



MÔNICA ROCHA DE SOUSA

**TERMOSSONICAÇÃO E PASTEURIZAÇÃO CONVENCIONAL DA POLPA
DE MARACUJÁ**

**BAMBUÍ – MG
2019**

MÔNICA ROCHA DE SOUSA

**TERMOSSONICAÇÃO E PASTEURIZAÇÃO CONVENCIONAL DA POLPA
DE MARACUJÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas
Gerais- *Campus* Bambuí, como requisito
parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Gaby Patrícia Terán-Ortiz

Coorientadora: Prof^ª. Dra. Kamilla Soares de Mendonça

**BAMBUÍ – MG
2019**

MÔNICA ROCHA DE SOUSA

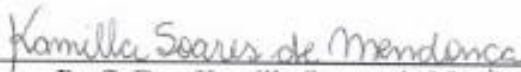
TERMOSSONICAÇÃO E PASTEURIZAÇÃO CONVENCIONAL DA POLPA
DE MARACUJÁ

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas
Gerais- *Campus* Bambuí, como requisito
parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Alimentos.

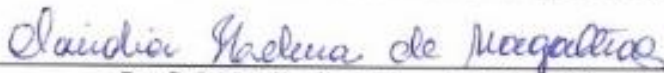
Aprovado em 18 de novembro de 2019



Prof.^a. Dra. Gaby Patricia Perán Ortiz (Orientadora - IFMG - *Campus* Bambuí)



Prof.^a. Dra. Kamilla Soares de Mendonça (Coorientadora-IFMG- *Campus* Bambuí)



Prof.^a. M.^a Cláudia Helena de Magalhães (IFMG- *Campus* Bambuí)



Prof.^a. Dra. Rafaela Corrêa Pereira (IFMG- *Campus* Bambuí)

Aos meus pais Maria Anita e Sebastião (in memoriam)

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre estar comigo, por não me desamparar e pelo cumprimento de mais uma promessa em minha vida. Obrigada, meu Deus, por sua fidelidade!

Aos meus pais, Maria Anita e Sebastião, por todo amor, carinho, apoio, compreensão e por sonharem comigo. Por me ensinarem a correr atrás dos meus objetivos, a ter esperança e enfrentar as dificuldades. Amo vocês!

À minha Orientadora, Dra. Gaby Patrícia Terán Ortiz, e à minha Coorientadora, Dra. Kamilla Soares de Mendonça, por todos os ensinamentos e experiências compartilhadas. Mais do que mestres, permitiram se tornar amigas. Gratidão a vocês!

Aos meus irmãos, Adilson, Sidney, Regiane, Irene e Aline, por todo apoio, amizade e companheirismo de sempre.

Ao meu namorado, Paulinelly de Sousa Oliveira, que acompanhou minha caminhada pela graduação, sempre me incentivando, presente nos momentos bons e difíceis. Obrigada por todo amor, companheirismo e paciência.

Aos técnicos de laboratório e a todos que me auxiliaram na realização deste trabalho, em especial à Fernanda Gonçalves Carlos e à Amanda Umbelina.

Aos mestres, pelos ensinamentos, colaboração e experiências compartilhadas durante toda a graduação.

Por fim, agradeço aos meus colegas de classe, que foram essenciais, independentemente de nossas diferenças. Em especial, à Cíntia e à Kênia, que estiveram presentes na maior parte dos meus dias, amigas e companheiras em todos os momentos.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”.

(Albert Einstein)

RESUMO

SOUSA, Mônica Rocha de. **Termossonicação e pasteurização convencional da polpa de maracujá**. Bambuí: IFMG *Campus* Bambuí, 2019. 46 p.

A pasteurização constitui o método mais empregado na indústria para conservação dos alimentos, visando à inativação de microrganismos. Porém, este método pode alterar as características nutricionais e sensoriais de alimentos relativamente sensíveis, como é o caso das polpas de frutas. O uso do ultrassom é um processo alternativo ao método convencional, que vem sendo estudado como uma forma de conservar o alimento, fornecendo um alimento seguro, sem causar reações indesejáveis. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade físico-química, microbiológica e sensorial da polpa de maracujá, submetida aos tratamentos de pasteurização convencional e por aplicação de ultrassom. Realizaram-se a contagem de coliformes a 45° C e salmonella sp e também análises físico-químicas (pH, acidez total titulável, sólidos solúveis e umidade) nas polpas submetidas aos diferentes tratamentos de conservação e na polpa antes do tratamento. Foi realizado um teste sensorial, utilizando escala hedônica, dos sucos provenientes dos diferentes tratamentos. Não houve crescimento de salmonella sp e de coliformes a 45 °C nas amostras analisadas. A contagem de bolores e leveduras está dentro dos padrões exigidos. A sonicação não causou efeitos significativos na acidez, sólidos solúveis e pH da polpa de maracujá, em relação à polpa sem tratamento, além de melhorar a aceitação sensorial do suco de maracujá. A polpa pasteurizada convencionalmente sofreu maiores alterações físico-químicas quando comparada à polpa não pasteurizada, além de obter menor aceitação em relação ao sabor. Os parâmetros de qualidade avaliados no presente estudo indicam que a pasteurização por ultrassom pode ser uma alternativa à pasteurização térmica convencional da polpa de maracujá.

Palavras-chave: Maracujá; Ultrassom; Pasteurização.

ABSTRACT

SOUSA, Mônica Rocha de. **Thermosonication and conventional pasteurization of passion fruit pulp**. Bambuí: IFMG *Campus* Bambuí, 2019. 46 p.

Pasteurization is the most widely used method in the industry for food preservation, aiming at inactivation of microorganisms. However, this method may alter the nutritional and sensory characteristics of relatively sensitive foods, such as fruit pulp. The use of ultrasound is an alternative process to the conventional method, which has been studied as a way to preserve food, providing a safe food without causing undesirable reactions. Therefore, this study aimed to evaluate the physicochemical, microbiological and sensory quality of passion fruit pulp, submitted to conventional pasteurization and ultrasound application. Coliforms were counted at 45° C and salmonella sp, as well as physicochemical analyzes (pH, total titratable acidity, soluble solids and moisture) in the pulps subjected to different preservation treatments and in the pulp before treatment. A sensory test was performed using hedonic scale of juices from different treatments. There was no growth of salmonella sp and coliforms at 45 ° C in the analyzed samples. The mold and yeast count is within the required standards. The sonication did not cause significant effects on the acidity, soluble solids and pH of the passion fruit pulp in relation to the untreated pulp, besides improving the sensory acceptance of the passion fruit juice. The pasteurized pulp conventionally underwent greater physicochemical alterations when compared to the unpasteurized pulp, besides obtaining less acceptance regarding the taste. The quality parameters evaluated in the present study indicate that ultrasound pasteurization may be an alternative to conventional thermal pasteurization of passion fruit pulp.

Keywords: Passion fruit; Ultrasound; Pasteurization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais estados produtores de maracujá	15
Figura 2 - Mecanismo de cavitação ultrassônica.....	19
Figura 3 - Efeito do ultrassom na membrana celular do microrganismo	20
Figura 4 – Ultrassom utilizado no processamento	26
Figura 5 – Contagem de bolores e leveduras das polpas submetidas aos diferentes tratamentos	31
Figura 6 - Bolores e leveduras na polpa de maracujá fresca, pasteurizada convencionalmente, e termossonicada	31
Figura 7 – Efeito da termossonicação e da pasteurização convencional no conteúdo de vitamina C da polpa de maracujá	34
Figura 8 - Efeito da termossonicação e da pasteurização convencional no conteúdo de carotenoides da polpa de maracujá.....	36
Figura 9 – Aceitação sensorial de sucos elaborados com a polpa de maracujá submetida aos diferentes tratamentos.....	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Composição do maracujá <i>in natura</i>	16
Quadro 2 - Processamento ultrassônico e efeitos no conteúdo de vitamina C.....	20
Quadro 3 - Processamento ultrassônico e efeitos no pH, Sólidos solúveis totais e Acidez titulável.....	22
Quadro 4 - Processamento ultrassônico e efeitos no conteúdo de carotenoides	23
Quadro 5 - Processamento ultrassônico e seus efeitos na aceitação sensorial de sucos de frutas	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efeitos do tratamento ultrassônico e da pasteurização convencional no pH, SST, ATT e umidade da polpa de maracujá	33
Tabela 2 - Aceitação sensorial de sucos elaborados com a polpa de maracujá submetida aos diferentes tratamentos	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Maracujá	15
2.2 Polpas de frutas	16
2.3 Processamento de alimentos	17
2.3.1 Tratamento Térmico de Alimentos	17
2.3.2 Tratamento Não-Térmico de Alimentos- Sonicação	18
2.4 Efeitos do ultrassom em alimentos	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Obtenção das polpas dos frutos	25
3.2 Tratamento de conservação das polpas	25
3.2.1 Pasteurização por aplicação de calor	26
3.2.2 Pasteurização por aplicação de ultrassom	26
3.3 Análises microbiológicas	27
3.3.1 Salmonella sp. e coliformes a 45° C	27
3.3.2 Bolores e leveduras	27
3.4 Análises físico-químicas	27
3.4.1 pH, sólidos solúveis totais e acidez titulável	27
3.4.2 Umidade	28
3.5 Análises químicas	29
3.5.1 Vitamina C	29
3.5.2 Carotenoides	29
3.6 Teste de aceitação- Escala hedônica	29
3.7 Análise estatística	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Análises microbiológicas	30
4.2 pH, sólidos solúveis, acidez titulável e umidade	32
4.3 Vitamina C	33
4.4 Carotenoides	35
4.5 Análise sensorial	37
5 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
ANEXOS	46
ANEXO A - FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL	46

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura tem grande destaque na economia brasileira, visto que o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, ficando atrás apenas da China e da Índia. O maracujá amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*) é um dos frutos tropicais de destaque na produção brasileira, sendo o País o maior produtor dessa fruta. Os frutos do maracujazeiro são bastante apreciados devido ao seu intenso sabor e aroma característicos. O maracujá é um produto consumido de vários modos: na forma de polpa, refrescos e, ainda, na preparação de geleias, doces, sorvetes, pudins, entre outros. É um fruto altamente perecível, e sua redução de qualidade ou quantidade é atribuída a danos de natureza física, fisiológica e patológica. Por isso, é de extrema importância o uso de tecnologias para a sua conservação e de seus produtos, possibilitando, assim, o aumento de sua vida útil.

