como boas fontes de compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides. A termossonificação nos tempos de 15 e 30 minutos contribuíram para o aumento no teor de proteínas, cinzas, sólidos solúveis, acidez e aumentaram o conteúdo de compostos fenólicos e flavonoides em comparação a ultrassonificação (15 e 30 minutos). Os molhos termossonificados por 30 min sem a etapa de cozimento (B), apresentaram maiores valores de carotenoides, juntamente ao molho termossonificado por 15 e 30 min com cozimento prévio (A).

A capacidade antioxidante dos molhos pelos métodos FRAP, ABTS e DPPH demonstraram correlação com o teor de compostos bioativos, indicando que possivelmente o teor de carotenoides, flavonoides e compostos fenólicos contribuíram para atividade antioxidante dos molhos e que também outros compostos podem estar relacionados a atividade antioxidante. O método DPPH foi melhor evidenciado na termossonificação (15 e 30 minutos), o método ABTS demonstrou maior atividade na ultrassonificação (15 e 30 minutos), enquanto que o método FRAP apresentou maior atividade para ultrassonificação e termossonificação (15 e 30 minutos) nos molhos A e, no molho B, apenas a termossonificação 30 minutos obteve maior atividade.

De uma forma geral, os processamentos de termossonificação de 15 e de 30 minutos demonstraram-se equivalentes em relação a pasteurização, sendo que em alguns casos, houve incremento no conteúdo dos macronutrientes, parâmetros físico-químicos e nos compostos bioativos, demonstrando que estes processamentos foram favoráveis para a fabricação dos molhos de pimenta jalapenho visto que o processo de alimentos deve ser otimizado para prevenir ou reduzir a degradação de compostos que apresentem potenciais benefícios à saúde humana, garantido sua biodisponibilidade. Por essas razões, os resultados sugerem a utilização do processamento por termossonificação de 15 minutos como um tratamento mais eficaz de prevenção de perdas dos compostos nutricionais, bioativos e físico-químicos dos molhos quando comparadas ao tratamento convencional de pasteurização.

#### 5. Referências

ABADÍA-GARCÍA, L.; CASTAÑO-TOSTADO, E.; OZIMEK, L.; ROMERO-GÓMEZ, S.; OZUNA, C.; AMAYA-LLANO, S. L. Impacto do pré-tratamento com ultrassom na hidrólise da proteína do soro de leite por proteases vegetais. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, v.37, p. 84-90, 2016.

ABID, M.; WU, T.; HASHIM, M. M.; HU, B.; LEI, S.; ZENG, X. Sonication enhances polyphenolic compounds, sugars, carotenoids and mineral elements of apple juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 21, n. 1, p. 93-97, 2014.

AGUILAR, K. et al. Estabilidade do ácido ascórbico em sucos de frutas durante a termossonificação. *Ultrasonics Sonochemistry*, v.37, p.375-381, 2017.

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. Antioxidant Capacity and Phenolic Content of Selected Tropical Fruits from Malaysia, Extracted with Different Solvents. *Food Chemistry*, v. 115, p. 785–88, 2009.

ALVAREZ-PARRILLA, E.; ROSA, L. A.; AMAROWICZ, R.; SHAHIDI, F. Antioxidant activity of fresh and processed jalapeño and serrano peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, n. 1, p. 163-173, 2011.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.

ARAGÃO, A. B. *Prospecção em linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela: características físico-química, atividade antioxidante e perfil de compostos fenólicos*. 2019. Teste (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de São Paulo, Araraquara, 2019. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181059/aragao\\_ab\\_dr\\_arafcf\\_par.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181059/aragao_ab_dr_arafcf_par.pdf?sequence=7&isAllowed=y). Acesso em: 20 fev. 2021.

ARAUJO, S. R. C. et al. Avaliação do pH e acidez da pimenta malagueta verde em conserva produzida no sul de Minas Gerais para exportação. In: *Simpósio da pós-graduação do IFSULDEMINAS 7.*; 2016, Pouso Alegre. *Anais [...]*. Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2018. Disponível em: <https://jornada.ifsuldeminas.edu.br/index.php/jcmuz2/jcmuz2/paper/view/3770>. Acesso em: 18 ago 2020.

AREND, G. D. et al. Concentration of phenolic compounds from strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch) juice by nanofiltration membrane. *Journal of Food Engineering*, v. 201, p. 36-41, 2017.

ARTILHA-MESQUITA, C. A. F.; MADRONA, G. S. Characterization of the centesimal composition, physicochemical, bioactive compounds and antioxidant capacity of jalapeno pepper (*Capsicum annuum* var. *annuum* jalapenho). *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12785>

BARBA, F. J. Microalgas e algas marinhas para aplicações em alimentos: desafios e perspectivas. *Food Res. Int.*, v. 99, p. 969, 2017.