A pasteurização por aplicação de calor é o método mais empregado na conservação de alimentos. Em alimentos ácidos, como é o caso das polpas de frutas, a pasteurização é aplicada com o intuito de estender a vida de prateleira desse alimento através da inativação de microrganismos, principalmente bolores e leveduras. A inativação microbiana é conseguida por meio da degradação de proteínas e enzimas essenciais ao metabolismo do microrganismo. O processamento térmico é eficiente em prolongar a vida útil dos alimentos; no entanto, pode causar efeitos indesejáveis em suas propriedades nutricionais e físico-químicas, ocasionando perdas de compostos termossensíveis, como da vitamina C e dos carotenoides.

O atual consumidor tem mudado sua concepção em relação à alimentação, procurando por alimentos nutritivos, seguros e que possuam características próximas do produto *in natura*. Assim, essa demanda tem incentivado o desenvolvimento de novas tecnologias de conservação, e a pasteurização por aplicação de ondas ultrassônicas tem sido proposta como uma alternativa ao processo de pasteurização convencional.

O ultrassom é uma tecnologia que utiliza ondas sonoras que, em frequência superior a 20 kHz, são incapazes de serem ouvidas pelo ser humano. Essa tecnologia caracteriza-se por produzir o efeito da cavitação, na qual há a formação e o crescimento de bolhas, que são formadas e expandidas devido aos ciclos de pressão e descompressão aos quais o líquido é submetido. O aumento excessivo das microbolhas, durante as ondas de pressão e descompressão, faz com que elas implodam e retornem ao seu tamanho normal, o que resulta na liberação de energia acumulada e em altas temperaturas localizadas no microambiente onde ocorre a implosão. A inativação microbiana ocorre por causa dos fenômenos físicos e

mecânicos gerados pela cavitação, resultando na diminuição da espessura e no aumento da permeabilidade da membrana celular.

O ultrassom, por si só, possui baixa eficiência na inativação de microrganismos. O emprego da termossonicação, que consiste em aliar o ultrassom com temperaturas brandas, aumenta a eficiência do processo devido ao sinergismo do ultrassom e do calor. Como nova tecnologia e aliado à demanda do consumidor por alimentos de qualidade, a pasteurização com utilização de ondas ultrassônicas requer mais estudos.

Dessa forma, objetivou-se, neste estudo, avaliar a qualidade físico-química, microbiológica e sensorial de polpa de maracujá (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*) submetida aos processos de pasteurização convencional e por termossonicação.

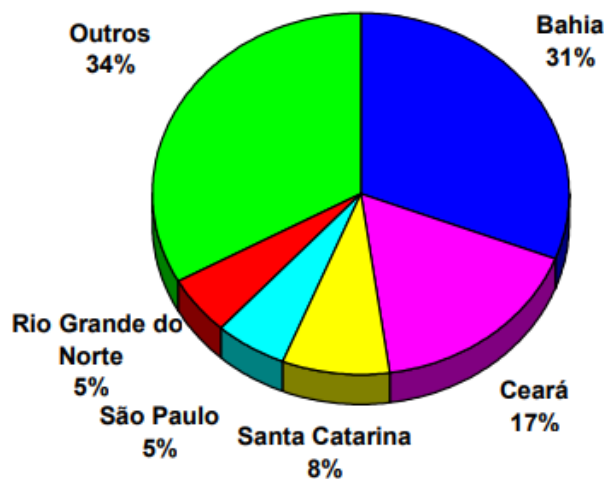
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Maracujá

O maracujá é um fruto tipo baga com formato oval ou subglobosa. Os frutos do maracujazeiro são originários da América Tropical, possuem, em média, 7 cm de comprimento por 6 cm de largura; no entanto, seu tamanho e coloração são variáveis (SEBRAE, 2016). O mais importante comercialmente, o maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*), compreende 95% das plantações no País, sendo também a espécie mais plantada no mundo (BERNACCI *et al.* 2008, MELETTI *et al.* 2011).

O Brasil é o maior produtor mundial desta fruta (RIBEIRO; ALMEIDA, 2017). Os dados de produção brasileira apontam que, em 2017, produziram-se, aproximadamente, 554,6 mil toneladas de maracujá, sendo os principais estados produtores a Bahia, Ceará, Santa Catarina, São Paulo, Rio Grande do Norte (Figura 1). Em Minas Gerais, a produção foi de 19,1 mil toneladas (EMBRAPA, 2017).

Figura 1: Principais estados produtores de maracujá



Fonte: (EMBRAPA, 2017).

Os frutos do maracujá-amarelo são benéficos à saúde e promovem o bom funcionamento do organismo. São ricos em vitamina C, cálcio, fósforo e vitaminas do complexo B (B1 e B2) (COELHO; AZEVÊDO; UMZA-GUEZ, 2016). Os aspectos sensoriais (sabor, aroma) característicos são bastante apreciados pela população (RIBEIRO; ALMEIDA, 2017),

sendo a produção brasileira destinada ao consumo *in natura* e à indústria, principalmente a de extração de polpa (SANTOS, 2017). O Quadro 1 apresenta uma compilação da composição do maracujá *in natura*.

Quadro 1 - Composição do maracujá *in natura*

Componentes	(ZERAİK <i>et al.</i> , 2010)	(CORRÊA <i>et al.</i> , 2016)	(TACO, 2011)
Umidade (%)	72,20	85,62	82,9
Proteínas (g)	3,00	0,39	2,00
Gordura (g)	0,12	0,05	2,10
Cinzas (%)	0,50	0,34	0,80
Sódio (mg)	8,00	6,00	2,00
Potássio (mg)	208,00	278,00	338,00
Cálcio (mg)	6,80	4,00	-
Ferro (mg)	0,60	0,60	5,00
Fósforo (mg)	63,80	13,00	51,00
Magnésio (mg)	28,00	17,00	28,00
Zinco (mg)	0,60	0,05	0,4
Cobre (mg)	0,19	0,053	0,19
Vitamina A (U.I)	200,00	-	-
Tiamina (mg)	Traços	-	Traços
Riboflavina (mg)	0,10	0,131	0,05
Niacina (mg)	1,50-2,20	2,46	Traços
Ácido ascórbico (mg)	22,00	29,80	19,8

Os carotenoides são pigmentos naturais antioxidantes que atuam reduzindo os radicais livres da membrana lipoproteica. Esse nutriente é transformado indiretamente em vitaminas A, C, B2 e B3 (NEVES, 2018), e sua concentração na polpa de maracujá é de 419 µg/100g (CORRÊA *et al.*, 2016).

2.2 Polpas de frutas

O aumento da produção de polpa deve-se ao crescimento significativo do consumo de frutas e seus derivados por consumidores que têm buscado por uma alimentação saudável

(SILVA *et al.*, 2016). Além disso, o processamento das frutas em forma de polpa permite o consumo desses produtos em diferentes épocas do ano (ALVARENGA *et al.*, 2017).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) define polpa de fruta, pelo Regulamento Técnico Geral, para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Fruta, como “o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, por meio de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto” (BRASIL, 2000).

A qualidade das polpas de frutas está relacionada às suas características nutricionais, microbiológicas e organolépticas, aos quais devem ser próximas da fruta *in natura*. Os requisitos microbiológicos são importantes no controle de qualidade, pois a presença de microrganismos patogênicos e deterioradores pode oferecer riscos à saúde do consumidor e diminuir a vida útil do produto. Da mesma forma, devem-se considerar as qualidades sensoriais (aroma, sabor, cor e consistência) e as características físicas e químicas (cor, pH, sólidos solúveis, acidez titulável e vitamina C), uma vez que são importantes na padronização do produto (CASTRO *et al.*, 2015).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), define os padrões microbiológicos para cada alimento. As polpas de frutas, concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas, possuem parâmetros somente para coliformes a 45°C e para salmonella sp., com, no máximo, 10² UFC/g e ausência em 25 g, respectivamente. Da mesma forma, o MAPA, por meio da Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018, estabelece padrões microbiológicos para polpas de frutas, sendo o limite de bolores e leveduras 5×10³ UFC/g e 2×10³ UFC/g, para polpas *in natura* e polpas conservadas quimicamente e/ou que sofreram tratamento térmico, respectivamente (BRASIL, 2018).

2.3 Processamento de alimentos

2.3.1 Tratamento Térmico de Alimentos

A pasteurização é um tratamento térmico que envolve a aplicação de calor (geralmente inferior a 100°C) no alimento por determinado período de tempo, tendo como principal objetivo prolongar o seu período de vida útil por meio da eliminação e/ou redução da microbiota (formas vegetativas dos microrganismos patogênicos a alteradores) e, simultaneamente, da inativação

de enzimas deteriorantes (FELLOWS, 2018). O binômio tempo/temperatura a ser utilizado irá depender da carga de microbiana inicial do produto e também das condições de transferência de calor (CORREIA; FARAONI; PINHEIRO-SANT'ANA, 2008).

Os métodos empregados no processamento de alimentos influenciam na sua qualidade. A pasteurização térmica tem sido o processo mais utilizado na conservação de alimentos, sendo um método eficiente, que confere maior prazo de validade e estabilidade nestes. Entretanto, pode ter efeitos adversos sobre as propriedades nutricionais, físico-químicas e sensoriais dos alimentos (ADIOMO *et al.*, 2018).

Saeeduddin *et al.* (2015) relataram que pasteurização convencional do suco de pera, particularmente a 95°C, promoveu a segurança microbiológica do produto e diminuição da atividade residual de enzimas, mas causou perdas severas nos componentes alimentares funcionais. Da mesma forma, observaram uma redução significativa na capacidade antioxidante de amostras desse suco.

Etzbach *et al.* (2019), ao investigarem os efeitos da pasteurização térmica na composição de carotenoides do purê de amora silvestre, constataram uma perda de aproximadamente 11,5% no conteúdo de carotenoides totais do purê.

Santhirasegaram *et al.* (2015), ao pesquisarem os efeitos do processamento térmico nos atributos sensoriais do suco de manga, relataram que as amostras tratadas termicamente foram menos preferidas, ficando abaixo da pontuação de rejeição. O suco de laranja feito com a polpa tratada termicamente também obteve menores médias (KHANDPUR; GOGATE, 2015).

2.3.2 Tratamento Não-Térmico de Alimentos- Sonicação

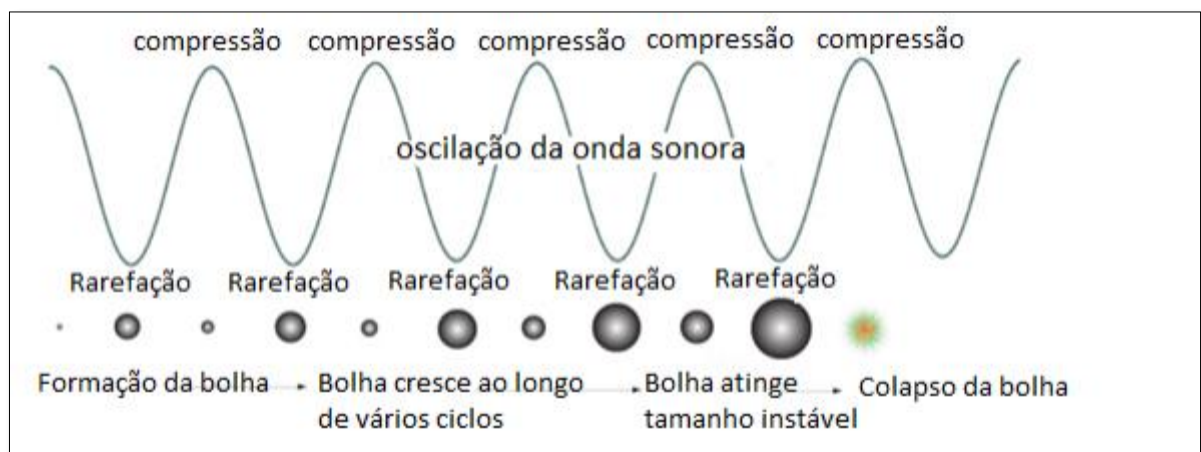
O consumidor está mais consciente quanto à importância de uma alimentação saudável, e, por isso, tem procurado por produtos com alto valor nutricional, características sensoriais próximas ao *in natura* e que sofram alterações mínimas durante o processamento. Nesse sentido, aliadas a essa demanda, novas tecnologias de conservação têm sido estudadas (BINOTI; RAMOS, 2015), as quais promovam pasteurização mais branda no que tange aos atributos sensoriais e componentes nutricionais, sendo igualmente eficientes na redução da carga microbiana (SAIKIA, MAHNOT, MAHANTA, 2015).

Dentre essas tecnologias, o ultrassom tem sido alvo de muitos estudos, sendo empregado na melhoria de processos como filtragem, desaeração, despolimerização, cozimento,

cristalização, emulsificação, corte, extração, secagem, fermentação, pasteurização, entre outros (VERRUCK; PRUDENCIO, 2018).

O ultrassom é uma tecnologia que utiliza ondas sonoras que, em frequência superior a 20 kHz, são incapazes de serem ouvidas pelo ser humano. Essa tecnologia caracteriza-se por produzir o efeito da cavitação, na qual há a formação e o crescimento de bolhas (ZINOVIADOU *et al.*, 2015). Durante a cavitação, as bolhas de vapor ou gás formadas sofrem oscilações devido aos ciclos de expansão e compressão, que resultam na implosão das bolhas após se colapsarem violentamente (Figura 2) (DOLAS; KAUR, 2018).

Figura 2: Mecanismo de cavitação ultrassônica.

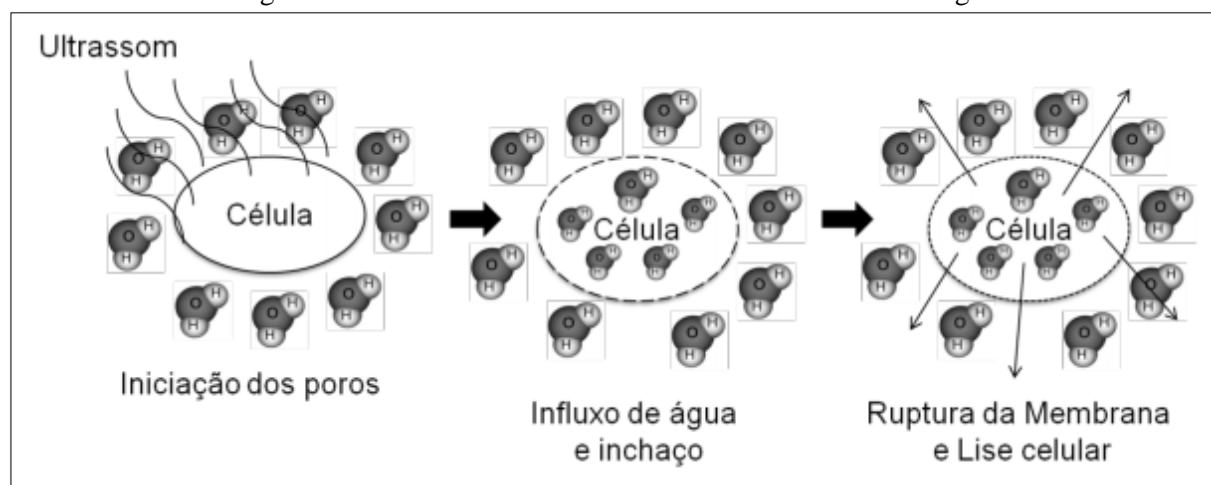


Fonte: (TEIXEIRA, 2016).

Existem dois tipos de cavitação acústica: a transitória e a estável. O primeiro tipo ocorre quando as bolhas de cavitação, cheias de gás ou vapor, sofrem oscilações irregulares e implodem, causando mudança de temperatura e pressão. O colapso das bolhas produz altas taxas de cisalhamento, que podem danificar a membrana das células bacterianas. Na cavitação estável, por outro lado, as bolhas oscilam de forma regular, permanecendo intactas (VERRUCK; PRUDENCIO, 2018).

A sonicação, por meio do fenômeno de cavitação, provoca o afinamento da membrana celular, produção de radicais livres e a extrusão da matriz intracelular, resultando na morte microbiana (Figura 3) (JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, 2017). A eficácia da inativação microbiana depende do microrganismo alvo e pode ser aumentada quando o tratamento ultrassônico é aliado ao calor (LI; FARID, 2016).

Figura 3: Efeito do ultrassom na membrana celular do microrganismo



Fonte: (VERRUCK; PRUDENCIO, 2018).

O processo de sonicação, combinado com o calor, é comumente chamado de termossonicação. O sinergismo entre o ultrassom e o calor proporciona vantagens como menor tempo de processamento e temperatura e aumento da taxa de inativação de microrganismos (DOLAS; KAUR, 2018).

2.4 Efeitos do ultrassom em alimentos

O ultrassom é uma tecnologia emergente que tem sido bastante estudada, sendo que vários estudos relatam efeitos mínimos dele nas características dos alimentos (DARS *et al.*, 2019; TAMADONI *et al.*, 2017; ZAFRA-ROJAS *et al.*, 2013).

A vitamina C, ácido ascórbico, é um composto importantíssimo que tem sido associado à redução dos riscos de doenças cardiovasculares e cancerosas (AADIL *et al.*, 2013). Esse composto é muito sensível ao calor, e sua degradação no processamento por ultrassom depende da intensidade do tratamento, da temperatura e do tempo de processamento (POKHREL *et al.*, 2017). Os efeitos do ultrassom no teor de ácido ascórbico são controversos, pois alguns trabalhos relatam aumento deste nutriente; outros, porém, alegam diminuição (AGUILAR *et al.*, 2017). O Quadro 2 apresenta a compilação dos efeitos do processamento ultrassônico no conteúdo desta vitamina.

Quadro 2 - Processamento ultrassônico e efeitos no conteúdo de vitamina C

Processo	Produto	Efeitos	Referência
Ultrassônicaç�o (20 kHz, 400 W) durante 4, 8, 12 e 16 min	Suco de Kiwi	O cont�eudo de �cido asc�rbico diminuiu significativamente quando comparado � amostra n�o tratada, com diminui�o de 55,09 %, 54,47 %, 46,42 % e 38,21 % para os tratamentos durante 16, 12, 8 e 4, respectivamente	(WANG; VANGA; RAGHAVAN, 2019)
Sonica�o (25 kHz, 500 W) por 15, 30, 45 e 60 min na temperatura constante de 25 � C	Suco de p�era	O teor de �cido asc�rbico aumentou � medida que o tempo aumentou, promovendo altera�es significativas nas amostras tratadas durante 30, 45 e 60 min	(SAEEDUDDIN <i>et al.</i> , 2016)
Sonica�o (20 kHz, 750 W e amplitude de 70%) por 10 min nas temperaturas de 25, 45 e 65 � C	Suco de p�era	A sonica�o a 25 � C aumentou significativamente o cont�eudo de vitamina C; no entanto, o teor desse composto diminuiu em temperaturas maiores	(SAEEDUDDIN <i>et al.</i> , 2015)
Ultrassonica�o (28 kHz, 600W) por 30, 60, e 90 min a 20� C	Suco de Toranja	Aumento significativo no teor de vitamina C em todas as amostras analisadas	(AADIL <i>et al.</i> , 2013)

Preservar a qualidade físico-química da polpa é um fator importante para se obter um produto padronizado (SILVA *et al.*, 2016). Os achados dos efeitos do ultrassom no pH, acidez titulável e sólidos solúveis de alguns estudos são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Processamento ultrassônico e efeitos no pH, Sólidos solúveis totais e Acidez titulável

Processo	Produto	Efeitos	Referência
Termossonicação (24 kHz, 400 W, 120 µm) nas temperaturas de 50, 54 e 58 ° C	Suco de Cenoura	Não houve alterações significativas no pH, ATT e Brix	(POKHREL <i>et al.</i> , 2017)
Sonicação (40 kHz) por 10 e 30 min	Suco de Morango	A sonicação não induziu alterações significativas no Brix e ATT do suco de morango	(TAMADONI <i>et al.</i> , 2017)
Sonicação (33 kHz, 60w) durante 10, 20, 30, 40 e 60 min	Cereja	Afetou significativamente o pH, SST e a ATT	(MUZAFFAR <i>et al.</i> , 2016)
Ultrassonicação (28 kHz, 600W) por 30, 60, e 90 min a 20° C	Suco de Toranja	Não provocou alterações significativas no pH, ATT e Brix	(AADIL <i>et al.</i> , 2013)

Os carotenoides são compostos bioativos de grande importância, conferindo cor e valor nutricional aos produtos à base de frutas (ZINOVIADOU *et al.*, 2015). Além disso, esse nutriente atua no sistema imunológico e reduz os riscos de doenças cardiovasculares e degenerativas (KHANDPUR; GOGATE, 2015). Alguns estudos mostram aumento no teor de carotenoides após tratamento por ultrassom, sendo esse fato atribuído à desintegração da membrana celular, podendo resultar em aumento de carotenoides livres (ETZBACH *et al.*, 2019; GUERROUJ *et al.*, 2016). Entretanto, a degradação deste nutriente também foi observada, e isso pode ser atribuído à isomerização de carotenoides (SANTHIRASEGARAM; RAZALI; SOMASUDRAM, 2013) e às interações de radicais livres, resultando em reações de oxidação (ZINOVIADOU *et al.*, 2015). O Quadro 4 apresenta a compilação dos achados dos efeitos do processamento ultrassônico no conteúdo de carotenoides.