BHARGAVA, N.; MOR, R. S.; KUMAR, K.; SHARANAGAT, V. S. Advances in application of ultrasound in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 70, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105293>.

BOGUSZ JUNIOR, S.; LIBARDI, S.H.; DIAS, F.; COUTINHO, J. P.; BOCHI, V.; RODRIGUES, D.; MELO, A.; GODOY, H. Pimenta *Capsicum* Brasileira: conteúdo de capsaicinoides e atividade antioxidante. *Journal Science of Food and Agriculture*, v. 98, n.1, p. 217-224, 2018.

BRASIL (Anvisa). *Resolução RDC nº 276, de 22 de setembro de 2005*. 2005. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0276\\_22\\_09\\_2005.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0276_22_09_2005.html) >. Acesso em: 29 de março de 2020.

BRASIL (Anvisa). *Resolução RDC nº 04, de 15 de janeiro de 2007*. 2007. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2007/rdc0004\\_15\\_01\\_2007.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2007/rdc0004_15_01_2007.html). Acesso em: 29 de março de 2020.

CARCEL, J. A.; BENEDITO, J.; SANJUAN, N.; SÁNCHEZ, E. Aplicación de los ultrasonidos en las industrias de productos lácteos y derivados. *Alimen Equipar. Tecnol.*, p. 135 – 141, 1998.

CARRERA, C., RUIZ-RODRIGUEZ, A., PALMA, M., BARROSO, C. G. Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from grapes. *Analytica Chimica Acta.*, v. 732, p. 100-104, 2012.

CARVALHO, A. V. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of Pepper (*Capsicum* sp.) genotypes. *Journal of Food Science and Technology*, v. 52, p. 7457-7464, 2015.

CARVALHO, L. R. F.; SOUZA, S. R.; MARTINIS, B. S.; KORN, M. Monitoramento do efeito da irradiação ultrassônica na extração de material particulado no ar por cromatografia de íons. *Anal. Chim. Acta*, v. 317, p. 171 – 179, 1995.

CECCHI, H. M. *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos*. Campinas: Unicamp, 1999.

CERVANTES-PAZ, B. et al. Antioxidant activity and content of chlorophylls and carotenoids in raw and heat-processed Jalapeño peppers at intermediate stages of ripening, *Food Chemistry*, v. 146, p. 188-196, 2014.

CHEMAT, F.; ZILL-E-HUMA; KHAN, M. K. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 18, n. 4, p. 813–835, 2011.

CHUAH, A. M.; LEE, Y. C.; YAMAGUCHI, T.; TAKAMURA, H.; Yin, L. J.; MATOBA, T. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food Chemistry*, v. 111, n. 1, p. 20-28, 2008.

DAMBROS, J. I. (2014) *Estabilidade de compostos potencialmente bioativos e alterações de qualidade em frutos e produtos de pimenta (Capsicum spp)*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014. Disponível em: [http://www.dcta.create.inf.br/manager/uploads/documentos/dissertacoes/dambros,\\_juliele\\_ilo ne.\\_dissertacao\\_.2014\\_.pdf](http://www.dcta.create.inf.br/manager/uploads/documentos/dissertacoes/dambros,_juliele_ilo ne._dissertacao_.2014_.pdf). Acesso em 12 dez. 2020.

DIAS, A. L. B. *Extração supercrítica de compostos bioativos da pimenta dedo-de-moça (Capsicum baccatum L. var. pendulum) assistida por ultrassom*. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2015. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/254629/1/Dias\\_ArthurLuizBaiao\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/254629/1/Dias_ArthurLuizBaiao_M.pdf). Acesso em: 10 de set. 2020.

FLOROS, J. D.; LIANG, H. Acoustically assisted diffusion through membranes and biomaterials. *Food Technology*, v. 48, n.12, p. 79–84, 1994.

Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division - FAOSTAT. *Production/crops: Chillies and peppers*, 2021. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acesso em: 15 Jan 2021.

FORD, L. D.; BORWANKAR, R. P.; PECHAK, D.; SCHWIMMER, B. *Dressings and sauces*. In. Food emulsions. New York: Marcel Dekker, 2005.

FURTADO, A. A. L.; DUTRA, A. S. Elaboração de molhos de pimentas. *Informe Agropecuário*, v. 33, n. 267, p. 52-566, 2012.

GALLO, J. M. A. S. *Avaliação do comportamento reológico e das propriedades sensoriais de molhos comerciais para salada tratados por irradiação*. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN. São Paulo, 2013. Recuperado de: [http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Juliana%20Maria%20Altavista%20Sagretti%20Gallo\\_M.pdf](http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Juliana%20Maria%20Altavista%20Sagretti%20Gallo_M.pdf). Acesso em: 20 nov. 2020.