Quadro 4 - Processamento ultrassônico e efeitos no conteúdo de carotenoides

Processo	Produto	Efeitos	Referência
Sonicação (44 kHz, 600 W, 0,348 W/cm ³) por 15, 30, 45 e 60 min nas temperaturas de 25, 30, 35, 40 e 45	Suco de carambola	A sonicação não induziu alterações significativas no teor de carotenoides	(NAYAK; CHANDRASEKAR; KESAVAN, 2018)
Termossonicação (24 kHz, 400 W, 120 µm) nas temperaturas de 50, 54 e 58 ° C	Suco de Cenoura	O tratamento com ultrassom provocou um leve aumento no teor de carotenoides, porém não foi significativo	(POKHREL <i>et al.</i> , 2017)
Ultrassonicação (1000 W, 20 kHz) durante 40, 60 e 90 s nas temperatura de 45, 70 e 75°C	Purê de Amora	A ultrassonicação não mostrou efeito significativo no teor total de carotenoides	(AADIL <i>et al.</i> , 2013)
Sonicação (20 kHz, 24,4-61 µm, 25-45 ° C, 0-10 min)	Suco de melância	Diminuição significativa no conteúdo de licopeno das amostras processadas quando o nível de amplitude, tempo de processamento e temperatura foram aumentados	(RAWSON <i>et al.</i> , 2011)

Atributos de qualidade sensorial de produtos de frutas desempenham um papel importante no desenvolvimento de produtos no que diz respeito aos aspectos de controle de qualidade e satisfação do consumidor (TAMADONI *et al.*, 2017), uma vez que podem contribuir para a aceitação ou rejeição do produto por este (KHANDPUR; GOGATE, 2015). O Quadro 5 apresenta alguns resultados da aceitação sensorial de sucos de frutas processadas por ultrassom.

Quadro 5 - Processamento ultrassônico e seus efeitos na aceitação sensorial de sucos de frutas

Processo	Produto	Efeitos	Referência
Sonicação (44 kHz, 600 W, 0,348 W/cm ³) por 15, 30, 45 e 60 min nas temperaturas de 25, 30, 35, 40 e 45	Suco de carambola	Não houve alterações significativas na cor, odor, sabor e aceitação geral	(NAYAK; CHANDRASEKAR; KESAVAN, 2018)
Termossonicação (1,4 W / ml por 5 min) e (1,4 W / ml por 10 min) ambos na temperatura de 55 ° C	Suco de fruto do sangue	As amostras de suco termossonicado receberam maiores notas em todos os atributos (cor, gosto, sensação na boca, sabor e aceitação geral) em comparação com a pasteurização convencional	(RAJU; DEKA, 2018)
Sonicação (40 kHz) por 10 e 30 min	Suco de Morango	O tratamento não afetou o odor e a cor, porém afetou significativamente os atributos de sabor avaliados através da acidez e doçura	(TAMADONI <i>et al.</i> , 2017)
Sonicação (20 kHz, 100W) por 15 min a 40° C	Suco de Laranja	O suco feito com a polpa processada por ultrassom, obteve maiores médias quando comparado ao tratamento térmico. Alterações significativas foram observadas na intensidade de odor, cheiro e aceitação geral das amostras	(KHANDPUR; GOGATE, 2015)

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí em parceria com o Laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Lavras – UFLA.

Os maracujás (*Passiflora edulis*) foram obtidos no comércio local da cidade de Bambuí - MG e enviados ao Setor de Processamento de Frutos do IFMG – *Campus* Bambuí, onde foi realizado o beneficiamento dos frutos.

3.1 Obtenção das polpas dos frutos

Os frutos foram selecionados quanto à ausência de injúrias mecânicas, fitopatologias e grau de maturação. Após a seleção visual, os frutos foram lavados e sanitizados com solução 200 mg/L de cloro ativo por 10 minutos, de acordo com Granato *et al* (2009). Os frutos foram despulpados em despulpador multi-estágio (Cofribras, Americana). As polpas foram envasadas em sacos de polietileno de baixa densidade e congeladas em temperatura de -18 °C, até que os tratamentos fossem efetuados.

3.2 Tratamento de conservação das polpas

A polpa de maracujá foi submetida a dois tratamentos de conservação: pasteurização por aplicação de calor, convencionalmente pasteurizada (CP), e termossonicação (TS), ultrassom combinado com tratamento térmico. O primeiro tratamento foi realizado no Setor de Frutos do IFMG - *Campus* Bambuí, e a termossonicação, no Laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Imediatamente após cada tratamento, as polpas foram resfriadas até temperatura ambiente e envasadas em embalagens de plástico polietileno de baixa densidade, previamente higienizadas. As polpas de frutas pasteurizadas e envasadas foram armazenadas a -18°C até a realização das análises. Para a execução de cada análise, as amostras foram previamente descongeladas sob refrigeração (4°C).

3.2.1 Pasteurização por aplicação de calor

A polpa convencionalmente pasteurizada foi obtida por aplicação direta de calor. O tratamento foi iniciado com o pré-aquecimento de 300 mL de polpa em béquer de vidro, em banho termostático, até a temperatura de 30 ° C. O tratamento foi realizado até a amostra atingir 83 ° C por 340 s (MANGANELLI *et al.*, 2018). Durante todo o aquecimento da polpa de fruta, a temperatura foi monitorada por termômetro infravermelho.

3.2.2 Pasteurização por aplicação de ultrassom

O tratamento foi iniciado com o pré-aquecimento de 300 mL de polpa em béquer de vidro, em banho termostático, até as amostras atingirem 50°C. A polpa pasteurizada por ultrassom foi obtida por sonicação de 300 mL da polpa de maracujá em banho ultrassônico (USC 2850A, Unique, Indaiatuba) (Figura 4) por 30 minutos, sob a temperatura de 50°C (SAIKIA, MAHNOT, MAHANTA, 2015). O ultrassom operou a 8 kW, na frequência de 25 kHz.

Figura 4: Ultrassom utilizado no processamento.



Fonte: Autora (2019).

3.3 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram efetuadas no Laboratório de Microbiologia do IFMG - *Campus* Bambuí, antes das polpas serem submetidas aos métodos de conservação e após o tratamento, para verificar a redução da contagem microbiana. As análises foram realizadas imediatamente antes da aplicação do teste de aceitação por escala hedônica.

3.3.1 *Salmonella* sp. e coliformes a 45° C

As amostras foram submetidas à pesquisa de *Salmonella* sp e de coliformes a 45 °C, de acordo com Brasil (2001), seguindo os procedimentos de plaqueamento descritos por Silva *et al.* (2017).

3.3.2 Bolores e leveduras

A quantificação de bolores e leveduras foi realizada de acordo com Brasil (2018) e através do método de contagem padrão em placas (SILVA *et al.*, 2017), sendo determinado o número de unidades formadoras de colônias (UFC).

3.4 Análises físico-químicas

As análises foram efetuadas antes das polpas serem submetidas aos métodos de conservação (nomeadas de tratamento controle) e após o tratamento, para verificar o efeito do tratamento sobre as polpas.

As análises de acidez, sólidos solúveis totais, pH e umidade seguiram a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2005) e foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas do IFMG - *Campus* Bambuí, destacando-se que foram efetuadas em triplicata.

3.4.1 pH, sólidos solúveis totais e acidez titulável

O pH das amostras foi determinado utilizando-se um pHmetro digital de bancada (LUCA-210) previamente calibrado com soluções-tampão pH 4 e 7.

Os sólidos solúveis totais foram determinados por refratometria, utilizando-se refratômetro portátil (EEQ 9030), sendo o resultado expresso em °Brix.

A acidez titulável foi determinada por volumetria, com indicador fenolftaleína, onde 5g de cada amostra foi homogeneizada e diluída com 100 mL de água destilada. A solução foi titulada com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, e a acidez total, expressa em g de ácido cítrico, calculada por meio da Equação 1:

$$ATT = \frac{V \times F \times M \times PM}{10 \times P \times n} \quad (1)$$

Onde: V = volume da solução de NaOH gasto na titulação em mL; F = fator de correção da solução de NaOH; M = molaridade da solução de NaOH; PM = peso molecular do ácido correspondente (ácido cítrico = 192 g); P = volume da amostra em mL; n = número de hidrogênios ionizáveis (ácido cítrico = 3).

3.4.2 Umidade

Para a determinação de umidade, utilizaram-se 10 g de amostra dispostas em cápsulas de porcelana previamente secas. A umidade foi determinada segundo a técnica gravimétrica, na qual é empregado o calor em estufa ventilada, à temperatura de 105°C, até a obtenção de peso constante. A umidade foi calculada por meio da Equação 2:

$$\frac{100 \times N}{P} \quad (2)$$

Onde: N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g); P = n° de gramas da amostra.

3.5 Análises químicas

3.5.1 Vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado por método colorimétrico, com 2,4 dinitrofenilhidrazina (2,4-DNPH), de acordo com Strohecker; Henning (1967). As amostras foram analisadas em espectrofotômetro a 520 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de peso fresco.

3.5.2 Carotenoides

A extração e a determinação de carotenoides foram realizadas segundo técnica descrita por Rodriguez-Amaya (1999). Eles foram extraídos com acetona e éter e transferidos para um funil de separação, onde foram feitas sucessivas lavagens para eliminação da acetona. Ao final, o volume foi completado para 25 ml, com éter de petróleo, sendo feita a leitura no espectrofotômetro a 450 nm. O teor de carotenoides foi expresso em micrograma de carotenoides por grama da amostra, calculado a partir da Equação 3:

$$\beta - Caroteno = \frac{Abs \times V \times 10^6}{E_{1\%}^{1\text{cm}} \times M \times 100} \quad (3)$$

Onde: *Abs* = absorvância da solução de comprimento de onda (450 nm para o betacaroteno); *V* = volume total do extrato; $E_{1\%}^{1\text{cm}}$ = coeficiente de absorção (2592 para o betacaroteno); *M* = massa da amostra tomada para análise.

3.6 Teste de aceitação- Escala hedônica

Amostras de suco de maracujá foram preparadas na proporção 3:1 (água/polpa), com adição de 7% de sacarose, sendo, posteriormente, servidos cerca de 30 mL em copos plásticos descartáveis codificados com 3 dígitos. As amostras de sucos foram submetidas a uma avaliação realizada por 50 provadores não treinados, em cabines individuais do Laboratório de Análise Sensorial do IFMG - *Campus Bambuí*. Para expressar a opinião dos provadores, utilizou-se uma escala hedônica de 7 pontos (Anexo A), variando de “desgostei extremamente” a “gostei

extremamente” (CHAVES e SPROESSER, 1999), sendo analisados os atributos textura, cor, sabor, aroma e impressão global.

3.7 Análise estatística

Para a análise dos resultados, os dados foram submetidos à análise de variância com o auxílio do sistema SISVAR (FERREIRA, 2010) a 5% de significância. As diferenças significativas foram discriminadas pelo Teste de Tukey.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

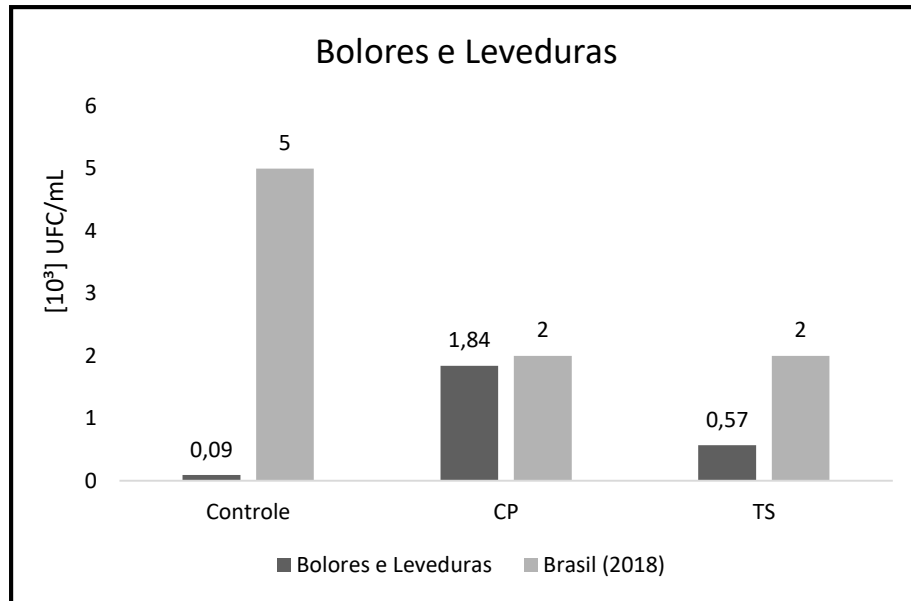
4.1 Análises microbiológicas

A Resolução da Diretoria Colegiada da Anvisa, número 12, de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), estabelece os padrões microbiológicos para alimentos. O limite de coliformes a 45 °C e *Salmonella* sp é de 10² UFC/g e ausência em 25g, respectivamente. Não houve crescimento de *Salmonella* sp e de coliformes a 45 °C nas amostras analisadas antes e após tratamentos; logo, as amostras se encontravam dentro dos padrões estabelecidos.

O fato de não ter sido observado crescimento de *Salmonella* sp e coliformes a 45 °C nas amostras analisadas pode ser atribuído ao pH da polpa de maracujá, que foi de 3,10 nas polpas-controladas e pasteurizadas convencionalmente, e de 3,11 na polpa termossonicada. De acordo com Neto *et al.* (2016) e Hoffmann (2001), o pH mais baixo é desfavorável ao crescimento desses microrganismos.

Os bolores e leveduras são deterioradores importantes em frutas, visto que se desenvolvem bem nesse ambiente e, além disso, competem com menor gama de bactérias (SILVA N. *et al.*, 2018). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, por meio da Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018 (BRASIL, 2018), estabelece padrões microbiológicos para polpas de frutas, sendo o limite de bolores e leveduras 5 × 10³ UFC/g e 2 × 10³ UFC/g para polpas *in natura* e polpas conservadas quimicamente e/ou que sofreram tratamento térmico, respectivamente. Dessa forma, a polpa *in natura* e as polpas pasteurizadas, nos diferentes tratamentos, apresentaram resultados dentro dos padrões preconizados pela legislação (Figura 5).

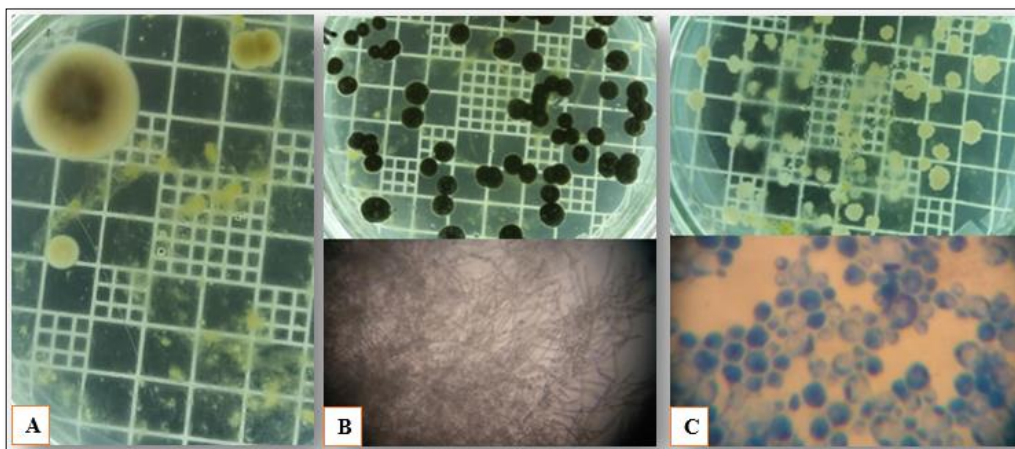
Figura 5: Contagem de Bolores e leveduras das polpas submetidas aos diferentes tratamentos



Fonte: Autora (2019).

Apesar das amostras estarem dentro dos padrões microbiológicos exigidos pela legislação, o que se percebe comparando-se os tratamentos de termossonicação e pasteurização convencional com a polpa fresca, é que as amostras apresentaram um aumento na carga microbiana inicial. Além disso, como mostrado na Figura 6, a pasteurização convencional inibiu o crescimento de leveduras; em contrapartida, a termossonicação inibiu o crescimento de bolores.

Figura 6- Bolores e leveduras na polpa de maracujá fresca (A), pasteurizada convencionalmente (B) e termossonicada (C).



Fonte: Autora (2019).

A comparação entre as amostras submetidas à CP e as amostras-controle mostrou que a CP inibiu o crescimento de leveduras e que a carga microbiana das amostras tratadas por CP, evidenciada apenas por bolores, foi maior que a contagem total de bolores e leveduras da polpa fresca. O aumento da carga microbiana (bolores), na amostra tratada por CP, pode ser devido à germinação de esporos, que são estruturas resistentes capazes de deteriorar os alimentos (SILVA F. *et al.*, 2018). Berni *et al.* (2017) relatam que os esporos resistentes ao calor, que são considerados parte da microbiota e produtos de frutas, podem sobreviver por muito tempo em estado de dormência, o qual pode ser quebrado após tratamento térmico de ativação, podendo ocorrer o sequente crescimento de micélio.

A TS inibiu o crescimento de fungos filamentosos e evidenciou uma maior contagem de leveduras em comparação à polpa-controle. Os fungos filamentosos podem ter sido inibidos devido à ruptura celular decorrente da cavitação (DOLAS; KAUR, 2018; MUZAFFAR *et al.*, 2016), ou, ainda, em decorrência da perda da resistência inerente aos esporos, com subsequente inativação pelo calor devido à vulnerabilidade adquirida após tratamento ultrassônico (SILVA F. *et al.*, 2018). O aumento na contagem de leveduras pode ter ocorrido por causa da cavidade ou poros formados na membrana celular. Conforme relatam Ojha *et al.* (2017), a sonoporação, que são cavidades ou poros formados durante o processo de sonicação, pode causar efeitos positivos ou negativos no desempenho das células microbianas. Dessa forma, um baixo nível de sonoporação pode favorecer a transferência de massa e remover subprodutos do metabolismo celular, favorecendo, assim, o crescimento microbiano.

Huang *et al.* (2017) também relatam que, dependendo das condições, o ultrassom pode promover o crescimento microbiano. Ele pode induzir à perda de grupos celulares, aumentar a utilização de nutrientes pelas células bacterianas, acelerar a transferência de substâncias que irão promover o crescimento celular, bem como fornecer um ambiente ideal para o crescimento microbiano.