GOMES, L. M. et al. Advanced lines of Jalapeño pepper with potential for mechanical harvesting. *Ciência Rural*, v. 49, n. 2, 2019.

HU, H.; FAN, X.; ZHOU, Z.; XU, X.; FAN, G. et al. Acid-induced gelation behavior of soybean protein isolate with high intensity ultrasonic pre-treatments. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 20, n. 1, p. 187–195, 2013.

HU, H.; CHEUNG, I. W.; PAN, S.; LI-CHAN, E. C. Effect of high intensity ultrasound on physicochemical and functional properties of aggregated soybean  $\beta$ -conglycinin and glycinin. *Food Hydrocolloids*, v. 45, p. 102–110, 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. ZENEBO, O.; SADOCCO, N. P.; TIGLEA, P. (coord.). 4ªed. Versão eletrônica, 1ª ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2020.

JUNIOR, E. F. M. et al. Análises físico-químicas de molho de pimenta malagueta com açaí. In. *57º Congresso Brasileiro de Química. Artigo [...]*. Gramado: FAURGS, 2017. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2017/trabalhos/10/11252-18580.html>. Acesso em: 20 dez. 2020.

KARAS, R.; SKVARCA, M.; ZLENDER, B. Sensory quality of standard and light mayonnaise during storage. *Food Technology and Biotechnology*, v. 40, p. 119-127, 2002.

LOIZZO, M. R., et al. Influence of drying and cooking process on the phytochemical content, antioxidant and hypoglycaemic properties of two bell *Capsicum annuum* L. cultivars. *Food and Chemical Toxicology*, v. 53, p. 392-401, 2013.

LOIZZO, M. R., et al. Evaluation of chemical profile and antioxidant activity of twenty cultivars from *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chacoense* and *Capsicum chinense*: A comparison between fresh and processed peppers. *Food Science and Technology*, v. 64, p. 623-631, 2015.

LONGATTI, B. F. *Melhoramento genético de pimenta do tipo Jalapeño (Capsicum annuum L.)*. 2019. Tese (Doutorado em Ciências: Fitoterapia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2019. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-22012020-104830/publico/Bruna\\_Fernanda\\_Longatti.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-22012020-104830/publico/Bruna_Fernanda_Longatti.pdf). Acesso em: 14 mar. 20

MARTI, M. C., et al. Influence of fruit ripening stage and harvest period on the antioxidant content of sweet pepper cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*, v. 66, p. 416–423, 2011.

- MORAES, L. P. et al. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de molho de pimenta “dedo-de-moça” fermentado. *Biochemistry and Biotechnology Reports*, v.1, n. 2, p. 33-38, 2013.
- NENADIS, N., et al. Estimation of Scavenging Activity of Phenolic Compounds Using the ABTS+ Assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 52, p. 4669–4674, 2004.
- NEITZKE, R. S. et al. Variabilidade genética para compostos antioxidantes em variedades crioulas de pimentas (*Capsicum baccatum*). *Horticultura brasileira*, v. 33, n. 4, p. 415-421, 2015.
- NOGUEIRA, B. A. et al. Caracterização físico-química de molho de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) processado de acordo com as boas práticas de fabricação. In: *Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos: Alimentação: a árvore da vida*, 25.; 2016, Gramado. *Anais [...]*. Gramado: FAURGS, 2016. Disponível em: [https://azkurs.org/pars\\_docs/refs/26/25210/25210.pdf](https://azkurs.org/pars_docs/refs/26/25210/25210.pdf). Acesso em: 30 jun. 2020.
- OCHI, T.; TAKAISHI, Y.; KOGURE, K.; YAMAUTI, I. Antioxidant activity of a new capsaicin derivative from capsicum annum. *J Nat Prod.*, v. 66, n. 8, p. 1094-1096, 2003.
- OLDONI, T. L. C. Isolamento e identificação de compostos com atividade de uma nova variedade de própolis brasileira produzida por abelhas da espécie *Apis mellifera*. 2007. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- OLDONI, T. L. C. et al. Bioguided extraction of phenolic compounds and UHPLC-ESI-Q-TOF-MS / MS characterization of extracts of *Moringa oleifera* leaves collected in Brazil, *Food Res. Int.*, v. 125, 2019.
- ORNELAS-PAZ, J. J. et al. Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. *Food Chemistry*, v. 119, p. 1619–1625, 2010.
- PIERPOINT, W. S. The extraction of enzymes from plant tissues rich in phenolic compounds. *Methods in Molecular Biology*, v. 244, p. 65-74, 2004.
- PINTO, C., M. F. & DONZELES, S. M. L. Como cultivar pimentas *Capsicum*. *Revista Campo & Negócios: Hortifrúti*. Uberlândia, ed. 182, p. 39-45, ago. 2020.
- RAGASSI, C. F.; ZUCOLOTTI, J.; GOMES, L. M.; RIBEIRO, C. S. C.; MADEIRAa, N. R.; REIFSCHNEIDER, F. J. B et al. Productivity, quality of fruits and architecture of Jalapeño pepper at different planting densities. *Horticultura Brasileira*, v.37. p. 331-337, 2019.
- RANA, A.; MEENA; SHWETA. Ultrasonic processing and its use in food industry: A review. *International Journal of Chemical Studies IJCS*, v. 5, n. 56, p. 1961–1968, 2017.
- RÊGO, E. R.; RÊGO, M. M.; MATOS, I. W. F.; BARBOSA, L. A. Morphological and chemical characterization of fruits of *Capsicum* spp. accessions. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 3, p. 364-371, 2011.
- RIBEIRO, C. S. C.; HENZ, G. P. Processamento. In: RIBEIRO, C. S. C., et al. (eds). *Pimentas Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. E-book Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212748/1/Pimentas-Capsicum.pdf>