4.2 pH, sólidos solúveis, acidez titulável e umidade

Os resultados correspondentes aos efeitos dos diferentes tratamentos no pH, acidez titulável, sólidos solúveis e umidade da polpa de maracujá são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Efeitos do tratamento ultrassônico e da pasteurização convencional no pH, ATT, SST e umidade da polpa de maracujá

Tratamentos	pH	ATT ¹ (g/100 g de ácido cítrico)	SST ² (° Brix)	Umidade (%)
Controle	3,10 ± 0,03 a	4,03 ± 0,58 b	10,83 ± 0,06 b	86,88 ± 0,06 a
CP	3,10 ± 0,01 a	6,05 ± 0,46 a	18,36 ± 0,15 a	79,38 ± 0,16 c
TS	3,11 ± 0,01 a	4,61 ± 0,18 b	10,83 ± 0,06 b	86,34 ± 0,09 b

Resultados expressos em média ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ¹ ATT: acidez total titulável; ²SST: sólidos solúveis totais.

Não houve diferença significativa nos valores de pH, acidez titulável e sólidos solúveis da polpa de maracujá sem tratamento e tratada por ultrassom. De acordo com Silva *et al.* (2016), a preservação dos parâmetros físico-químicos indica a qualidade das polpas.

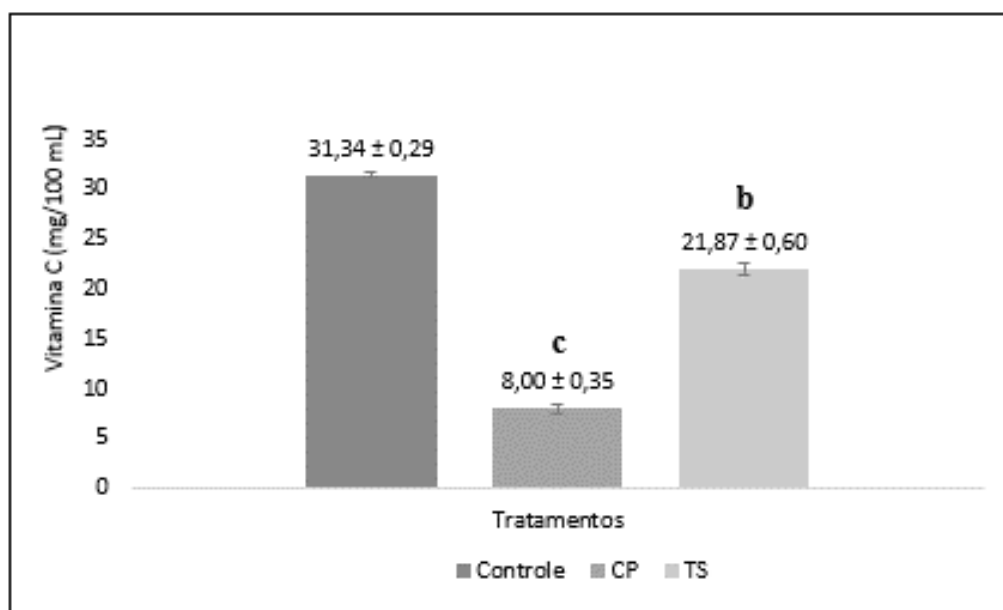
Esses resultados estão de acordo com Saeeuddin *et al.* (2015), que relataram mudanças não significativas nos sólidos solúveis totais, pH e acidez do suco de pera como resultado da pasteurização ultrassônica em várias temperaturas. Pokhrel *et al.* (2017) também não observaram alterações no pH, SST e ATT do suco de cenoura submetido a ultrassom e temperaturas brandas (20 kHz, 50, 54 e 58° C). Outros autores também mencionaram efeitos não significativos nos sólidos solúveis, pH e acidez (ANAYA-ESPARZA *et al.*, 2017; ABID *et al.*, 2014; ABID *et al.*, 2013; ADEKUNTE *et al.*, 2010).

A pasteurização convencional provocou alterações significativas, sendo evidenciados um aumento na acidez e nos sólidos solúveis totais e uma diminuição na umidade da polpa. Esse maior teor de sólidos solúveis, evidenciado nas polpas pasteurizadas por aplicação direta de calor, indica que houve perda de água durante o processamento térmico e, conseqüentemente, concentração do teor de sólidos solúveis totais (ZILLO *et al.*, 2014). Anaya-Esparza *et al.* (2017) também relataram um aumento nos sólidos solúveis totais do néctar de graviola em relação ao fresco.

4.3 Vitamina C

Os resultados em relação ao efeito da termossonicação e do tratamento térmico no conteúdo do vitamina C da polpa de maracujá são demonstrados na Figura 7.

Figura 7: Efeito da termossonicação e da pasteurização convencional no conteúdo de vitamina C da polpa de maracujá



Fonte: Autora (2019).

Houve diferença significativa no teor de vitamina C da polpa *in natura* submetida aos tratamentos de pasteurização convencional e por ultrassom. A retenção da vitamina C submetida ao tratamento térmico convencional (CP) foi em torno de 25,52%, enquanto a retenção da vitamina C da polpa submetida à termossonicação (TS) foi de 69,78%.

A maior retenção de vitamina C no processo de TS ocorreu devido à remoção do oxigênio dissolvido e ao emprego de temperatura branda (JABBAR *et al.*, 2015). Em contrapartida, a menor retenção de vitamina C nas polpas pasteurizadas por tratamento térmico convencional deveu-se à oxidação desse composto e em virtude da alta temperatura empregada (KHANDPUR; GOGATE, 2015).

De acordo com Aguilar *et al.* (2017), a vitamina C é um nutriente essencial e muito sensível sob condições de processamento, sendo considerada um indicador que estima a deterioração da qualidade durante o processamento.

Dars *et al.* (2019), ao avaliarem o efeito da termossonicação (250 W, 25, 45, 65 e 95 °C por 10 min) na qualidade do suco de manga, relataram que, em temperaturas maiores que 45 °C, a perda de vitamina C torna-se proeminente, exercendo um efeito significativo na degradação desse composto. Da mesma forma, Saeeduddin *et al.* (2015), ao processarem suco de pera, concluíram que temperaturas mais elevadas de tratamento podem induzir à decomposição química do ácido ascórbico a taxas mais elevadas. Dessa forma, em contraposição à

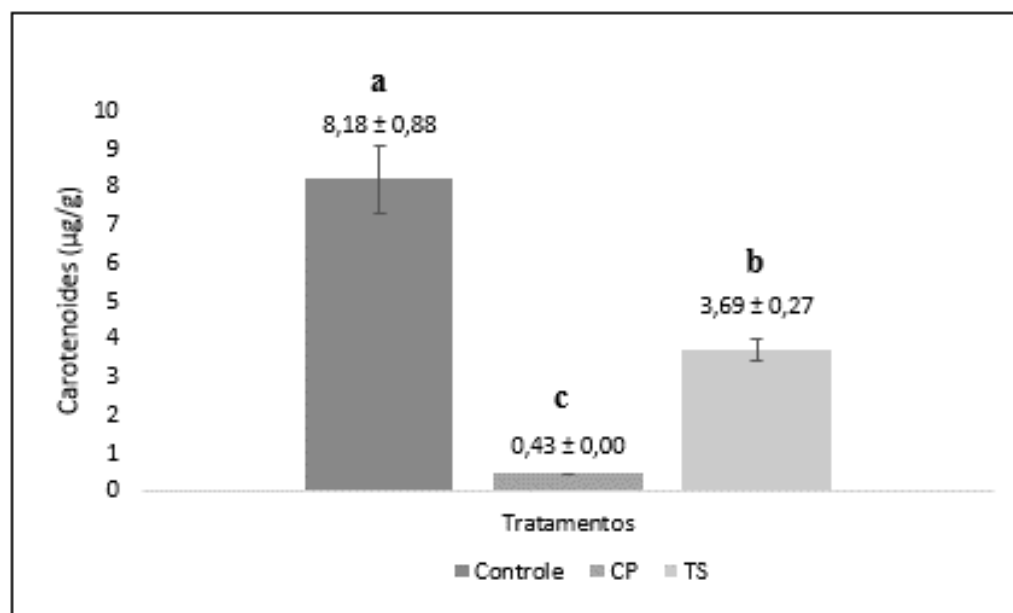
pasteurização convencional, a ultrassônica revelou uma maior retenção do conteúdo de vitamina C. Santhirasegaram, Razali e Somasundram (2013) também encontraram resultados semelhantes aos de Saeeduddin *et al.* (2015) para suco de manga, evidenciando uma maior perda deste nutriente no suco tratado termicamente.

A vitamina C é um composto instável e que se decompõe com facilidade. Em relação aos efeitos da termossonicação sobre ele, pode-se dizer que a retenção da vitamina C é diminuída quando há o aumento da amplitude e do tempo de processamento, bem como quando ocorre o emprego de temperaturas mais altas. Dessa forma, processamentos mais leves promovem maior retenção deste nutriente (RAWSON *et al.*, 2011). Raju e Deka (2018) também reforçam que esses fatores são cruciais na retenção da vitamina C.

4.4 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos presentes em frutas e vegetais, conferindo-lhes cor amarela, laranja ou vermelha. Resultados de estudos indicam que esse composto age na atividade antioxidante, inibe mutações genéticas e melhora o sistema imunológico. Dessa forma, uma dieta rica deste nutriente está relacionada a uma menor incidência de doenças cancerosas, infecciosas, cardiovasculares e diabetes (MILANI *et al.*, 2017; SAINI; NILI; PARK, 2015). Os efeitos da termossonicação e da pasteurização convencional sobre o conteúdo de carotenoides da polpa de maracujá são demonstrados na Figura 8. Diminuições significativas foram observadas no conteúdo de carotenoides das amostras submetidas à TS e CP em comparação com a amostra-controle.

Figura 8: Efeito da termossonicação e da pasteurização convencional no conteúdo de carotenoides da polpa de maracujá



Fonte: Autora (2019).

Após tratamento térmico convencional, o conteúdo de carotenoides da polpa de maracujá reduziu significativamente. O conteúdo de β -caroteno da polpa de maracujá, de 8,18 $\mu\text{g/g}$ reduziu para 0,43 $\mu\text{g/g}$, correspondendo a uma diminuição de aproximadamente 94,9%. Essa redução pode ser devido ao calor empregado, pois ele induz à oxidação e isomerização da geometria dos carotenoides (SANTHIRASEGARAM; RAZALI; SOMASUNDRAM, 2013). Essa diminuição também foi observada por Etzbach *et al.* (2019), que, ao avaliarem os efeitos da pasteurização térmica na composição de carotenoides do purê de amora, relataram uma redução significativa.