RODRIGUÉZ-AMAYA, D. B. *A guide to carotenoid analysis in food*. Washington DC: OMNI Reserarch ILSI Human Nutrition Institute, 2001. E-book. Disponível em: <http://beauty-review.nl/wp-content/uploads/2014/11/A-guide-to-carotenoid-analysis-in-foods.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2020.

ROSA, A.; DEIANA, M.; CASU, V.; PACCAGNINI, S.; APPENDINO, G.; BALLERO, M. *et al.* Antioxidant activity of capsinoids. *J Agric Food Chem.*, v. 50, n. 25, p.7396-7401, 2002.

SAHU, J. K. *Introduction to Advanced Food Process Engineering: Ultrasonic System for Food Processing*, Cap.8, p. 229, 2014.

SALGAÇO, M. K. *Avaliação de compostos fenólicos em pimentas Capsicum spp. em função de processos térmicos*. 2019. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/181386>. Acesso em: 10 jan. 2020.

SANDOVAL-CASTRO, C. J. *et al.* Compostos bioativos e atividade antioxidante no subproduto industrial da pimenta Jalapeño escaldada (*Capsicum annuum*). *Journal of Food Science and Technology*, v. 54, p. 1999–2010, 2017.

SILVA, A. P. S. *Avaliação do potencial antioxidante dos extratos da folha da goiaba-serrana (Acca sellowiana (O. Berg.) Burret)*. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: [https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/178056/TCC\\_goiabaserrana\\_Ana\\_Paula.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/178056/TCC_goiabaserrana_Ana_Paula.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 15 dez. 20.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 16, p. 144–158, 1965.

SORIA, A. C; VILLAMIEL, M. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review, *Trends in Food Science & Technology*, v.1, n. 7, p. 323-331, 2010.

SUCUPIRA, N. R. *et al.* Métodos para determinação de atividade antioxidante de frutos. *UNOPAR Científica: Ciências biológicas e da saúde*, v. 14, n. 4, p. 263-269, 2012.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D.H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 19, p. 669–675, 2006.

VALÉRIO-JÚNIOR, M. F. R. *et al.* Avaliação de parâmetros físico-químicos de molho de pimenta artesanal. *Estudos*, v. 41, n. 1, p. 116-127, 2014.

VERMEULEN, A. *Microbial stability and safety of acid sauces and mayonnaise-based salads assessed through probabilistic growth/no growth models*. 2008. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas Aplicadas) - University of Ghent. Disponível em: <https://biblio.ugent.be/publication/470411/file/4334568.pdf>. Acesso em: 12 out. 2020.

VERRUCK, S.; PRUDENCIO, E. S. *Ultrassom na indústria de alimentos: aplicações no processamento*. Ponta Grossa: Atena, 2018. E-book. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/e069/e0895e612418a6b3dfae5ac52edd86b75aef.pdf>. Acesso: 20 dez. 2019.

WAN, J.; MAWSON, M.; ASHOKKUMAR, M.; RONACHER, K.; *et al.* Tecnologias emergentes de processamento para alimentos funcionais. *The Australian Journal of Dairy Technology*, v. 60, p. 167 – 169, 2005.

WALKLING-RIBEIRO, M.; NOCI, F.; RIENER, J.; CRONIN, D.A.; LYNG, D.G.; MORGAN, D.J. The impact of thermosonication and pulsed electric fields on *Staphylococcus aureus* inactivation and selected. *Food Bioprocess Technol.*, v. 2, p. 422-430, 2009.

ZEPKA, L. Q.; MERCADANTE, A. Z. Degradation compounds of carotenoids formed during heating of a simulated cashew apple juice. *Food Chemistry*, v. 117, p. 28–34, 2009.

ZHUANG, Y.; CHEN, L.; SUN, L.; CAO, J. Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers. *Journal of Functional Foods*, v. 4, p. 331-338, 2012.