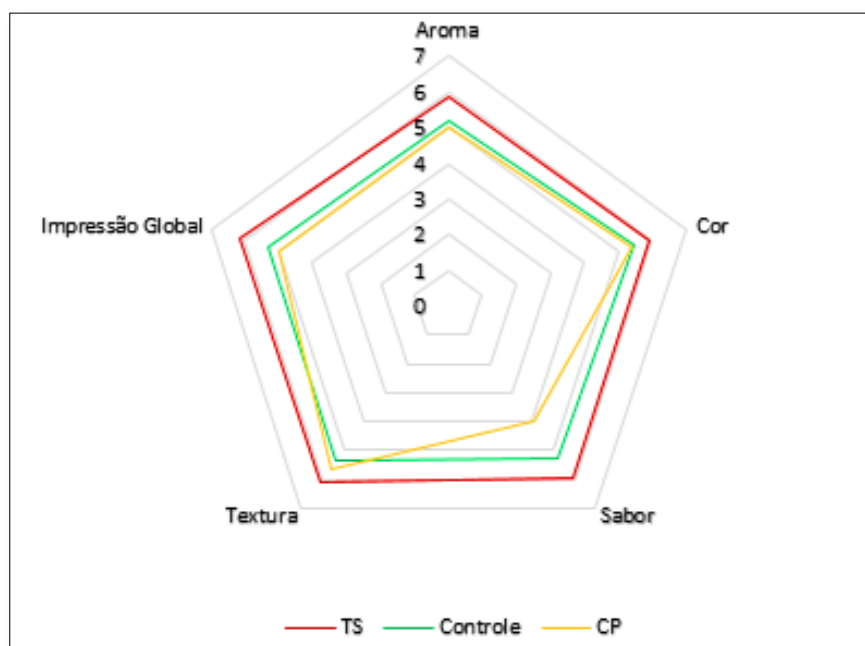
A TS promoveu uma redução significativa de cerca de 55% do teor de carotenoides em relação à polpa-controle. No entanto, a retenção deste nutriente foi maior quando comparada à CP. Rawson *et al.* (2011) também observaram diminuição significativa no teor de licopeno do suco de melancia quando submetido a amplitudes e tempo de processamento mais altos. Notou-se, também, uma diminuição significativa do licopeno nas amostras processadas a 45 ° C em comparação com as não processadas e as processadas a uma temperatura mais baixa. Efeito semelhante também foi observado no processamento do suco de goiaba por ultrassom (20 kHz, 25 ° C por 3, 6 e 9 min), onde Campoli *et al.* (2018) perceberam uma diminuição no conteúdo

de licopeno. O conteúdo de licopeno diminuiu de 29,4 $\mu\text{g/g}$ para 15,18 $\mu\text{g/g}$ após 9 minutos de processamento, sendo que os autores atribuíram essa perda ao efeito da cavitação, que desencadeia a formação de radicais livres, fenômenos mecânicos, oxidação e altas temperaturas localizadas.

4.5 Análise sensorial

Atributos de qualidade sensorial de produtos de frutas desempenham um papel importante na satisfação do consumidor. O teste afetivo ou hedônico é usado para quantificar o grau de preferência de um produto, por meio de uma escala de preferência que identifica se um provador gosta ou não de determinado produto (KHANDPUR; GOGATE, 2015). Os resultados obtidos na análise sensorial da polpa de maracujá submetida aos tratamentos são apresentados nas Figura 9 e Tabela 2, respectivamente.

Figura 9: Aceitação sensorial de sucos elaborados com a polpa de maracujá submetida aos diferentes tratamentos



Fonte: Autora (2019).

Tabela 2: Aceitação sensorial de sucos elaborados com a polpa de maracujá submetida aos diferentes tratamentos

Tratamentos	Aroma	Cor	Sabor	Textura	IG*
Controle	5,22 ± 1,20 b	5,46 ± 1,15 b	5,26 ± 1,42 b	5,34 ± 1,29 b	5,33 ± 1,18 b
CP	5,00 ± 1,43 b	5,40 ± 1,44 b	4,02 ± 1,60 c	5,62 ± 1,07 ab	5,00 ± 1,62 b
TS	5,86 ± 0,99 a	5,94 ± 0,77 a	5,98 ± 0,87 a	6,12 ± 0,75 a	6,16 ± 0,71 a

Resultados expressos em média ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *IG Impressão global. Escala: 1= desgostei extremamente; 2= desgostei muito; 3= desgostei ligeiramente; 4= nem gostei/nem desgostei; 5= gostei ligeiramente; 6= gostei muito; 7= gostei extremamente.

O suco elaborado com a polpa sonicada obteve maiores médias em todos os atributos analisados, entre 5 (gostei ligeiramente) e 6 (gostei muito), para o aroma, cor e sabor, e entre 6 (gostei muito) e 7 (gostei extremamente) para textura e impressão global.

A menor média para o atributo sabor, no suco elaborado com a polpa tratada convencionalmente, pode ser atribuída ao sabor de cozido, decorrente do tratamento térmico da polpa de maracujá (ROCHA; BOLINI, 2015) e à reação de Maillard, que causa aumento do grau de escurecimento e desenvolvimento de sabor estranho (SANTHIRASEGARAM *et al.*, 2015).

O teste da escala hedônica mostrou que há uma preferência maior pelas amostras termossonicadas do que pela amostra-controle e tratada termicamente. Semelhantemente, a avaliação sensorial do suco de manga indicou que o suco tratado por ultrassom (por 15, 30 e 60 min a 25 ° C, frequência de 40 kHz) foi mais preferido que o tratado termicamente (a 90 ° C por 30 e 60 s) (SANTHIRASEGARAM *et al.*, 2015).

Os resultados obtidos no presente trabalho divergem dos obtidos por Gómez-lópez *et al.* (2018), pois estes autores relatam que a sonicação diminuiu significativamente as médias dos atributos cor, sabor e aroma do suco de maracujá.

5 CONCLUSÃO

As polpas submetidas tanto à termossonicação quanto à pasteurização convencional se encontram dentro dos padrões microbiológicos vigentes.

O processamento ultrassônico - a termossonicação da polpa de maracujá - manteve os mesmos parâmetros de pH, acidez titulável e sólidos solúveis em relação à polpa sem tratamento. A pasteurização convencional provocou alterações significativas na acidez (maior) e sólidos solúveis.

A sonicação melhorou a aceitação sensorial do suco de maracujá; já a pasteurização convencional provocou alterações no sabor do suco, obtendo menor média de aceitação.

Os parâmetros de qualidade avaliados no presente estudo indicam que a termossonicação pode ser uma alternativa à pasteurização térmica convencional da polpa de maracujá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AADIL, Rana Muhammad et al. Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. **Food Chemistry**, v. 141, n. 3, p. 3201-3206, 2013.
- ABID, Muhammad *et al.* Effect of ultrasound on different quality parameters of apple juice. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 20, n. 5, p. 1182-1187, 2013.
- ABID, Muhammad *et al.* Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 21, n. 3, p. 984-990, 2014.
- ADEKUNTE, A. O. *et al.* Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. **Food Chemistry**, v. 122, n. 3, p. 500-507, 2010.
- ADIAMO, Oladipupo Q. *et al.* Thermosonication process for optimal functional properties in carrot juice containing orange peel and pulp extracts. **Food chemistry**, v. 245, p. 79-88, 2018.
- AGUILAR, Karla *et al.* Ascorbic acid stability in fruit juices during thermosonication. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 37, p. 375-381, 2017.
- ALVARENGA, Mariana Viana *et al.* Análise microbiológica de polpas de frutas congeladas e industrializadas. **REVISTA CIENTÍFICA DA FAMINAS**, v. 12, n. 3, 2017.
- ANAYA-ESPARZA, Luis M. *et al.* Effect of thermosonication on polyphenol oxidase inactivation and quality parameters of soursop nectar. **LWT**, v. 75, p. 545-551, 2017.
- BERNACCI, C. L *et al.* Passiflora edulis sims: The correct taxonomic way to cite the yellow passion fruit (and of others colors). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30 n.2, p.566-576, 2008.
- BERNI, Elettra et al. Aspergilli with Neosartorya-type ascospores: heat resistance and effect of sugar concentration on growth and spoilage incidence in berry products. **International journal of food microbiology**, v. 41, n. 3 e 4, 2015.
- BINOTI, Mirella Lima; RAMOS, Afonso Mota. Conservação de alimentos: uma visão mais saudável. **HU Revista**, v. 41, n. 3 e 4, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária. Instrução Normativa nº 01, de 07 de Janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 10 jan. 2000. Seção 1, nº 06. p.54.
- _____. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária. Instrução Normativa nº 49, de 26 de Setembro de 2018. Estabelece a complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade de Suco e Polpa de Fruta. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 27 set. 2018. Seção 1, p.4.

_____. Ministério da Saúde. Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

CAMPOLI, Stephanie Suarez *et al.* Ultrasound processing of guava juice: Effect on structure, physical properties and lycopene in vitro accessibility. **Food chemistry**, v. 268, p. 594-601, 2018.

CASTRO, Tânia Maria Neves *et al.* Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas. **Ver. Inst. Adolfo Lutz. São Paulo**, v. 74, n. 4, p. 426-36, 2015.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Prática de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: UFV, 1999. 81p.

COELHO, Emanuela Monteiro de; AZEVÊDO, Luciana Cavalcanti; UMZA-GUEZ, Marcelo A. Fruto do maracujá: importância econômica e industrial, produção, subprodutos e prospecção tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, v. 9, n. 3, p. 347, 2016.

CORRÊA, Rúbia CG *et al.* The past decade findings related with nutritional composition, bioactive molecules and biotechnological applications of *Passiflora* spp.(passion fruit). **Trends in Food science & technology**, v. 58, p. 79- 95, 2016).

CORREIA, Laura Fernandes Melo; FARAONI, Aurelia Santos; PINHEIRO-SANT'ANA, Helena Maria. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. **Alimentos e nutrição**, v. 19, n. 1, p. 83-95, 2008.

DARS, Abdul Ghani *et al.* Effect of Thermo-Sonication and Ultra-High Pressure on the Quality and Phenolic Profile of Mango Juice. **Foods**, v. 8, n. 8, p. 298, 2019.

DOLAS, Rupali; KAUR, Barjinder Pal. Ultrasound Technology: A Non-thermal Approach to Fruit Juice Preservation. **Journal of Agricultural Engineering and Food Technology**. V. 5, p. 158-162, 2018.

EMBRAPA. Maracujá: Produção brasileira. **Embrapa Mandioca e Fruticultura (Infoteca-e)**, 2017. Disponível em:
<http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/maracuja/b1_maracuja.pdf>. Acesso em: 25 set. 2019.

ETZBACH, LARA *et al.* Effects of thermal pasteurization and ultrasound treatment on the peroxidase activity, carotenoid composition, and physicochemical properties of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) puree. **LWT**, v. 100, p. 69-74, 2019.

FELLOWS, Peter J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos-: Princípios e Prática**. Artmed Editora, 2018.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

GÓMEZ-LÓPEZ, Vicente M.; BUITRAGO, María E.; TAPIA, María S. MARTÍNEZ-YEPEZ, Amaury. Effect of ultrasonication on sensory and chemical stability of passion fruit juice during refrigerated storage. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, p. 85-89, 2018.

GRANATO, D. *et al.* Doce dietético misto de yacon e maracujá: avaliação da aceitabilidade e da estabilidade físico-química sob refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.12, n.3, p.200-204, jul./set. 2009.

GUERROUJ, Kamal *et al.* Sonication at mild temperatures enhances bioactive compounds and microbiological quality of orange juice. **Food and Bioproducts Processing**, v. 99, p. 20-28, 2016.

HOFFMANN, F.L. Fatores limitantes à proliferação de microorganismos em alimentos. **Brasil Alimentos**, v. 9, n. 1, p. 23-30, 2001.

HUANG, Guoping *et al.* Effects of ultrasound on microbial growth and enzyme activity. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 37, p. 144-149, 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. V. 1. São Paulo: O Instituto, 2005.

JABBAR, Saqib *et al.* Exploring the potential of thermosonication in carrot juice processing. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 11, p. 7002-7013, 2015.

JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, Cecilia *et al.* Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 2: Effect on composition, phytochemical content, and physicochemical, rheological, and organoleptic properties of fruit juices. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 57, n. 3, p. 637-652, 2017.

KHANDPUR, Paramjeet; GOGATE, Parag R. Effect of novel ultrasound based processing on the nutrition quality of different fruit and vegetable juices. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 27, p. 125-136, 2015.

LI, Xiang; FARID, Mohammed. A review on recent development in non-conventional food sterilization technologies. **Journal of Food Engineering**, v. 182, p. 33-45, 2016.

MANGANELLI, K. T. *et al.* EFEITO DOS DIFERENTES TRATAMENTOS TÉRMICOS NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA POLPA DE MARACUJÁ. **XI Jornada Científica**. Anais. In: XI JORNADA CIENTÍFICA. 25 out. 2018. Disponível em: https://sistemas.bambui.ifmg.edu.br/open_conference/index.php/jornadacientifica/jc2018/paper/viewFile/125/46. Acesso em: 15 out. 2019.

MELETTI, Laura Maria Molina. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, p. 83-91, 2011.

MILANI, Alireza *et al.* Carotenoids: biochemistry, pharmacology and treatment. **British journal of pharmacology**, v. 174, n. 11, p. 1290-1324, 2017.

MUZAFFAR, Sabeera *et al.* Ultrasound treatment: effect on physicochemical, microbial and antioxidant properties of cherry (*Prunus avium*). **Journal of food science and technology**, v. 53, n. 6, p. 2752-2759, 2016.

NAYAK, Prakash Kumar; CHANDRASEKAR, Chandra Mohan; KESAVAN, Radha Krishnan. Effect of thermosonication on the quality attributes of star fruit juice. **Journal of food process engineering**, v. 41, n. 7, p. e12857, 2018.

NETO, José Leite Fechine *et al.* Perfil microbiológico de amostras de polpas de frutas congeladas, comercializadas na cidade de Missão Vellha- CE. **Cadernos de Cultura e Ciência**, v. 15, n. 1, p. 47-56, 2016.

NEVES, Leandro Camargo. **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. SciELO-EDUEL, 2018.

OJHA, K. Shikha *et al.* Ultrasound technology for food fermentation applications. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 34, p. 410-417, 2017.

POKHREL, Prashant Raj *et al.* Efeito combinado do ultrassom e temperaturas amenas na inativação de *E. coli* em suco de cenoura fresco e alterações em suas características físico-químicas. **Journal of food science**, v. 82, n. 10, p. 2343-2350, 2017.

RAJU, Sasikumar; DEKA, OJHA, K. Shikha *et al.* Ultrasound technology for food fermentation applications. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 34, p. 410-417, 2017.

RAWSON, A. *et al.* Effect of thermosonication on bioactive compounds in watermelon juice. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1168-1173, 2011.

RIBEIRO, Sheilyjane da Silva Francisco; ALMEIDA, Elizabeth Luiz de. Relatório da medição de pH e acidez da polpa e néctar de maracujá amarelo (*Passiflora edulisflavicarpa* Degener) e análise sensorial do néctar. **SALUSVITA**, Bauru, v. 36, n. 3, p. 737-746, 2017.

ROCHA, Izabela Furtado de Oliveira; BOLINI, Helena Maria André. Passion fruit with different sweeteners: sensory profile by descriptive analysis and acceptance. **Food science & nutrition**, v. 3, n. 1, p. 452-458, 2015.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoids analysis in foods**. Washington: Ilsi, 1999. 119 p.

SAEEDUDDIN, Muhammad *et al.* Physicochemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of sonicated pear juice. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 51, n. 7, p. 1552-1559, 2016.

SAEEDUDDIN, Muhammad *et al.* Quality assessment of pear juice under ultrasound and commercial pasteurization processing conditions. **LWT-Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 452-458, 2015.

SAIKIA, Sangeeta; MAHNOT, Nikhil Kumar; MAHANTA, Charu Lata. A comparative study on the effect of conventional thermal pasteurisation, microwave and ultrasound treatments on the antioxidant activity of five fruit juices. **Food Science and Technology International**, v. 22, n. 4, p. 288-301, 2015.

SAINI, Ramesh Kumar; NILE, Shivraj Hariram; PARK, Se Won. Carotenoids from fruits and vegetables; Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. **Food Research International**, v. 76, p. 735-750, 2015.

SANTHIRASEGARAM, Vicknesha *et al.* Effects of thermal and non-thermal processing on phenolic compounds, antioxidant activity and sensory attributes of chocanan mango (*Mangifera indica* L.) juice. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 11, p. 2256-2267, 2015.

SANTHIRASEGARAM, Vicknesha; RAZALI, Zuliana; SOMASUNDRAM, Chandran. Effects of thermal treatment and sonication on quality of attributes of chocanan mango (*Mangifera indica* L.) juice. *Ultrasonics sonochemistry*, v. 20, n. 5, p. 1276-1282, 2013.

SANTOS, Verônica ANDRADE *et al.* Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.16, n. 1, p. 33-40, 2017.

SEBRAE. **O cultivo e o mercado do maracujá**.2016. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-do-maracuja,108da5d3902e2410VgnVCM100000b272010aRCRD>. Acesso em: 10 de mai. 2019.

SILVA, C. E. F. *et al.* A importância da monitoração dos padrões de identidade e qualidade na indústria de polpa de fruta. **Journal of Bioenergy and Food Science, Macapá**, v. 3, n. 1, p. 17-27, 2016.

SILVA, Filipa V.M *et al.* Differences in the resistance of microbial spores to thermosonication, high pressure thermal processing and thermal treatment alone. **Journal of food engineering**, v. 222, p. 292-297, 2018.

SILVA, Neusely *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 5. Ed. 560 p. São Paulo, BR: Blucher, 2017.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: UNICAMP/NEPA, 2011. 161 p. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>>. Acesso em: 25 set. 2019.

TAMADONI, Barbara *et al.* Effect of ultrasound and storage time on quality attributes of strawberry juice. **Journal of Food Process Engineering**, v. 40, n. 5, p. e12533, 2017.

TEIXEIRA, Hugo Rafael Duarte. **Efeitos do ultrassom nas propriedades reológicas e microbiológicas da pasta de azeitona**. 2016. Dissertação (Mestrado em Qualidade

Alimentar) – Escola Superior Agrária de Bragança, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, p. 97. 2016.

VERRUCK, Silvani; PRUDENCIO, Elane Schwinden. **Ultrassom na indústria de alimentos: aplicações no processamento e conservação**. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.

WANG, Jin; VANGA, Sai Kranthi; RAGHAVAN, Vijaya. High-intensity ultrasound processing of kiwifruit juice: Effects on the ascorbic acid, total phenolics, flavonoids and antioxidant capacity. *LWT*, v. 107, p. 299-307, 2019.

ZAFRA-ROJAS, Quinatzin Yadira *et al.* Effects of ultrasound treatment in purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 20, n. 5, p. 1283-1288, 2013.

ZERAIK, M. L. et al. Maracujá: um alimento funcional. **Revista Brasileira de farmacognosia**, v. 20, 459-471, 2010.

ZILLO, Rafaela R.; SILVA, Paula Porrelli M. da; ZANATTA, Samuel; SPOTO, Marta H. Fillet Parâmetros físico-químicos e sensoriais de polpa de uvaia (*Eugenia Pyriformis*) submetidas à pasteurização. **Bioenergia em revista: diálogos**, ano 4, n. 2, p. 20-33, jul./dez. 2014.

ZINOVIADOU, Kyriaki G. *et al.* Fruit juice sonication: Implications on food safety and physicochemical and nutritional properties. **Food Research International**, v. 77, p. 743752, 2015.

ANEXOS**ANEXO A — FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL**

Produto:

Data:

- 1) Você está recebendo 3 amostras codificadas, avalie-as da esquerda para a direita segundo a escala hedônica abaixo, quanto aos atributos: AROMA, COR, SABOR, TEXTURA e IMPRESSÃO GLOBAL.

1- desgostei extremamente
2- desgostei muito
3- desgostei ligeiramente
4- não gostei/nem desgostei
5- gostei ligeiramente
6- gostei muito
7- gostei extremamente

Código da amostra	Aroma	Cor	Sabor	Textura	Impressão Global

Comentários: