

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

DANIELY DA ROCHA CORDEIRO DIAS

**EFEITO DA TERMOSSONICAÇÃO EM PARÂMETROS DE QUALIDADE DE
BEBIDAS MISTAS DE FRUTAS E ÁGUA DE COCO**

Recife

2019

DANIELY DA ROCHA CORDEIRO DIAS

**EFEITO DA TERMOSSONICAÇÃO EM PARÂMETROS DE QUALIDADE DE
BEBIDAS MISTAS DE FRUTAS E ÁGUA DE COCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Nutrição.
Área de concentração Ciências dos Alimentos.

Orientadora: Prof^a Dr^a Tânia Lúcia Montenegro Stamford

Co-orientadora: Prof^a Dr^a Patrícia Moreira Azoubel

Recife

2019

D541e	Dias, Daniely da Rocha Cordeiro Efeito da termossônica em parâmetros de qualidade de bebidas mistas de frutas e água de coco/ Daniely da Rocha Cordeiro Dias. – 2019. 92 f.; il. Orientadora: Tânia Lúcia Montenegro Stamford. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-graduação em Nutrição. Recife, 2019. Inclui referências, apêndices e anexo. 1. Antioxidante. 2. Sucos de frutas. 3. Bioativos. 4. Enzimas. 5. Ultrassom I. Stamford, Tânia Lúcia Montenegro (orientadora). II. Título.
612.3 CDD (23.ed.)	UFPE (CCS 2019 - 227)

Daniely da Rocha Cordeiro Dias

Efeito da termossonicação em parâmetros de qualidade de bebidas mistas de frutas
e água de coco

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Nutrição. Área de concentração Ciências dos Alimentos.

Tese aprovada em: 27 de junho de 2019.

Profª Drª. Patrícia Moreira Azoubel
Centro de Tecnologia e Geociências / Deptº Engenharia de Alimentos – UFPE

Profª Drª Thayza Christyna Montenegro Stamford
Centro de Ciências Médicas / Medicina Tropical – UFPE

Profª Drª. Luciana Leite de Andrade Lima Arruda
Departamento de tecnologia Rural – UFRPE

Profª. Drª. Sarah Romini de Lima Basto
Secretaria de Educação do Paulista - PE

Prof. Dr. Eduardo José Nepomuceno Montenegro
Departamento de Fisioterapia – UFPE

*A Deus toda honra, glória e louvor.
A minha família, amores da minha vida,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, meu Senhor, criador do Universo, pela minha vida, por me dar força e por me manter de pé.

À minha família, meu esposo Otávio Dias, que esteve ao meu lado em cada etapa desta pesquisa, em meus momentos de desespero, conquistas e provando minhas bebidas, rs... e aos meus filhos, Daniel, Pedro e Rebekah, peço perdão e agradeço a compreensão nas minhas ausências. Vocês são a razão da minha alegria. Amo muito vocês.

Aos meus pais Nelson Cordeiro e Joanita Cordeiro, que desde sempre me incentivaram nessa empreitada.

Aos meus irmãos Dilian, Débora e Nilson, pela torcida e apoio.

Agradeço imensamente a minha orientadora desde sempre, professora Tânia Stamford, pela confiança, orientação, puxões de orelha, paciência, ensinamentos e por compartilhar comigo suas experiências. Pela amizade e por ser uma “mãe” na carreira acadêmica. Muito, muito obrigada.

A professora Patrícia Azoubel, minha co-orientadora que me acompanha desde o mestrado. Obrigada pelos ensinamentos e orientações.

Às minhas amigas de pesquisa de doutorado, que me ajudaram quando menos podiam, mas quando eu mais precisava. Viviane Lanksy e Zilmar Pimenta, compartilhamos as alegrias, os choros, as angústias, essa conquista também é de vocês, minhas irmãs de coração!! Amo vocês!

Agradeço a aluna Alessandra Araújo (IC). Exemplo de dedicação e zelo. Você terá um futuro brilhante na pesquisa.

À banca de avaliação, professores Sarah Romini e Eduardo Montenegro pela disposição e sugestões pra melhoria desse trabalho. Em especial as professoras Luciana Arruda e Thayza Stamford, por toda orientação e parceria nesse trabalho.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição – UFPE, pela oportunidade, em especial a Cecília Arruda pela presteza sempre que necessário.

À FACEPE pela concessão da bolsa que viabilizou essa pesquisa.

Ao Departamento de Nutrição - UFPE, em especial a equipe do Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos – LEAAL, notadamente ao Técnico Camilo, pela presteza nas análises.

À FreshFruit ® na pessoa de Regis, pela elaboração e doação das polpas de de maracujá, e à Recife Coocs ® na pessoa de Marcelo, pela doação da água de coco. Muito obrigada por facilitar a realização dessa pesquisa.

A todos que indiretamente contribuíram para realização deste sonho, muito obrigada.

Até os jovens se cansam e ficam exaustos, e os moços tropeçam e caem; mas aqueles que esperam no Senhor renovam as suas forças. Voam alto como águias; correm e não ficam exaustos, andam e não se cansam. Livro do Profeta Isaías 40: 30-31 – Bíblia (OMARTIAN, 2009 p.754).

RESUMO

A termossonicação é utilizada em bebidas por aumentar sua vida útil devido ao efeito inibitório em enzimas. Essa técnica causa poucas alterações nas características sensoriais de bebidas, ocorrência incomum nos processamentos térmicos tradicionais. O objetivo desta pesquisa foi estudar a aplicação da termossonicação em bebidas mistas de água de coco e frutas, a fim de verificar as melhores condições de processamento e avaliar os efeitos de seu uso em parâmetros de qualidade. Foram preparadas duas bebidas mistas, maracujá com água de coco na proporção 1:9 e kiwi com água de coco na proporção 1:1, que foram posteriormente submetidos à termossonicação. Foi realizado um planejamento experimental 2^2 , com variáveis independentes de intensidade de potência em W/cm^2 (75, 118, 224, 330, 373) e temperatura em $^{\circ}C$ (25, 31, 45, 59 e 65), os quais variaram simetricamente em relação ao ponto central; também foram considerados os pontos axiais. As variáveis respostas foram: atividade residual das enzimas polifenoloxidase e peroxidase, presença de compostos bioativos (fenólicos totais, flavonoides, carotenoides e vitamina C) e atividade antioxidante pelo percentual de inibição dos radicais ABTS e DPPH. A termossonicação, mesmo com valores de temperaturas menores que as usadas tradicionalmente, reduziu a atividade residual das enzimas, o que nos processamentos tradicionais só é alcançado em altas temperaturas. Além disso, manteve os teores dos compostos bioativos e atividade antioxidante, melhorando as características funcionais da bebida. Não houve influência da termossonicação nos parâmetros físico-químicos das bebidas. A redução da atividade enzimática foi mantida durante 28 dias de armazenamento sob refrigeração ($4^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$). O ensaio 1 ($118W/cm^2 / 31^{\circ}C$) apresentou maior redução da atividade enzimática, manutenção dos compostos bioativos e boa atividade antioxidante sugerindo que a termossonicação é uma boa opção como tratamento não térmico para as bebidas mistas elaboradas, colaborando também com o meio ambiente, já que é considerado uma técnica com pouco gasto de energia.

Palavras-chave: Antioxidante. Sucos de frutas. Bioativos. Enzimas. Ultrassom.

ABSTRACT

Thermosonication is used in beverages to increase their shelf life due to the inhibitory effect on enzymes. This technique causes few changes in the sensory characteristics of beverages, a unusual occurrence in traditional thermal processes. The objective of this research was to study the application of thermosonication in mixed drinks of coconut water and fruits, to verify the best processing conditions and to evaluate the effects of its use in quality settings. Two mixed drinks, passion fruit with 1: 9 coconut water and 1: 1 kiwi water, were prepared for thermosonication. An experimental design 2² was performed, with independent variation of power intensity in W / cm² (75, 118, 224, 330, 373) and temperature in °C (25, 31, 45, 59 and 65), which variations symmetrically in relation to the central point; axial points were also considered. The response variables were: residual activity of polyphenoloxidase and peroxidase enzymes, presence of bioactive compounds (total phenolics, flavonoids, carotenoids and vitamin C) and antioxidant activity by the percentage of inhibition of ABTS and DPPH radicals. Thermosonication, even at lower temperature values than traditionally used, reduces the residual activity of enzymes, or in traditional processes only at high temperatures. In addition, it maintains bioactive compound contents and antioxidant activities, improving as functional features of the beverage. There was no influence of thermosonication on the physicochemical parameters of the drinks. The reduction of enzymatic activity was maintained during 28 days of storage under refrigeration (4 °C ± 1 °C). Essay 1 (118W / cm² / 31°C) showed a greater reduction of enzymatic activity, maintenance of bioactive compounds and antioxidant activity suggested by a thermosonication is a good option as a non-thermal treatment for elaborate beverages, also collaborating with the environment, since It is considered a low energy technique.

Keywords: Antioxidant. Bioactive. Fruit juices. Enzymes. Ultrasound.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Maracujá amarelo (<i>Passiflora edulis flavicarpa</i>).....	22
Figura 2 – Kiwi (<i>Actinidia deliciosa</i>).....	24
Figura 3 – Fruto Coco verde (<i>Cocos nucifera</i>).....	26
Figura 4 – Esquema da reação de oxidação pela enzima polifenoloxidase.....	29
Figura 5 – Esquema da reação da oxidação pela enzima peroxidase.....	30
Figura 6 – Representação esquemática da propagação de ondas sonoras.....	32
Figura 7 – Representação esquemática da propagação de ondas sonoras e cavitação.....	33
Figura 8 – Esquema de aplicação da termossonicação.....	36
Figura 09 – Superfície de resposta e curva de nível para atividade residual de POD em bebida mista de maracujá e água de coco (a) e bebida mista de kiwi com água de coco após a termossonicação.....	49
Figura 10 – Superfície de resposta e curva de nível para atividade residual de PPO em bebida mista de maracujá e água de coco (a) e bebida mista de kiwi com água de coco após a termossonicação.....	50
Figura 11 – Superfície de resposta e curva de nível para teor de fenólicos totais em bebida mista de maracujá e água de coco após a termossonicação.....	54
Figura 12 – Superfície de resposta e curva de nível para teor de vitamina C em blend de maracujá e água de coco (a) e bebida mista de kiwi com água de coco (b) após a termossonicação.....	57
Figura 13 – Superfície de resposta curva de nível para atividade antioxidante (ABTS) em bebida mista de maracujá e água de coco após a termossonicação.....	59
Figura 14 – Superfície de resposta curva de nível para diferença total de cor em bebida mista de maracujá e água de coco após a termossonicação.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis independentes para o tratamento termossônico fatorial em bebidas mistas de maracujá com água de coco e de kiwi com água de coco.....	39
Tabela2 – Planejamento experimental codificado e decodificado do tratamento termossônico.....	40
Tabela 3 – Delineamento experimental e valores das respostas após a termossonicação em bebida mista de maracujá com água de coco.....	47
Tabela 4 – Delineamento experimental e valores das respostas após a termossonicação em bebida mista de kiwi com água de coco.....	48
Tabela 5 – Modelos codificados para atividade residual de polifenoloxidase e peroxidase em bebida mista de maracujá com água de coco e de kiwi com água de coco após a termossonicação.....	49
Tabela 6 – Modelos codificados para teor de compostos bioativos em bebida mista de maracujá com água de coco e de kiwi com água de coco.....	54
Tabela 7 – Resultado das análises físico-químicas (pH e acidez total titulável) para bebida mista de maracujá controle e termossonicado.....	63
Tabela 8 – Resultado das análises físico-químicas (pH e acidez total titulável) para bebida mista de kiwi controle e termossonicado.....	64
Tabela 9 – Variação das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) da bebida mista de maracujá e água de coco termossonicados durante o armazenamento refrigerado ($4^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$).....	64
Tabela 10 – Variação das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) da bebida mista de kiwi e água de coco termossonicados durante o armazenamento refrigerado ($4^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$).....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DCNT – Doenças crônicas não transmissíveis

DPPH – Radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil

ABTS– Radical ácido 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico

PPO – Enzima Polifenoloxidase

POD – Enzima Peroxidase

TCD – Diferença total de cor

A_R – Atividade residual

US – Ultrassom

TS – Termossonicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1	COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTAS	18
2.1.1	Maracujá (<i>Passiflora flavicarpa edulis</i>)	22
2.1.2	Kiwi (<i>Actinidia deliciosa</i>).....	24
2.1.3	Água de coco.....	25
2.2	CONSERVAÇÃO DE SUCOS.....	28
2.2.1	Alterações enzimáticas em sucos de frutas	28
2.2.1.1	Polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD).....	29
2.2.2	Pasteurização em suco de fruta	31
2.3	ULTRASSOM E TERMOSSONICAÇÃO	31
2.3.1	Ultrassom e cavitação	31
2.3.2	Termossonicação	35
3	HIPÓTESE.....	37
4	OBJETIVOS	38
4.1	GERAL.....	38
4.2	ESPECÍFICOS.....	38
5	MATERIAIS E MÉTODOS	39
5.1	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	39
5.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	40
5.3	FORMULAÇÃO DAS BEBIDAS.....	40
5.3.1	Bebida mista de maracujá.....	40
5.3.2	Bebida mista de kiwi.....	41
5.4	TERMOSSONICAÇÃO	41
5.5	ESTUDO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA	42
5.6	ESTUDO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS.....	43
5.6.1	Teor de fenólicos totais.....	43
5.6.2	Teor de flavonoides totais.....	43
5.6.3	Teor de carotenoides.....	43
5.6.4	Teor de vitamina C.....	44
5.7	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	44
5.7.1	Atividade antioxidante por % de inibição de radical ABTS.....	44

5.7.2	Atividade antioxidante por % de inibição de radical DPPH.....	44
5.8	ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS.....	45
5.9	DIFERENÇA TOTAL DE COR (TCD).....	45
5.10	ESTUDO DA ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA E ENZIMÁTICA	46
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
6.1	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	47
6.2	ATIVIDADE ENZIMÁTICA.....	48
6.3	ESTUDO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS	53
6.4	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	58
6.5	DIFERENÇA TOTAL DE COR (TCD)	61
6.6	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	63
6.7	ESTUDO DA ESTABILIDADE ENZIMÁTICA	64
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
8	REFERÊNCIAS.....	68
	APÊNDICE A – RESULTADO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA APLICADO	
	AOS DADOS EXPERIMENTAIS DA ATIVIDADE RESIDUAL DA	
	POLIFENOLOXIDASE E PEROXIDASE EM BEBIDA MISTA DE	
	MARACUJÁ COM ÁGUA DE COCO.....	86
	APÊNDICE B - RESULTADO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA APLICADO	
	AOS DADOS EXPERIMENTAIS DA ATIVIDADE RESIDUAL DA	
	POLIFENOLOXIDASE E PEROXIDASE EM BEBIDA MISTA DE KIWI COM	
	ÁGUA DE COCO.....	87
	APÊNDICE C - RESULTADO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA APLICADO	
	AOS DADOS EXPERIMENTAIS DO TEOR DE COMPOSTOS BIOATIVOS	
	EM BEBIDA MISTA DE MARACUJÁ COM ÁGUA DE COCO E KIWI COM	
	ÁGUA DE COCO.....	88
	APÊNDICE D - RESULTADO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA APLICADO	
	AOS DADOS EXPERIMENTAIS DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM	
	BEBIDA MISTA DE MARACUJÁ COM ÁGUA DE COCO E KIWI COM	
	ÁGUA DE COCO.....	90
	APÊNDICE E - RESULTADO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA APLICADA	
	AOS DADOS EXPERIMENTAIS DE DIFERENÇA TOTAL DE COR EM	
	BEBIDA MISTA DE MARACUJÁ COM ÁGUA DE COCO E KIWI COM	
	ÁGUA DE COCO.....	91

ANEXO A – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO PARA REVISTA LWT – FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY.....	92
---	-----------

1 INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de sucos tem se expandido nos últimos anos. Mesmo com a alta demanda desse produto, o consumo per capita ainda é baixo, indicando que há grande potencial para crescimento nos próximos anos. Em 2017, o consumo de sucos e/ou néctares foi de 5,3 L/habitante/ano, enquanto que, em 2010, esse valor era de apenas 3,9 L/habitante/ano. Assim, as empresas têm utilizado o desenvolvimento de novos produtos como uma estratégia para expandir os negócios, se beneficiando da tendência dos consumidores que procuram uma vida mais saudável (COCATE et al., 2014; ABIR, 2017).

O Brasil produz grande variedade de culturas, sendo favorecido por sua extensão territorial, solo e condições climáticas, gerando oportunidades para os pequenos empreendedores através da agricultura familiar em áreas rurais, além de contribuir na promoção de uma dieta saudável das populações urbanas e contribuir com a sustentabilidade ambiental. Segundo o Plano Nacional de Desenvolvimento da Fruticultura (FNDEF), a fruticultura brasileira é uma das mais diversificadas do mundo, com área de cultivo superior a dois milhões de hectares e produção, em 2016, de 43,8 milhões de toneladas, sendo 836 milhões destinados a exportação (MAPA, 2018).

Segundo um levantamento do IBRAF (Instituto Brasileiro de Fruticultura) em 2015, cerca de 53% da produção foi destinada ao mercado de frutas frescas, destes, 50% para consumo interno e 3% para exportação; e 47% de frutas processadas (21% mercado nacional e 26% mercado internacional) (IBGE, 2017).

O consumo de frutas e sucos de frutas é fundamental na alimentação humana, pois além de ótima fonte de vitaminas, minerais e fibras, também são conhecidas por terem ação preventiva às doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) (ALINIA et al., 2009), certamente pela presença de compostos bioativos (TREMARIN et al., 2019); esse conhecimento justifica o crescimento de seu consumo nos últimos anos. Sabe-se que hábito alimentar deficiente associado à falta de atividade física, são fatores relacionados com o surgimento dessas doenças. (KHOO et al, 2011;).

A mudança no estilo de vida da sociedade tem levado ao aumento da prevalência de sobrepeso, obesidade e DCNT (ALMEIDA et al., 2016), que tem sido

apontado como causa de 72% das causas de morte no Brasil (MALTA et al., 2019). Assim, consumidores têm buscado alimentos mais saudáveis, livres de aditivos químicos, mas que apresentem tempo de vida útil prolongada, sem deixar de lado as características sensoriais naturais do produto (ARJMANDI et al., 2016).

O processamento térmico é um dos métodos de preservação mais utilizado nas indústrias de alimentos, porque a alta temperatura pode levar tanto à inativação de micro-organismos, como de atividade enzimática (AGUIAR et al., 2012). Contudo, altas temperaturas também podem causar mudanças na qualidade sensorial do produto, afetando o sabor, aroma, textura e cor (BENLLOCH-TINOCO et al., 2015a).

O ultrassom tem sido utilizado em muitas aplicações recentes e, muitas vezes, como tecnologia complementar aos processos térmicos clássicos para conservação de alimentos (CRUZ-CANSINO et al., 2015). Vários estudos têm comprovado o seu efeito isoladamente ou associado a outros métodos, e comprovado sua ação com efeito inibitório em enzimas, aumentando a retenção compostos bioativos como flavonoides totais, fenólicos totais, vitamina C (HASHEMI et al., 2018; ADIAMO et al., 2017).

Diante do exposto, o uso da termossonicação apresenta-se como uma tecnologia adequada para processamento de bebidas mistas, mantendo ou causando poucas alterações na qualidade nutricional e sensorial do produto. Levando em consideração o potencial da combinação de água de coco a frutos para formulação de *bebidas mistas* e, considerando que não foi encontrado na literatura estudos sobre a aplicação da termossonicação em bebida mista de água de coco com frutas, este trabalho teve como objetivo estudar a aplicação da termossonicação em bebida mista de água de coco e frutas, a fim de verificar as melhores condições de processamento e avaliar os efeitos de seu uso em parâmetros de qualidade.

Espera-se, também, disponibilizar uma forma de processamento que mantenha as características mais próximas do natural das bebidas mistas de água de coco com maracujá e água de coco com kiwi, contribuindo para o aumento da comercialização de sucos e atendendo as expectativas do consumidor, no que diz respeito à qualidade sensorial e nutricional dos alimentos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O mercado interno de sucos tem apresentado uma tendência ascendente de vendas, considerando aumento de consumidores que desejam maior diversificação na oferta de produtos com melhor aroma, sabor, cor e valor nutritivo. O apelo saudável dos sucos de frutas é importante, uma vez que além do seu valor nutritivo, apresenta propriedades funcionais, devido à presença de compostos bioativos (COCATE et al., 2014).

Carmo et al. (2014) observaram um grande consumo de sucos de fruta pronto para beber (3 a 5 vezes por semana), nos quais o sabor e a qualidade são os fatores indispensáveis no momento da escolha do produto, sendo a preferência por sucos naturais. O estudo mostrou ainda que, embora o suco de laranja seja o mais consumido, há uma grande procura por outros sabores. Assim o mercado de suco de fruta pronto para beber evidencia grande potencial de utilização, principalmente para consumidores que buscam praticidade associado a uma alimentação saudável. Consumidores têm buscado alimentos mais saudáveis, ditos como “rótulo limpo”, ou seja, produtos alimentares biológicos, livres de aditivos artificiais ou químicos, com ingredientes naturais e simples ou minimamente processados (ASIOLI et al., 2017).

Assim, a indústria de alimentos tem procurando atender ao consumidor, criando formulações com ingredientes naturais, utilizando tecnologias menos invasivas, o que fica evidente no aumento da produção de sucos de 4,4% em países europeus em 2015 e de 5,3% em 2016 nos Estados Unidos (BEAULIEU & OBANDO-ULLOA, 2017).

2.1 COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTAS

As frutas são fontes de vitaminas, açúcares, fibras, minerais e compostos bioativos, como carotenoides e compostos fenólicos, estes frequentemente relacionados com a redução de risco da maioria das doenças crônicas degenerativas, incluindo as doenças cardiovasculares, hipercolesterolemia, obesidade, hipertensão e diabetes, sendo estas, então, influenciadas pela dieta (ALINIA et al., 2009; KARPPI et al., 2011; TORRES-FUENTES et al., 2015). Passivo de modificação, uma dieta saudável torna-se uma conduta preventiva promissora a fim de diminuir a incidência dessas doenças. A recomendação de ingestão de 5

porções de frutas e legumes por dia, está baseado no fato de que o consumo desses alimentos pode reduzir o risco de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), devido a sua composição de nutrientes e micronutrientes, como os fitoquímicos (ROCK et al., 2009).

Nos últimos anos têm-se atribuído aos alimentos, além das funções de nutrição e de prover apelo sensorial, uma terceira função relacionada à resposta fisiológica específica produzida por alguns alimentos, que são chamados de alimentos funcionais (ZERAUK et al., 2010).

Algumas frutas possuem grande concentração de antioxidantes e compostos bioativos. Embora seja bastante conhecida a atuação antioxidante desses frutos, ainda há poucos estudos sobre os efeitos que eles podem causar quando consumidos de forma conjunta, sob a forma de misturas de sucos. Ao formular bebidas mistas, pode-se incluir uma série de combinações com objetivos específicos, de potencializar sua qualidade sensorial e nutricional (FOLEGATTI et al., 2002).

Os compostos fenólicos podem ser definidos como substância que possui um anel aromático com um ou mais grupo hidroxila e, geralmente, encontram-se conjugados com mono e polissacarídeo (CARDONA et al., 2013; REIN et al., 2013). Estão presentes em todas as frutas e são produtos do metabolismo secundário dos vegetais. Sua síntese ocorre durante o desenvolvimento das plantas, em resposta a situações de estresse, com função de defesa, além de conferir sabor e cor. Apresentam estrutura variável, atribuindo características multifuncionais (HAMINIUK et al., 2012; MARÍN et al., 2015). Dentre os vários tipos de fenóis encontrados na natureza, destacam-se os flavonoides, ácidos fenólicos e taninos (ÂNGELO & JORGE, 2007).

Os flavonóides são compostos polifenólicos, amplamente distribuídos em frutas e legumes, muitos dos quais tem propriedades antioxidantes e anti-trombóticas (MARTÍ et al., 2016). São pigmentos naturais e têm função de proteção contra agentes oxidantes nas plantas, e atua também como agente terapêutico em grande número de doenças como arteriosclerose, câncer e doenças cardíacas. Essas substâncias não podem ser sintetizadas pelo nosso organismo, assim deve ser incluída na dieta humana. Os flavonoides podem ser encontrados em verduras, vinho, chá verde, chá preto e grande variedade de frutas García-Conesa (2015) observou que compostos fenólicos, flavonoides e taninos trazem benefícios como a

redução do ganho de peso corporal, melhora da sensibilidade a insulina, diminuição da pressão arterial e inflamação crônica.

A estrutura básica dos flavonoides é constituída por três anéis, onde os carbonos podem passar por várias reações químicas como hidroxilação, hidrogenação, metilação e sulfonação, formando assim mais de quatro mil compostos flavonoides que são agrupados em classes (GEORGIEV et al., 2014). Assim, percebe-se que o mecanismo de ação dos flavonoides depende de sua estrutura química (SILVA et al., 2015). As principais classes foram são as antocianinas, flavonas, flavonóis, isoflavonoides e flavanas, esta última classe, presente em frutas, chás, nozes e água de coco (LOPES, 2010).

Existe uma preocupação crescente na determinação de fontes adequadas de compostos fenólicos antioxidantes (SOUZA et al., 2018). Esses compostos têm papel importante na proteção celular, pois são capazes de sequestrar ou inibir várias espécies de oxigênio reativo, transferir elétrons para radicais livres, ativar enzimas antioxidantes e inibir enzimas oxidases (DUMITRIU et al., 2015); também têm ação na prevenção do estresse oxidativo, relacionado com a incidência de doenças como arteriosclerose, diabetes, câncer e doenças neurodegenerativas (ASADI et al., 2010). Além disso, esses compostos estão associados à inibição do crescimento de células cancerígenas (JARA-PALACIOS et al., 2015; VU et al., 2012), além de ação anti-inflamatória, analgésica, gastroprotetora (LAJILI et al., 2016; SOUZA et al., 2018) e antimicrobiana (CETIN-KARACA & NEWMAN, 2015).

Os carotenoides são um grupo de pigmentos naturais, lipossolúveis, responsáveis pela coloração amarela laranja ou vermelha em grande parte das frutas e vegetais (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). No reino vegetal, o carotenoide tem papel na fotossíntese, sendo responsável pela captação de energia e proteger as células contra dano foto-oxidativo; além disso, alguns carotenoides são precursores de hormônios vegetais (MATUSOVA et al., 2005).

Sua estrutura básica é composta por 40 átomos de carbono. Essa estrutura pode sofrer modificações, formando sete grupos terminais. Também pode ocorrer mudança ao nível de hidrogenação, como a hidrogenação parcial ou desidrogenação ou a introdução de grupos funcionais contendo oxigênio (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). Devido a sua característica estrutural, esses compostos são altamente reativos e absorvem luz na região visível do espectro eletromagnético (390-750nm) (MERCADANTE et al., 2008). São classificados em

dois grupos: xantofilas, que apresentam grupos funcionais contendo oxigênio; e carotenos, que são constituídos apenas por carbono e hidrogênio (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

Estudo na população brasileira indica que o consumo de frutas é baixo e que salada crua, abóbora, couve e cenoura contribuem mais para a ingestão de pró-vitamina A que as frutas (VARGAS-MURGA et al., 2016).

Além da função corante, os carotenoides quando consumidos também apresentam importantes atividades biológicas. Além da atividade antioxidante (MIRANDA et al 2013), os carotenoides também agem como precursores da vitamina A (retinol) um nutriente essencial ao corpo humano; além disso alguns estudos mostram possível redução de risco de câncer de pulmão associado ao consumo de carotenóides e vitamina C (SHARECK et al., 2017). Estudos epidemiológicos têm associado o consumo de dietas ricas em carotenoides com a redução da incidência de doenças crônico degenerativas, tais como câncer, doenças cardiovasculares.

Os carotenoides têm ainda propriedades benéficas para a saúde, em particular, papel na diferenciação celular, anti-inflamatório e efeito antioxidante (KAULMANN & BOHN, 2014; KHOO et al., 2011). Além disso, podem minimizar a oxidação lipídica, aumentando a vida útil de produtos alimentícios (CHOE & MIN, 2006; SAINI et al., 2015).

O ácido ascórbico, também conhecido como vitamina C, está presente em grande parte das frutas. Apresenta ação antioxidante, sendo responsável por proteger as células de radicais livres. Tem fórmula química $C_6H_8O_6$ e é uma substância cristalina, de sabor ácido, hidrossolúvel, sendo insolúvel na maioria dos solventes orgânicos. É termolábil, sensível a luz e pode ser degradado por uma variedade de reações (DAMODARAN, PARKIN, FENEMMA, 2010).

A vitamina C é considerado um dos mais potentes e o menos tóxicos dos antioxidantes naturais. É um sequestrador de radicais como: o ânion superóxido, o radical hidroxila, o peróxido de hidrogênio e o oxigênio *singlete*. Em soluções aquosas, também combate eficientemente espécies reativas de nitrogênio, impedindo a nitrosação de moléculas. Entre as principais fontes de vitamina C, estão os frutos cítricos, acerola, goiaba e kiwi, além de algumas hortaliças (PERTUZARTTI et al., 2015).

Pesquisadores da Embrapa Agroindústria Tropical testaram cerca de 90 formulações de bebidas mistas de sucos de frutas tropicais nos últimos anos, e contribuíram com a elaboração de bebidas com maior potencial antioxidante, devido principalmente a sua composição de compostos fenólicos, sem, contudo causar alterações significativas nas características sensoriais do produto (MOURA, 2014).

2.1.1 Maracujá (*Passiflora edulis flavicarpa*)

A palavra maracujá (*Passiflora edulis flavicarpa*) (Figura 1) tem origem do tupi mara kuya, “fruto que se serve” ou “alimento na cuia”. Fruto do maracujazeiro da família *passifloraceae* e gênero *passiflora* (MELETI, 2000).

Figura 1 – Maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*)



Fonte: < <https://fruttine.com/polpa-de-fruta/polpa-de-maracuja/>>

O maracujazeiro é originário da América do Sul, sendo que a primeira referência botânica à família do maracujazeiro ocorreu em 1569, quando Nic Monardis descreveu uma espécie do gênero *Passiflora* (HOEHNE, 1946). Posteriormente, diversas descrições botânicas foram realizadas, caracterizando o gênero com 630 espécies tropicais e subtropicais, sendo 95% delas predominantes na América do Sul e o restante na Ásia, Austrália e América do Norte (VANDERPLANK, 2000). É uma planta trepadeira herbácea ou arbustiva, raramente ereta, perene, lenhosa, de crescimento rápido e contínuo. Possui hastes cilíndricas muito ramificadas, podendo atingir de 5 a 10 metros de comprimento (SOARES et al., 2011).

A primeira descrição da *Passiflora* foi realizada em 1569, sob o nome genérico de *granadilla*. A partir das características peculiares da flor surgiu a denominação de *flor-da-paixão*, nome popular pouco conhecido no Brasil, e também

o nome científico do gênero: *Passiflora* (do latim *passio* = paixão e *flos* = flor) (MELETTI, 2000).

Os frutos possuem formatos globosos ou ovóides com grandes variações no comprimento e largura. A cor da casca geralmente é amarelo, amarelo-esverdeado. A coloração da polpa é amarelo escuro. As sementes são ovais com 0,5-0,6 cm de comprimento por 0,3-0,4 cm de comprimento, sendo muito duras (WONDRACEK, 2009).

Dentre as frutíferas cultivadas no Brasil, o maracujá tem grande destaque no cenário econômico, sendo considerado hoje o maior produtor desta fruta, com produção de 703.489 t em 2016. O nordeste brasileiro se destaca com produção de 489.898 t no ano de 2016, sendo a Bahia o estado com maior produção, cerca de 342.780 t e responsável por 95% da produção nacional (IBGE, 2017).

Devido às suas características de sabor e aroma intenso, seu cultivo tem crescido, ocupando lugar de destaque na fruticultura tropical. A principal importância econômica do fruto está relacionada ao processamento de suco concentrado, mas o fruto também é utilizado na elaboração de produtos, como sorvetes, geleias, xaropes, além do uso na indústria farmacêutica e de cosméticos (MELETTI et al., 2011).

O maracujá amarelo (*P. edulis flavicarpa*) tem forma arredondada com um diâmetro entre 8 e 10 cm e uma casca amarela quando maduro. A parte comestível do maracujá (40%) é formada por muitas sementes rodeadas por uma polpa gelatinosa amarela com aroma intenso e sabor doce-ácido (LÓPEZ-VARGAS et al., 2013).

O maracujá é rico em vitaminas e minerais, compostos fenólicos e carotenoides, pigmentos responsáveis pela cor intensa da fruta e que, juntamente com flavonoides também presentes, tem característica antioxidante atuando na prevenção de doenças crônicas (ZERAİK et al., 2010). Costa e Tupinambá (2005), verificaram que os frutos de maracujá do gênero *Passiflora* apresentavam efeito contra ansiedade, fato este atribuído principalmente aos flavonoides crisina e benzoflavona, apresentando também efeito hipotensor por vasodilatação periférica, atribuído aos cianoglicosídeos. A crisina apresentou também atividade anticonvulsivante relacionada com os receptores cerebrais benzodiazepínicos. Esses componentes contribuem para seus atributos sensoriais e nutricionais e seu

acúmulo é variável e depende de fatores como estágio de maturação e das condições de armazenamento (ROTILI et al., 2013).

Dentre os produtos derivados do maracujá, o comércio de suco tem destaque com produção no Brasil estimada em mais de 920.158 t em 2010 (IBGE, 2017).

O suco de maracujá é definido pela legislação brasileira, através da Instrução Normativa n ° 01/00 (BRASIL, 2000), como "[...] uma bebida não fermentada e não diluída obtida da parte comestível de maracujá (*Passiflora*, spp.) através de processo tecnológico adequado". Deve apresentar odor e sabor característico da fruta e a cor pode variar do amarelo ao laranja.

Na produção de suco de maracujá, este passa pelo processo de pasteurização térmica a fim de garantir a estabilidade durante o armazenamento. Esse processo pode causar perda de nutrientes presentes nas frutas.

2.1.2 Kiwi (*Actinidia deliciosa*)

O kiwi (*Actinidia deliciosa*) (Figura 2) é fruto pertencente a família Actinidiaceae, originária de regiões montanhosas da China. Conhecida como groselha chinesa, foi difundida apenas em 1910, quando suas sementes foram levadas para Nova Zelândia, onde a fruta recebeu o nome de kiwi por ser semelhante ao kiwi – ave símbolo do país. No Brasil, a fruta foi introduzida em 1971 pelo Instituto Agrônomo de Campinas (SAQUET & BRACKMANN, 1995).

Figura 2 – Kiwi (*Actinidia deliciosa*)



Fonte: <<http://www.fischerfrutas.com.br/kiwi>>

A planta caracteriza-se por apresentar raízes muito ramificadas, o caule pode alcançar 6 a 8 m em um ano e os ramos têm crescimento rápido. O fruto é uma baga ovoide esférica alongada; a casca de coloração parda-esverdeada possui pelos macios. A polpa é de cor verde brilhante macia e com presença de muitas sementes de cor preta e pequenas. É considerada uma fruta exótica em países

ocidentais; tornou-se popular em todo o mundo devido às suas propriedades sensoriais e nutricionais, como baixa caloria (57 kcal/100 g), um alto teor de fibra, potássio e compostos bioativos com atividade antioxidante, como carotenoides, fenólicos totais, antocianinas, vitamina C, taninos, flavonoides e clorofila (DRUMMOND et al., 2013; LEONTOWICZ et al., 2016). A presença de carotenoides e clorofila é responsável pela cor verde brilhante de sua polpa (NISHIYAMA et al., 2007).

Esses fitoquímicos diminuem a velocidade das reações de oxidação lipídica, responsáveis pela deterioração do alimento, atuando como sequestradores de radicais livres, ou impedindo sua formação (SHUI & LEONG, 2006). Têm efeito antioxidante, podendo impedir o desenvolvimento de doenças causadas pelo estresse oxidativo (IWASAWA et al., 2011).

Por ser uma fruta altamente perecível, é bastante usada na produção de doces, geleias e sucos, sendo submetido ao processo térmico de pasteurização a fim de aumentar sua vida de prateleira. Contudo, durante o processamento, o calor pode provocar mudanças significativas na qualidade desta fruta, resultando na degradação de clorofila, isomerização de carotenoides e formação de produtos de degradação desses compostos (KHOO et al., 2011; LESPINARD et al., 2012). Consequentemente, a cor verde brilhante é transformada em um tom marrom-amarelado, com perda de qualidade nutricional, desenvolvendo características indesejáveis também no aroma e textura (LESPINARD et al., 2012, BENLLOCH-TINOCO et al., 2015b).

Embora esta fruta já tenha sido citada por apresentar grande potencial para a exploração industrial (BARBONI et al., 2010), não existe no mercado muitos produtos processados de kiwi (BENLLOCH-TINOCO et al., 2015b), principalmente sucos prontos para beber.

2.1.3 Água de coco

O coqueiro (*Cocus nucifera* L.) pertence à família *Palmae*. É umas das plantas arbóreas mais úteis no mundo, conhecida como “árvore da vida” por ser uma cultura perene e promover recuperação do ecossistema (BITENCOURT, 2008).

O fruto (Figura 3) do coqueiro (*Cocus nucifera*) produz um endosperma líquido, conhecido como água de coco, como tática ecofisiológica para

armazenamento de substâncias nutritivas para reserva e sobrevivência da espécie (ARAGÃO et al., 2005). Assim, a água de coco é rica em açúcares, sais minerais, vitaminas, bem como compostos bioativos, como flavonoides, aminoácidos, antioxidantes e enzimas. O teor dessas substâncias pode variar com a espécie, período de maturação e condições climáticas (KWIATKOWSKI et al., 2012).

Figura 3 – Coco verde (*Cocus nucifera*)



Fonte: <<https://ideianutri.com/2016/03/06/beneficios-da-agua-de-coco/>>

Em 2013, o cultivo mundial de coco foi de 61.965.165,18t enquanto que no Brasil, no mesmo ano, foi de 2.820.468 t. O Brasil apresenta crescimento na cultura do coqueiro anão verde, em praticamente todo território nacional. Possui cerca de 250 mil hectares de áreas destinadas ao cultivo do coqueiro e acredita-se que a produção seja em torno de 2 milhões de toneladas do fruto. Devido ao clima tropical, as maiores produções se concentram nas regiões Norte e Nordeste, com cerca de 70% da produção nacional (EMBRAPA, 2018). O coco anão verde é o mais utilizado para extração de água, pois com idade de seis a sete meses tem maior quantidade de água em seu interior (PENHA et al., 2010).

O pericarpo do coco verde é formado por uma epiderme lisa verde (casca externa) associada a um mesocarpo espesso fibroso e um endocarpo escuro e rígido. A semente forma uma cavidade onde se encontra a polpa carnosa branca (endosperma sólido) e dentro da cavidade encontra-se o endosperma líquido, conhecido como água de coco (PASSOS, 1998; FATMAWATI & AGUSTRYANTO, 2015). Em seu estado natural, a água de coco é estéril, corresponde a 25% do peso do fruto e por ser uma bebida leve, refrescante pouco calórica e de sabor agradável, é um atrativo para consumidores que tem buscado cada vez mais alimentos naturais e com apelo ao bem estar e manutenção da saúde, (CARVALHO et al., 2012).

A água de coco é considerada um isotônico natural por ser rica em açúcares, sais minerais e vitaminas, também devido às suas propriedades de

reposição de eletrólitos perdidos após uma desidratação ou desgaste físico. (CARVALHO et al., 2012).

É geralmente comercializada dentro do próprio fruto, contudo esta atividade está relacionada com problemas de transporte, armazenamento e fragilidade do produto. Sendo assim, é importante a industrialização da bebida, visando facilitar o transporte e armazenamento para áreas não produtoras, ao mesmo tempo mantendo sua qualidade e vida de prateleira (SILVA et al., 2016). Após a extração, é necessário processamento que garanta sua qualidade microbiológica e inativação enzimática, a fim de diminuir o risco de alterações indesejáveis na sua qualidade sensorial, como o odor (fétido), cor (rosa) e sabor (amargo), tornando-a imprópria para o consumo (MURASAKI-ALIBERT et al., 2009; PENHA et al., 2010).

O Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, artigo 20, define água de coco como a bebida obtida da parte líquida do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) não diluída e não fermentada, extraída e conservada por processo tecnológico adequado (BRASIL, 2009a). A Instrução Normativa nº27 de 22 de julho de 2009 (BRASIL, 2009b) classifica a água de coco em água de coco resfriada, pasteurizada, congelada, esterilizada, concentrada, desidratada e reconstituída.

O processo térmico é o mais utilizado para preservação na indústria de alimentos, pois a elevada temperatura garante a qualidade microbiológica, e também alcança a inativação enzimática (AGUIAR et al., 2012). Normalmente a inativação enzimática é completa em temperaturas de 70 °C – 90 °C, contudo, estudos mostram que o tratamento térmico a 90 °C por mais de 100 s pode afetar as qualidades sensoriais da água de coco verde, além da oxidação de compostos fenólicos (CAMPOS et al., 1996; KIM et al., 2007).

Vários estudos de tecnologias convencionais e não convencionais como congelamento, microfiltração, uso de conservantes, tecnologia de alta pressão hidrostática, radiação ultravioleta, já foram avaliadas, contudo, todas essas alternativas parece não ser tão eficaz na inativação enzimática ou afeta negativamente as qualidades sensoriais da água de coco. Diante do exposto, a termossônica parece ser uma tecnologia promissora para inativação enzimática (ROJAS et al., 2017).

2.2 CONSERVAÇÃO DE SUCOS

2.2.1 Alterações enzimáticas em sucos de fruta

As enzimas são proteínas com atividade catalítica diferente para cada tipo de organismo ou célula (WHITAKER, 1994). Podem ser adicionadas nos alimentos com o intuito de conferir alterações desejáveis, como as enzimas pectinolíticas. Essas são utilizadas na indústria de sucos para degradação de substâncias pecticas, diminuindo a viscosidade e melhorando o processo de clarificação na indústria de sucos (UENOJO & PASTORE, 2007). Contudo, também causam deterioração nos alimentos, como nos casos das oxirredutases, que incluem as enzimas polifenoloxidase e peroxidase.

A atuação do ultrassom para controle da atividade enzimática é influenciada por fatores extrínsecos e intrínsecos, como composição do alimento, temperatura, pH e concentração (O'DOONELL et al., 2010). Para inativação enzimática é necessário utilizar ultrassom de alta intensidade, pois a principal causa para inativação de enzimas através da sonicação é a cavitação. Portanto, o nível de intensidade do ultrassom influencia fortemente, estando relacionado com a atividade ou inatividade de muitas enzimas (KADKHODAEI & POVEY, 2008; O'DONNELL et al., 2010).

Estudos relatam com êxito o uso do ultrassom para inativação de enzimas. Raviyan et al. (2005) mostraram que a combinação entre pressão e calor tem um efeito colaborativo na inativação da pectinametilesterase (PME) em suco de tomate com temperaturas entre 50 e 72 °C. O aumento da inativação foi dependente da intensidade cavitacional, que foi considerada como dependente da temperatura. Tiwari et al. (2009) verificaram que a sonicação isolada não foi suficiente para inativar a PME em suco de laranja. Contudo, a redução da PME em suco de limão resultou na diminuição de partículas suspensas durante o armazenamento de 18 dias a 4 °C, quando comparado com o suco de limão processado termicamente (KNORR et al., 2004).

Sener, Apar & Özbek (2006) obteve redução de 25% da atividade da β -galactosidase utilizando intensidade de 20 W/cm² em leite. Estudo de Tiwari et al. (2009a) relata uma estabilidade na aparência durante o armazenamento de suco de laranja tratado com ultrassom. Essa melhora na estabilidade durante o

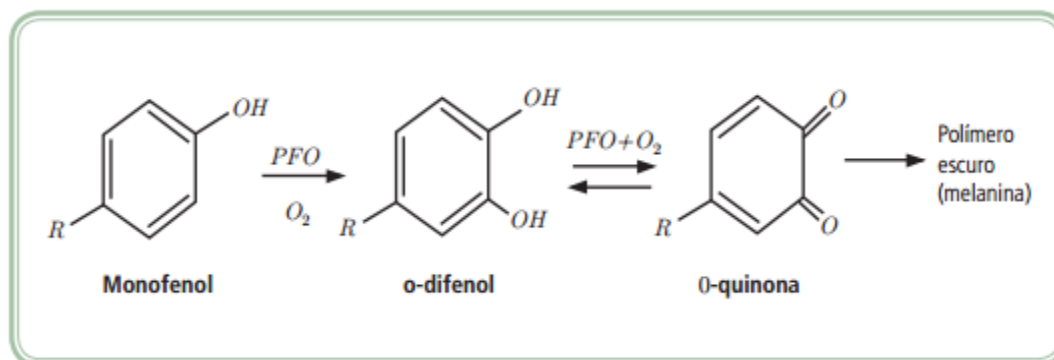
armazenamento pode ser justificada pelo dano mecânico à estrutura da PME durante a sonicação (O'DONNELL et al., 2010)

2.2.1.1 Polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD)

Polifenoloxidase (PPO) faz parte de um grupo de enzimas conhecidas como oxidoredutases que oxidam fenóis e o-quinonas na presença de oxigênio. É classificada pela IUBMB (*International Union of Biochemistry and Molecular Biology*) como EC 1.14.18.1, mas também pode ser denominada de tirosinase, polifenolase, fenolase, catecol oxidase, creolase ou catecolase, dependendo dos vários substratos que podem ser utilizados nas reações, sendo uma das responsáveis pelo escurecimento de vegetais, leguminosas e cereais (GOMES et al., 2001; OMS-OLIU et al., 2008). Sua atividade varia em função da espécie, estágio de maturação e variedade do vegetal, ou mesmo com armazenamento (VIGYAZO, 1981).

A Figura 4 apresenta esquema da reação da PPO, onde acontecem duas reações sequenciais. Na primeira, a enzima monofenol mono-oxigenase (E.C. 1.14.18.1) oxida um monofenol para formar um o-difenol incolor (atividade creolase). Na segunda reação (atividade catecolase), a enzima E.C. 1.10.3.2 oxida o o-difenol em o-quinonas, compostos de cor ligeiramente amarela. Já as quinonas, sofrem reações secundárias, enzimáticas ou não, formando as melanoidinas, compostos marrons, característicos do fenômeno (SILVA et al., 2000). Essa reação influencia negativamente a qualidade e aceitabilidade comercial dos produtos como sucos, geleias e frutas minimamente processadas, devido à alteração de cor, sabor, aroma e perda de vitaminas (TEREFE et al., 2014; TEOH et al., 2016).

Figura 4 – Esquema da reação de oxidação pela enzima polifenoloxidase



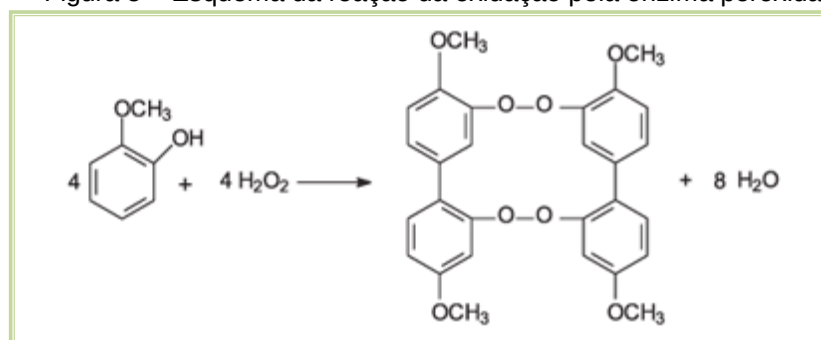
Fonte: <<https://www.quimicalimentar.com.br/escurecimento-enzimatico-em-alimentos/>>

O escurecimento enzimático inicia-se como resposta às injúrias fisiológicas ou mecânicas. Durante o processamento ou manuseio da fruta, há um aumento da atividade enzimática em resposta ao estresse sofrido pelo tecido. Essas lesões também levam à ruptura da célula, promovendo o contato de compostos fenólicos com as enzimas envolvidas nas reações de escurecimento (TEOH et al., 2016).

A peroxidase (POD), classificada como E.C. 1.11.1.7, também pertence ao grupo das oxirredutases. Não é uma enzima específica, assim, pode catalisar várias reações oxidativas que ocorrem nas plantas, utilizando o peróxido de hidrogênio como substrato (MATHE et al., 2010).

A função da POD é proteger o tecido vegetal contra a toxicidade do H_2O_2 formado durante o metabolismo celular. A remoção do H_2O_2 evita a formação do oxigênio singlete pela reação com O_2 . A POD oxida compostos fenólicos apenas na presença de H_2O_2 (CLERICI et al., 2014). A Figura 5 apresenta esquema da reação da POD onde esta, converte o guaiacol e peróxido de hidrogênio em tetraguaiacol (composto colorido).

Figura 5 – Esquema da reação da oxidação pela enzima peroxidase



Fonte: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v13n4/a03v31n4.pdf>

Estima-se que mais de 50% das perdas de frutas é causada pelo escurecimento enzimático e que, além das frutas, outros vegetais como a batata e yacon, também são susceptíveis ao escurecimento enzimático, provocando um impacto econômico significativo para os produtores de alimentos (VILAS BOAS et al., 2009). Portanto, o controle do escurecimento enzimático torna-se um ponto chave para a diminuição das perdas comerciais para o agricultor, bem como para a indústria.

2.2.2 Pasteurização em suco de fruta

O consumo de frutas frescas, bem como de sucos naturais tem aumentado nos últimos anos. Estudos também mostram que os consumidores têm procurado alimentos mais práticos, sem perder, entretanto, o valor nutricional e características sensoriais (SAMPEDRO et al., 2010; GEORGE et al., 2013; TADAPANENI et al., 2015)

O uso de conservantes químicos é comumente utilizado na indústria de polpas por ser menos dispendioso (NASIR et al., 2015). Contudo, a indústria tem buscado diminuir essa atividade devido a crescente demanda dos consumidores por produtos livres de aditivos químicos. A temperatura tem sido a técnica mais aplicada, visto que é segura do ponto de vista microbiológico. Porém, o êxito deste tratamento pode levar a perda de nutrientes, além de alterações negativas nas características sensoriais (CHEMAT et al., 2011). Deste modo, é necessário um controle efetivo do tempo de aquecimento a altas temperaturas para que enzimas sejam inativadas (CHEMAT et al., 2011; FERNÁNDEZ-SESTELO et al., 2013). Além disso, esses tratamentos demandam alta quantidade de energia. O desafio atual para indústria de alimentos é combinar técnicas de conservação térmica moderada com novas aplicações, a fim de assegurar a conservação dos alimentos sem uso de conservantes e de maneira que mantenha as características sensoriais e valor nutricional, com baixo consumo de energia, valor competitivo, segurança alimentar e respeitando o meio ambiente (CHEMAT et al., 2011; YI et al., 2016; VERRUCK & PRUDÊNCIO, 2018, TREMARIN et al., 2019).

2.3 ULTRASSOM E TERMOSSONICAÇÃO

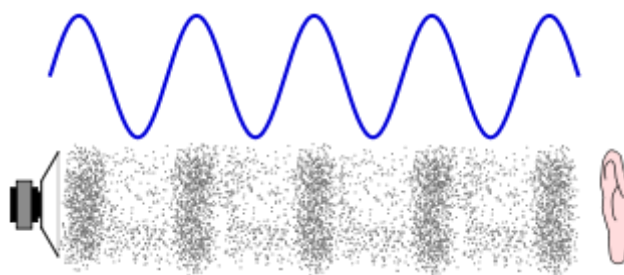
2.3.1 Ultrassom e cavitação

A manutenção do valor nutritivo e das características sensoriais de alimentos que sejam minimamente processados levou ao interesse do uso de tecnologias não térmicas de processamento em sucos de frutas (RAWSON et al., 2011). A introdução dessas novas tecnologias pode reduzir o tempo de processamento e melhorar as condições de operação industrial, resultando em produtos com qualidade, que preservem suas características iniciais (CÁRCEL et al., 2012, COSTA et al., 2013).

Dentre essas novas tecnologias o ultrassom tem sido reconhecido com a vantagem melhorar a qualidade do produto, diminuir o consumo de energia, favorecendo o meio ambiente, além de reduzir tempo de processamento e gerar maior rendimento, sendo interessante para aplicação industrial (TREMARIN et al., 2019).

As ondas sonoras são ondas mecânicas acústicas e como tal, necessitam de um meio para se propagar (Figura 6). Podem ser classificadas como infrassom (frequência menor de 20 Hz), som (20 Hz-20 kHz) e ultrassom (frequência maior de 20 kHz). Apenas ondas sonoras na frequência de 20 Hz – 20 kHz são perceptíveis aos seres humanos (CARCEL et al., 2012; AWAD et al., 2012).

Figura 6 – Representação esquemática da propagação de ondas sonoras

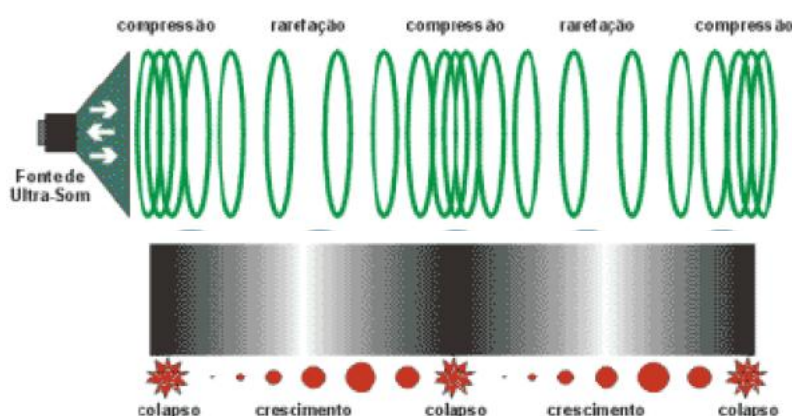


Fonte:< <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:CPT-sound-physical-manifestation.svg>>

O ultrassom pode ser classificado de acordo com sua frequência e intensidade. Assim, temos o ultrassom de baixa intensidade ($<1 \text{ W/cm}^2$) e alta frequência (2-20 MHz), utilizado na tecnologia de alimentos em técnicas para obter informações sobre propriedades físico-químicas, composição e estado físico do alimentos, além de sua estrutura, sendo uma técnica rápida, não invasiva, não destrutiva e precisa. O ultrassom de alta intensidade ($10\text{-}1000 \text{ W/cm}^2$) e baixa frequência (20-100 kHz) gera energia suficiente para romper ligações intermoleculares e, em intensidade superior a 10 W/cm^2 gera o fenômeno de cavitação, sendo este o principal fenômeno responsável pelo efeito do ultrassom nos alimentos (ALVES et al., 2013).

A cavitação é o fenômeno gerado quando uma onda ultrassônica é aplicada em meio líquido, formando um ciclo de ondas que oscilam em momentos de compressão (pressão positiva) e rarefação (pressão negativa), gerando uma bolha, “vácuo” ou “cavidade”, daí o nome cavitação (Figura 7).

Figura 7 – Representação esquemática da propagação de ondas sonoras e cavitação



Fonte: ARANHA et al., 2010 (Adaptado)

Esse ciclo acontece com regularidade causando o aumento do tamanho dessas cavidades. É formado então um campo acústico irregular que leva à instabilidade e colapso das bolhas no líquido. O colapso influencia em volta da bolha, gerando uma força de cisalhamento (efeito mecânico), microjatos e atrito na zona de cavitação. Na própria bolha (efeito químico), onde qualquer espécie introduzida durante sua formação é submetida a altas temperaturas e pressão em pontos localizados gerado pelo colapso. Assim, o vapor residual de dentro da bolha, submetido a esse aumento de temperatura e pressão, leva à fragmentação de moléculas. Na água, por exemplo, ocorre a ruptura da ligação de OH, produzindo pequena quantidade de gás oxigênio e H_2O_2 (MASON et al., 2005; O'DONNELL et al., 2010; CÁRCEL et al., 2012; ALVES et al., 2013).

A cavitação pode ser classificada como estável, onde as bolhas permanecem inalteráveis durante vários ciclos de compressão e expansão; essa é produzida geralmente por ultrassom de baixa intensidade e as bolhas induzem uma microagitação no líquido sem implodir. Na cavitação instável, produzida por ultrassom de alta intensidade, a agitação leva ao crescimento das bolhas de forma progressiva ao longo de vários ciclos (compressão/rarefação), até ocorrer sua implosão (TORLEY & BHANDARI, 2007). A capacidade do ultrassom de gerar a cavitação depende das características do ultrassom (frequência e intensidade), da matriz alimentar (viscosidade, tensão superficial), bem como de condições ambientais (temperatura e pressão) (DOLATOWSKI et al., 2007; O'DONNELL et al., 2010; JAMBRAK et al., 2017).

A sonicação é produzida através de um transdutor que converte energia elétrica em energia mecânica com frequências ultrassônicas. Estes transdutores podem ser magnetostriativo constituído de ligas metálicas de alta resistência e podem atingir altos níveis de potência, mas com eficácia abaixo de 50% quando comparado com os transdutores piezoelétricos, que têm uma eficiência de 95%. Este fato sugere tais transdutores são mais utilizados (PESHKOVSKY & PESHOVSKY, 2010).

O procedimento para aplicação de ultrassom em tecnologia de alimentos são os banhos e as sondas. Nos banhos ultrassônicos, os transdutores são ligados a um sistema vibratório na base ou parede do tanque que transmite a energia ultrassônica para o líquido, geralmente água, do recipiente que transmite a vibração para o alimento imerso no líquido (LEADLEY & WILLIAMS, 2008; CÁRCEL et al., 2012). No sistema de sondas, o sinal acústico é aplicado diretamente no alimento através de uma haste metálica, onde o sinal acústico é amplificado e direcionado ao alimento. Nesse caso, a distância entre a ponta da sonda e a amostra deve ser levada em consideração e controlada devido à diminuição do campo ultrassônico com a distância (ALVES et al., 2013).

O ultrassom é amplamente utilizado na área de ciências por ser uma tecnologia não térmica e de muitas funções, o que lhe confere diferentes aplicações na indústria de alimentos. Tem sido estudado para aplicação no processamento e preservação de alimentos, além da extração de várias substâncias alimentícias (OLIVEIRA et al., 2016). Estudos mostram sua utilização em frutas e sucos de frutas (PANIWNYK et al., 2017; TOMADONI et al., 2017), especialmente nos processos de congelamento e descongelamento (CHENG et al., 2015), extração (AGCAM et al., 2017; CHEMAT et al., 2017), transferência de massa (KNORR et al., 2011), secagem e desidratação (SILVA et al., 2014; MEDEIROS et al., 2016), inativação enzimática (BALTACIOGLU et al., 2017; DIAS et al., 2015) e em diversas matrizes alimentares (DOLATOWSKI et al., 2012; CHEMAT et al., 2011, CÁRCEL et al., 2012; CHANDRAPALA et al., 2012; ALVES et al., 2013).

Também tem sido referido como efetivo contra *Escherichia coli*, sozinho ou em combinação com temperaturas moderadas, em cidra de maçã (UGARTE ROMERO et al., 2006). Estudo de Raju & Deka (2018) mostrou redução de microrganismos em suco de frutas através da termossonicação.

2.3.2 Termossonicação

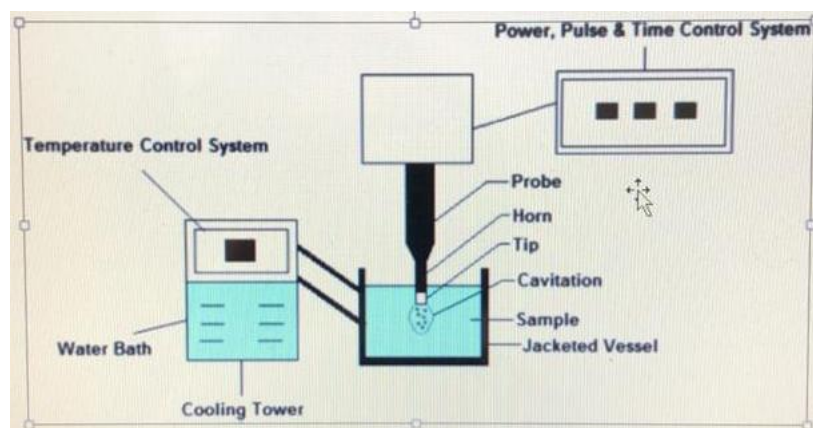
O uso combinado de ultrassom e calor (termossonicação) tem sido empregado como substituto ao tratamento térmico em suco de frutas, pois oferece menor dano à bebida, sendo esta considerada de boa qualidade nutricional e sensorial (ANAYA-ESPARZA et al., 2017; MISRA et al., 2014; ZULUETA et al., 2013). MARTÍNEZ-FLORES et al. (2015) e JABBAR et al. (2014) mostraram efeito positivo no uso da termossonicação em sucos quando comparado ao tratamento térmico, com o aumento do teor de carotenóides, vitamina C e polifenóis. Além de oferecer vantagens em termo de produtividade e rendimento, é considerada uma tecnologia “amiga do ambiente” por oferecer menor gasto de energia e água, contribuindo para o desenvolvimento sustentável (CHEMAT et al., 2011; CAO et al., 2018).

O processo de termossonicação tem sido eficaz devido a um “efeito aditivo” causado pela combinação de calor e cavitação. Este efeito, ou choque térmico, aumenta a região de letalidade bacteriana e inativação enzimática. O calor e ondas sonoras agem simultaneamente aumentando a sensibilidade nas paredes das células bacterianas, podendo ocorrer danos na estrutura celular (ANAYA-ESPARZA et al., 2017). Contudo, quando essa temperatura é muito elevada, geralmente maior que 55 °C, este “efeito aditivo” pode não acontecer, isso porque altas temperaturas podem prejudicar a formação de grandes bolhas durante a cavitação (ANAYA-ESPARZA et al., 2017). O calor das bolhas de cavitação causa um aumento gradual da temperatura do meio e o efeito da cavitação pode diminuir devido ao aumento dessa temperatura. Assim, para eficiência do processamento com termossonicação, é importante considerar variáveis como tempo de processamento e temperatura, visto que a temperatura afeta o teor de compostos bioativos, atividade enzimática e microbiana (ABID et al., 2014).

A termossonicação pode ser classificada como contínua ou descontínua. A termossonicação descontínua é mais comum, e consiste na utilização de transdutor ultrassônico tipo sonda e um banho de água circulante externo (Figura 8); já a contínua consiste numa célula de fluxo que contém a sonda, com temperatura controlada. Estudos mostram que a aplicação de ultrassom pode gerar aumento de temperatura em sucos devido a intensidade ultrassônica e tempo de aplicação do

processo (FONTELES et al., 2012; COSTA et al., 2013; DIAS et al., 2015). Assim, é necessária a circulação de água para garantir o controle da temperatura.

Figura 8 – Esquema da aplicação da termossonicação



Fonte: Verruck e Prudêncio, 2018 (E-book)

A melhora da eficiência na produção na indústria de leites (JULIANO et al., 2014) e na extração de óleo (JULIANO et al., 2013) mostra o efeito positivo do uso do ultrassom, demonstrando que este tem potencial promissor para uso em escala industrial (ZISU et al., 2010; PANIWNYK et al., 2017).

3 HIPÓTESE

A termossonicação, em condições otimizadas, é uma tecnologia de processamento eficiente em substituição aos tratamentos térmicos tradicionais para redução de atividade enzimática e manutenção dos compostos bioativos em bebidas mistas de água de coco com maracujá e água de coco com kiwi.

4 OBJETIVOS

4.1 GERAL

Estudar a influência da termossonicação em bebida mistas de água de coco com maracujá e água de coco com kiwi por meio de análise de indicadores de qualidade

4.2 ESPECÍFICOS

- Obter uma condição otimizada de processamento (intensidade de potência e temperatura) para o tratamento das bebidas mistas com ultrassom;
- Estudar o efeito da termossonicação na atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase das bebidas produzidas;
- Avaliar o efeito da aplicação da termossonicação no teor de compostos bioativos e atividade antioxidante das bebidas produzidas;
- Analisar a influência da termossonicação na estabilidade físico-químicas e enzimática das bebidas produzidas.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Experimentação em Análise de Alimentos (LEAAL) do Departamento de Nutrição – CCS/UFPE e no Laboratório de Engenharia de Alimentos e Ambiental do Departamento de Engenharia Química – CTG/UFPE.

5.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para estudar os efeitos da intensidade da potência e tempo de aplicação do ultrassom na bebida mista, foi utilizado um planejamento fatorial completo 2^2 , mais os pontos centrais (nível 0) e pontos axiais (níveis $\pm\alpha$). Dessa forma, cada fator foi estudado em 5 níveis, conforme apresentado na Tabela 1. As faixas de variação entre o limite inferior e superior de cada variável foram estabelecidas com base na literatura (FONTELES et al., 2012).

Tabela 1 – Variáveis independentes para o tratamento termossônico fatorial em bebidas mistas de maracujá com água de coco e de kiwi com água de coco (tempo constante e igual a 10 minutos)

Variável (codificada)	-1,41	-1	0	+1	+1,41
Intensidade de potência (W/cm ²)	75	118	224	330	373
Temperatura (°C)	25	31	45	59	65

Fonte própria

Neste estudo, foram realizados 11 ensaios, sendo quatro fatoriais, três centrais e quatro axiais (Tabela 2), gerando um modelo quadrático, onde o valor das variáveis dependentes Y (atividade enzimática da polifenoloxidase e peroxidase, teor de fenólicos totais, vitamina C, carotenoides, flavonoides totais, atividade antioxidante (DPPH e ABTS), e variação total de cor) são funções das variáveis independentes (intensidade de potência e temperatura), conforme descreve a equação 1.

$$Y = \phi(i, T) = \beta_0 + \beta_1 i + \beta_2 T + \beta_{11} i^2 + \beta_{22} T^2 + \beta_{12} iT \quad (1)$$

Tabela 2 – Planejamento experimental codificado e decodificado do tratamento termossônico.

Ensaio	Intensidade de potência (W/cm ²)	Temperatura (°C)	Intensidade de potência (W/cm ²)	Temperatura (°C)
01	-1	-1	118	31
02	+1	-1	330	31
03	-1	+1	118	59
04	+1	+1	330	59
05	0	0	224	45
06	0	0	224	45
07	0	0	224	45
08	-1,41	0	75	45
09	+1,41	0	373	45
10	0	-1,41	224	25
11	0	+1,41	224	65

Fonte própria

5.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A elaboração dos modelos foi feita utilizando o software STATISTICA 7.0, sendo considerado preditivo o modelo que apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança e alto valor de R^2 (RODRIGUES & IEMMA, 2014).

5.3 FORMULAÇÃO DAS BEBIDAS

5.3.1 Bebida mista de água de coco com maracujá

Considerando a legislação IN nº01 (BRASIL, 2000), foi considerado suco integral de maracujá, a polpa integral (sem adição de água ou conservantes) não submetida a nenhum processamento de térmico, congelada, adquirida de indústria local. A água de coco refrigerada foi adquirida da Recife Cocos®, situada em Recife, PE. A bebida mista de maracujá foi elaborada na proporção 1:9 (suco de maracujá:água de coco refrigerada), imediatamente antes do processamento de termossônicação.

5.3.2 Bebida mista de água de coco com kiwi

Para elaboração da bebida mista de kiwi, foi comprado kiwi em mercado local (Recife, PE). As frutas foram higienizadas e o suco foi obtido através da extração do fruto em extrator de suco (Centrífuga Juicer Philips Walita 700w - Ri1863). A água de coco refrigerada utilizada foi adquirida da Recife Cocos®, situada em Recife, PE. A bebida foi elaborada na proporção 1:1 (suco integral de kiwi:água de coco refrigerada), imediatamente antes do processamento de termossonicação.

5.4 TERMOSSONICAÇÃO

Para esta etapa, 150 mL de amostra das bebidas mistas foram colocados em béqueres encamisados de 250 mL e submetidos ao tratamento de termossonicação, de acordo com o planejamento experimental. Foi utilizado um processador de ultrassom de 500 W (Unique® DES500, Brasil), com frequência de 20 kHz e sonda de 1,3 cm. A sonda de ultrassom foi submersa a uma profundidade de 25 mm da superfície da amostra. A intensidade da energia ultrassônica dissipada a partir da ponta da sonda foi calculada pela equação 2 (LI et al., 2004).

$$I = \frac{P}{\pi r^2} \quad (2)$$

Onde:

P = nível de potência aplicada (W)

R = raio da ponteira de titânio (cm)

A termossonicação dos diferentes tratamentos foi realizada a 25, 31, 45, 59 e 65 °C e intensidade de potência de 75, 118, 224, 330 e 373 W/cm² por 10 min. A temperatura foi mantida utilizando um sistema de banho ultratermostatizado (SOLAB® SL 152) que foi ligado ao recipiente encamisado durante o processamento da amostra. O processamento foi iniciado quando a temperatura definida foi atingida. Todas as amostras foram imediatamente resfriadas a 4 °C±1 °C em banho de gelo após cada tratamento e armazenadas ao abrigo da luz, sendo mantidas a 4 °C±1 °C até o momento da análise.

5.5 ESTUDO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA

A extração e atividade da enzima polifenoloxidase foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Wissermann & Lee (1980). Para a extração, 20 mL da bebida foi misturada com o mesmo volume de tampão fosfato de potássio ($0,05 \text{ mol}^{-1}$ pH 7,0) contendo KCl 0,1 mol e 1 % (v/v) de polivinilpirrolidona. A mistura foi centrifugada por 10 minutos, em centrífuga (Eppendorf, modelo 5403) a 11000 rpm e 4 °C. O sobrenadante foi usado como extrato enzimático.

Para determinação da atividade enzimática da PPO, foi preparado uma mistura contendo 0,3 mL do extrato enzimático e 1,85 mL de uma solução tampão de fosfato de potássio (0,1 mol, pH 6,0) contendo catecol (0,1 mol) e KCl (0,1 mol). Essa mistura foi incubada a 30 °C durante 30 minutos e interrompida com a adição de 0,8 mL de ácido perclórico a 2 mol. Após a sedimentação foi realizada leitura em espectrofotômetro (Varian, modelo Cary 50 Bio UV Visível, Austrália) a 395 nm. Uma unidade de atividade enzimática (1 UAE) foi definida como a quantidade de enzima que provoca uma alteração de 0,001 na absorbância por minuto. A atividade enzimática residual após a aplicação do ultrassom foi calculada pela equação 3:

$$A (\%) = \frac{A_s}{A_0} \cdot 100 \quad (3)$$

Onde:

A_s = Atividade da amostra após aplicação do ultrassom; A_0 = Atividade inicial da amostra.

Para determinação da atividade da POD foi utilizado o mesmo extrato enzimático extraído para PPO. O extrato enzimático (3 mL) foi misturado com 3,5 mL de tampão fosfato-citrato 0,1 M pH 5,0 contendo 1% (v/v) de guaiacol e 0,5 mL de H_2O_2 3% (v/v). A mistura foi agitada e incubada a 30 °C por 5 minutos. A reação foi interrompida pela adição de 1 mL de bissulfito de sódio 30% (v/v) e foi realizada leitura em espectrofotômetro a 470 nm (MATSUNO e URITANI, 1972). Uma unidade de atividade enzimática (1 UAE) foi definida como a quantidade de enzima que provoca uma alteração de 0,001 na absorbância por minuto. A atividade enzimática residual da POD após a aplicação do ultrassom foi calculada pela equação 3.

5.6 ESTUDO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS

5.6.1 Teor de fenólicos totais

O conteúdo de fenólicos totais foi determinado por espectrofotometria a 765 nm através do reagente Folin-Ciocalteu e curva padrão de ácido gálico (SINGLETON, 1999). Para determinação do teor de fenólicos totais na amostra, foi realizada uma reação com 0,5 mL do composto fenólico, 2,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu a 10% (v/v) (Sigma-Aldrich, Alemanha) e 2 mL de reagente de carbonato de sódio a 4% (m/v). Essa mistura foi mantida ao abrigo da luz durante 2 horas à temperatura ambiente e depois foi realizada leitura em espectrofotômetro a 765nm. Os resultados foram expressos como $\mu\text{g}/\text{mg}$ de equivalentes ao ácido gálico por 100 mL de amostra.

5.6.2 Teor de flavonoides totais

O teor de flavonóides das bebidas foi determinado usando o método AlCl_3 (LAMAISON & CARNET, 1990), onde 2 mL (v/v) da bebida foram misturados com 2 mL de solução metanólica de cloreto de alumínio a 2% (v/v). A mistura foi mantida em repouso à temperatura ambiente por 15 minutos e a absorbância foi medida a 410 nm. O teor de flavonóides foi expresso em gramas de equivalente de quercetina por 100 mL de bebida.

5.6.3 Teor de carotenoides

O teor total de carotenóides foi quantificado com base na metodologia de Rodriguez-Amaya (2001), com extração acetônica, seguida por uma diluição e separação em funil de decantação com éter de petróleo. Após a separação foi realizado leitura em espectrofotômetro medindo absorbância a 470 nm. A análise foi realizada ao abrigo da luz em temperatura ambiente no menor tempo possível. O teor de carotenóides totais foi expresso em mg por 100 mL de amostra.

5.6.4 Teor de vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado de acordo com Strohecker & Henning (1967). Amostras de 15 mL de cada ensaio foram diluídas em 100 mL de ácido oxálico 0,5% (v/v) a 4 °C em balão volumétrico e, em seguida, filtrada com papel de filtro. Uma alíquota de 5 mL do filtrado foi titulado com indicador 2,6-diclorofenol-indofenol (DFI) até o ponto de equivalência. O teor de vitamina C foi expresso como mg de vitamina C por 100 mL de amostra da bebida.

5.7 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

5.7.1 Atividade antioxidante por % de inibição do radical ABTS

A atividade de eliminação do radical ABTS (2,2' - azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)) foi medida de acordo com Re et al. (1999). O radical ABTS (ABTS⁺) foi produzido pela reação do ABTS e persulfato de potássio 140 mM no escuro e à temperatura ambiente por 16 h antes de ser usado. A solução ABTS⁺ foi diluída com etanol até uma absorbância de $0,70 \pm 0,10$ nm. Uma alíquota de 30 µL da amostra foi colocada em tubo de ensaio e adicionados 3 mL da solução do radical ABTS. A mistura foi homogeneizada em vortex e após 6 minutos foi realizada leitura da absorbância a 734 nm. A porcentagem de inibição do radical ABTS foi calculada usando a Equação 4.

$$\% \text{ de inibição} = [(Abs \text{ controle} - Abs \text{ amostra}) / Abs \text{ controle}] \times 100 \quad (4)$$

5.7.2 Atividade antioxidante por % de inibição do radical DPPH

A atividade de eliminação do radical DPPH foi analisada segundo o método de Blois (1958), utilizando o radical estável DPPH• (1,1-difenil-2-picrilhidrazila), com adaptações para a análise em microplacas. Resumidamente, adicionou-se 40 µL de bebida a 250 µL de solução metanólica de DPPH a 0,004% (v/v). A mistura foi incubada à temperatura ambiente durante 25 minutos ao abrigo da luz. Simultaneamente, foi preparada uma solução controle (solução de 0,004% (v/v) de

metanol DPPH) e um branco (metanol). A absorbância foi medida a 517 nm. A porcentagem de atividade de remoção de radicais DPPH foi calculada usando a Equação 4.

5.8 ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas foram realizadas de acordo com a metodologia da AOAC (2012) em no máximo 8 horas após a termossonicação. Para análise de sólidos solúveis totais, expressos em °Brix, foi realizada leitura em refratômetro de bancada (JENA, modelo 375320, Aus) à temperatura de 20°C, após calibração com água destilada de acordo com método 932.12 (AOAC, 2012). A determinação do pH foi feita com leitura direta das amostras em pHmetro digital (MICRONAL, B474), após calibração com soluções tampão pH 4,0 e pH 7,0, segundo o método 981.12 (AOAC, 2012). Para análise de acidez total titulável em ácido cítrico, foi utilizado o método de titulação com solução de NaOH 0,1mol até atingir o ponto de equivalência, com resultado expresso em percentual de ácido cítrico, seguindo o método 920.149 (AOAC, 2012).

5.9 DIFERENÇA TOTAL DE COR (TCD)

A análise de cor da bebida foi determinada utilizando um colorímetro (Minolta, CR400, Japão) previamente calibrado. Os instrumentos de reflectância determinam três parâmetros de cor: L^* (luminosidade ou brilho), a^* (vermelho / verde) e b^* (amarelo / azul). Os valores numéricos de L^* , a^* e b^* foram convertidos em TCD (*total color difference*), o que indica a magnitude da mudança de cor após o tratamento, usando a equação 5. O valor de referência para o TCD foi a bebida não termossonicada. As medições de cor foram realizadas em quintuplicata.

$$TCD = \sqrt{(L^* - L_o^*)^2 + (a^* - a_o^*)^2 + (b^* - b_o^*)^2} \quad (5)$$

Onde:

TCD é a diferença total de cor;

L_o^* e L^* são as luminosidades das amostras antes e após a termossonicação, respectivamente;

a_o^* e a^* são as intensidades das cores vermelha (valor positivo) e verde (valor negativo) das amostras antes e após a termossonicação, respectivamente;

b_o^* e b^* são as intensidades das cores amarela (valor positivo) e azul (valor negativo) das amostras antes e após a termossonicação, respectivamente.

5.10 ESTUDO DA ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA E ENZIMÁTICA

As amostras controle e termossonicadas das bebidas mistas foram testadas quanto a parâmetros físico-químicos (pH, acidez total titulável, sólidos solúveis) e enzimático (atividade residual de PPO e POD) durante o período de 28 dias de armazenamento sob refrigeração a 4 °C (PRATI et al., 2004), com intervalos de 7 dias entre as análises, realizadas em triplicata, a fim de verificar se haveria alteração nas características físico-químicas e na atividade residual enzimática da bebida termossonicada no decorrer do período de armazenamento. Os resultados obtidos foram avaliados utilizando teste T (student) ao nível de 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os resultados das respostas atividade enzimática, compostos bioativos, atividade antioxidante e diferença total de cor, de acordo com o delineamento experimental proposto, estão descritos nas Tabelas 3 e 4 para bebidas mistas de maracujá com água de coco e kiwi com água de coco, respectivamente.

Tabela 3 – Delineamento experimental e valores da média das respostas após a termossonicação em bebida mista de maracujá com água de coco

Ensaio	Intensidade de potência (W/cm ²)	Temperatura (°C)	Atividade residual POD (%)	Atividade residual PPO (%)	Fenólicos totais (mg/100mL)	Carotenóides totais (µg/mL)	Flavonóides totais (mg/100mL)	Vitamina C (mg/100mL)	Atividade antioxidante (% inibição ABTS)	Atividade antioxidante (% inibição DPPH)	Diferença total de cor (TCD)
Controle	-	-	100	100	2,39	1,02	8,21	18,59	44,09	87,27	-
1	118	31	5,17	56,41	2,45	2,63	10,12	26,31	34,17	99,85	4,66
2	330	31	5,08	55,80	2,29	1,16	8,48	26,13	32,33	93,92	8,46
3	118	59	5,67	90,03	2,37	1,39	8,66	27,36	41,21	89,72	5,65
4	330	59	6,21	88,44	2,51	2,47	8,26	42,63	25,39	86,60	6,31
5	224	45	82,37	48,32	2,32	3,33	8,92	35,08	37,96	83,06	8,55
6	224	45	83,22	48,56	2,32	3,65	9,31	34,86	39,74	82,10	7,98
7	224	45	82,21	49,21	2,30	3,59	9,12	35,36	36,42	82,28	8,62
8	75	45	82,13	49,02	2,39	2,93	8,90	20,35	39,27	81,75	5,63
9	373	45	82,94	49,01	2,40	4,13	8,66	43,86	28,25	77,08	5,82
10	224	25	6,18	48,71	2,32	5,15	10,09	25,09	46,29	69,60	5,74
11	224	65	6,15	91,05	2,51	3,90	10,44	42,63	43,34	61,65	8,00

Fonte própria

TCD = Variação total de cor

PPO = Polifenoloxidase

POD = Peroxidase

Tabela 4 – Delineamento experimental e valores da média das respostas após a termossonicação em bebida mista de kiwi com água de coco

Ensaio	Intensidade de potência (W/cm ²)	Temperatura (°C)	Atividade residual PPO (%)	Atividade residual POD (%)	Fenólicos totais (mg/100mL)	Flavonóides totais (mg/100mL)	Vitamina C (mg/100mL)	Atividade antioxidante (% inibição DPPH)	Atividade antioxidante (% inibição ABTS)	Diferença total de cor (TCD)
Controle	-	-	100	100	2,11	113,86	19,11	93,41	96,54	-
1	118	31	59,27	1,02	1,92	115,94	33,77	95,38	97,99	18,49
2	330	31	73,28	1,67	1,98	112,48	26,22	74,34	91,69	19,56
3	118	59	78,74	2,46	2,07	109,02	28,88	84,01	96,90	19,30
4	330	59	99,34	4,27	2,02	141,69	40,44	94,86	91,53	17,07
5	224	45	98,30	92,86	1,90	104,68	33,33	68,42	92,69	20,25
6	224	45	99,05	93,25	2,17	104,84	32,88	69,37	92,65	19,70
7	224	45	99,02	92,87	2,09	103,44	33,33	68,94	92,65	19,42
8	75	45	62,77	91,61	1,94	114,94	31,55	75,12	92,53	17,95
9	373	45	95,00	94,87	1,92	104,88	37,33	93,76	95,19	16,92
10	224	25	58,85	3,96	1,83	121,60	28,88	95,20	90,60	18,77
11	224	65	91,70	8,08	2,05	122,99	32,44	81,63	94,76	18,45

TCD = Variação total de cor

PPO = Polifenoloxidase

POD = Peroxidase

6.2 ATIVIDADE ENZIMÁTICA

Verificou-se o resultado da análise estatística aplicada aos dados experimentais da atividade residual (A_R) de PPO e POD em bebida mista de maracujá com água de coco e kiwi com água de coco. Os termos lineares e quadráticos de temperatura e intensidade de processamento foram significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$) e, portanto, considerados no modelo.

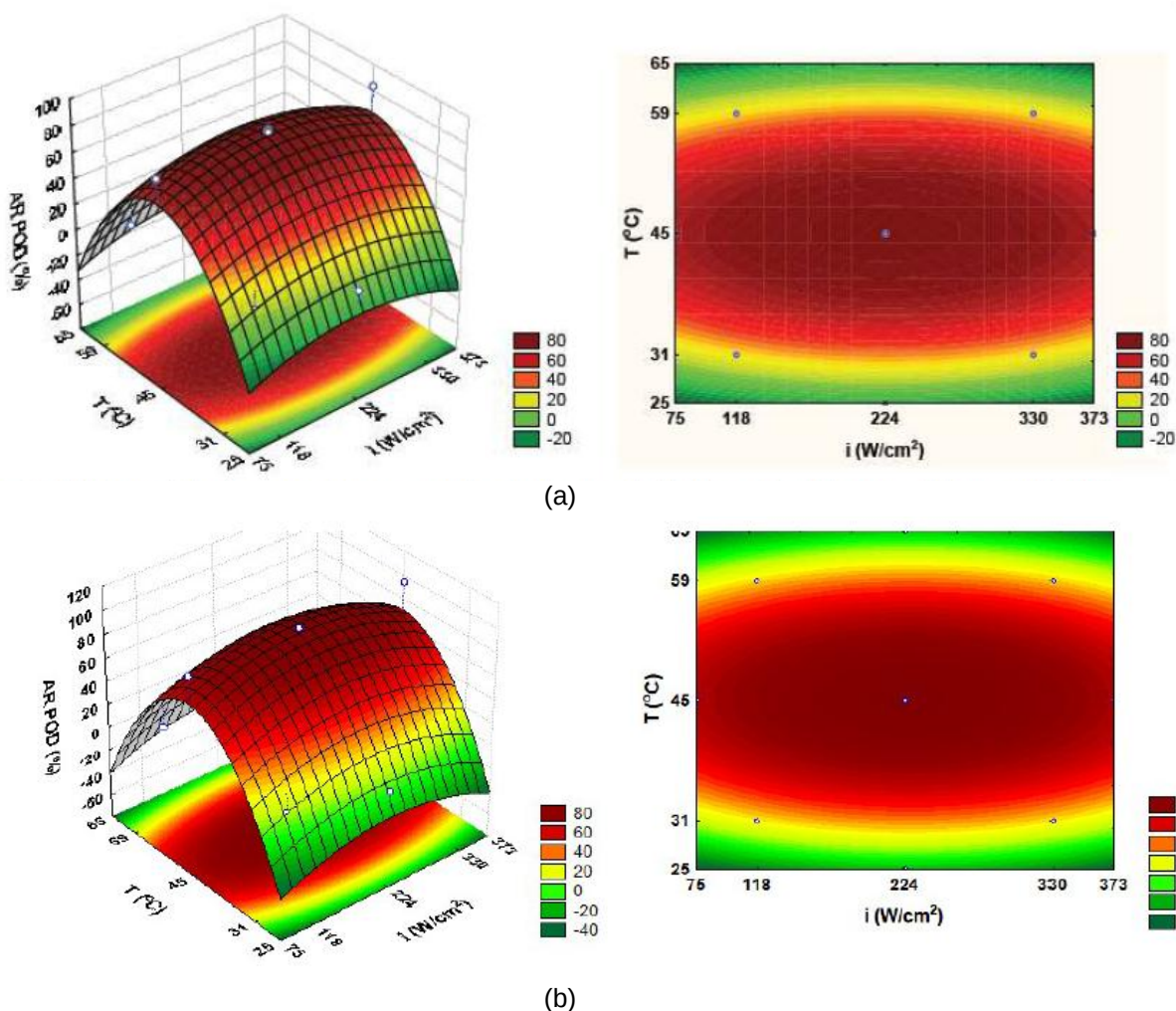
Verificou-se a significância da regressão ($p \leq 0,05$) através do teste F, na análise de variância (ANOVA) (Apêndices A e B). Os modelos codificados propostos para representar a atividade residual de polifenoloxidase e peroxidase em bebida mista de maracujá com água de coco e kiwi com água de coco após a termossonicação, dentro dos limites de intensidade de potência (i) e temperatura de processamento (T) estudados, bem como os coeficientes de determinação (R^2) foram considerados preditivos e estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Modelos codificados para atividade residual de polifenoloxidase e peroxidase em bebida mista de maracujá com água de coco e kiwi com água de coco após a termossonicação

	Modelo codificado	Coefficiente de determinação (R^2)
A_R PPO bebida mista com maracujá	$Y = 48,64 + 3,49i^2 + 15,79T + 13,99T^2$	0,8982
A_R POD bebida mista com maracujá	$Y = 82,75 - 9,81i^2 - 48,22T^2$	0,8160
A_R PPO bebida mista com kiwi	$Y = 98,78 + 10,3i - 9,83i^2 + 11,51T - 11,64T^2 + 1,64iT$	0,9941
A_R POD bebida mista com kiwi	$Y = 93,17 + 0,88i - 11,79i^2 + 1,23T - 55,66T^2$	0,7991

A Figura 9 mostra as superfícies de resposta e curvas de nível, gerados através dos modelos propostos para atividade residual de POD em bebida mista de maracujá com água de coco (a) e de kiwi com água de coco (b).

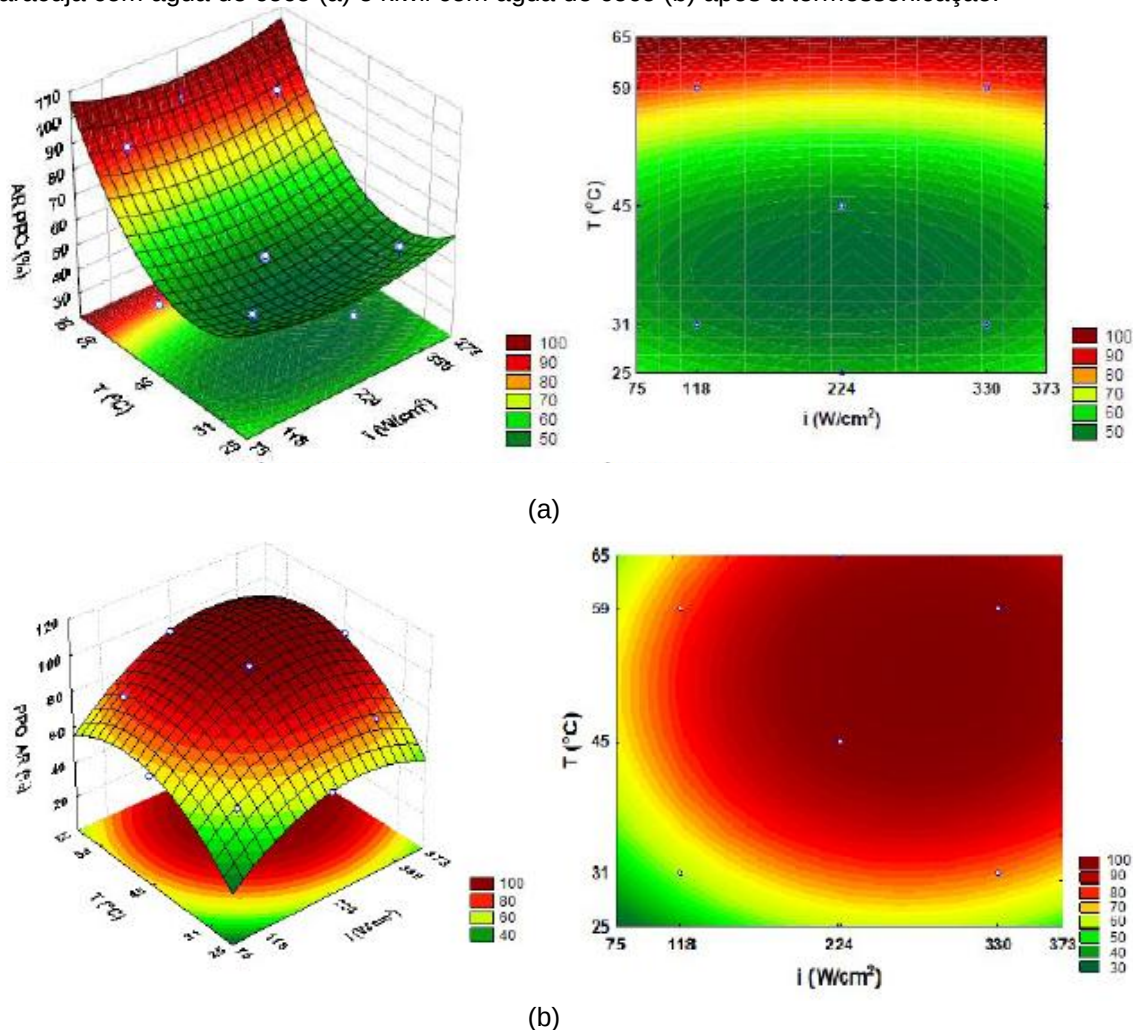
Figura 9 – Superfície de resposta e curva de nível para atividade residual de peroxidase em bebida mista de maracujá com água de coco (a) e kiwi com água de coco (b) após a termossonicação.



Fonte própria

A Figura 10 mostra a superfície de resposta e curva de nível gerado através do modelo proposto para atividade residual de PPO em bebida mista de maracujá (a) e de kiwi (b), respectivamente.

Figura 10 – Superfície de resposta e curva de nível para atividade residual de PPO em bebida mista de maracujá com água de coco (a) e kiwi com água de coco (b) após a termossonicação.



Fonte própria

Polifenoloxidase e peroxidase são enzimas presentes em vegetais e responsáveis por alterações, como formação de pigmentos e odores, afetando sua qualidade (O'DONNELL et al., 2010; ABID et al., 2014). Por ser uma enzima termicamente estável em frutas e vegetais, a POD tem sido utilizada como índice de inativação enzimática, assim sua inativação completa é de interesse para indústria de alimentos (MATSUIA et al., 2007, ARJMANDI et al., 2016). Embora um dos métodos mais utilizados para inativação enzimática e segurança microbiológica em sucos seja o térmico, como a pasteurização, a combinação de calor e ultrassom

pode ser uma boa alternativa para preservação de nutrientes como, vitamina c e compostos bioativos, com poucas alterações na cor ou sabor (DÜNDAR et al., 2019). Estudos mostram que a termossonicação tem sido mais eficaz na inativação enzimática, quando comparado ao tratamento térmico ou do ultrassom isolados (JABBAR et al., 2015; SULAIMAN et al., 2015; EVELYN & SILVA, 2016).

Observando as superfícies de resposta obtidas para POD, tanto para a bebida mista de maracujá (Figura 9a) como na de kiwi (Figura 9b), percebe-se um comportamento semelhante na atividade enzimática. Nota-se que a temperatura de processamento teve grande influência na atuação das enzimas, visto que independente da intensidade de potência houve redução da atividade enzimática mesmo em baixas temperaturas (25 °C – 31 °C). Essa redução pode ser relacionada ao efeito aditivo da cavitação associado ao calor (ZHANG et al., 2017; SULAIMAN et al., 2015).

A enzima peroxidase foi mais sensível aos efeitos da cavitação, apresentando atividade residual de 5% em bebida mista de maracujá e 1% em bebida mista de kiwi, em baixa temperatura de processamento (31 °C) e baixa intensidade de potência (118 W/cm²), quando comparada com a polifenoloxidase, que apresentou redução de 55% na bebida mista de maracujá e 59% do de kiwi nas mesmas condições.

Cervantes-Elizarrarás et al. (2017), encontraram baixos valores na atividade residual de PPO em suco de amora utilizando a termossonicação em torno de 50°C por 25 minutos. Contudo em seu experimento a temperatura mais alta configurou maior inativação enzimática. Netsanetshiferaw et al. (2009) encontraram redução nas atividades de poligalacturonase e pectinametilesterase no uso da TS com temperatura entre 50 a 57°C.

Através das superfícies de resposta para PPO em bebida mista de kiwi, (Figura 10b) percebe-se que em temperaturas entre 40°C a 55°C, há uma maior atividade residual dessa enzima, principalmente quando associado a alta intensidade de potência. Já, na bebida mista de maracujá (Figura 10a) a maior atividade residual de PPO ocorreu em alta temperatura (acima de 55°C) independente da intensidade de potência. Contudo, nas superfícies de resposta da POD tanto para bebida mista de kiwi como para de maracujá, nota-se que esse aumento da atividade residual, acontece apenas em temperaturas entre 35°C a 55°C, apresentando menor atividade em temperaturas baixas (<35°C ou >55°).

O resultado desta pesquisa é similar ao de Anaya-Esparza et al. (2017) que conseguiu uma redução para 19% PPO_{RA} a 54°C. Outros estudos também relatam o efeito sinérgico de ultrassom e calor nas enzimas PPO e POD (CHENG et al., 2013; ABID et al., 2014a; ABID et al., 2014b; SULAIMAN et al., 2015; EVELYN & SILVA, 2016; ZHANG et al., 2017).

Acredita-se que a inativação das enzimas é decorrente de um efeito sinérgico entre calor e dano mecânicos causado pela cavitação, desnaturação por polimerização e mudança da conformação da estrutura terciária da enzima, que está relacionada com a redução da atividade enzimática (ANAYA-ESPARZA et al, 2017; AADIL et al., 2015). Estudos recentes que mostram que calor e ultrassom atuam sinergicamente na inativação da enzima, ocasionando uma alteração na sua conformação global, ou deixando-a mais sensível aos efeitos do calor (BALTACIOGLU et al., 2017; ROJAS et al., 2017; DÜNDAR et al, 2019).

Assim, considera-se que o ultrassom apresenta potencial para acelerar a taxa de esterilização, levando menos tempo, reduzindo danos e intensidade do tratamento térmico. As ondas ultrassônicas de alta intensidade conseguem romper as células e desnaturar enzimas, trazendo como vantagem a minimização de perda de sabor, maior homogeneidade e economia de energia significativa (RANA et al., 2017)

Os mecanismos de inativação são específicos para cada enzima e vão depender da sua composição e conformação estrutural (BALTACIOGLU et al., 2017). Além disso, calor, efeitos mecânicos e a presença de radicais livres (RL) produzidos pela sonólise de moléculas de água, podem quebrar pontes de hidrogênio e atacar locais específicos como ligações dissulfeto, que podem desestabilizar a conformação da enzima. Esses RL também podem oxidar resíduos de aminoácidos como triptofano e cisteína, que também estão envolvidos na atividade catalítica e estabilidade de várias enzimas (TEREFE et al., 2009; CHENG et al., 2013, ANAYA-ESPARZA et al., 2017).

Vários fatores podem interferir na eficiência da TS na inativação enzimática, como o tipo de desruptor, sua geometria, frequência, volume do tratamento, concentração enzimática e concentração de gás dissolvido na bebida. Presença de micro-organismos também pode afetar a eficiência da TS (ADEKUNTE et al., 2010; O'DONNELL et al., 2010; TIWARI et al., 2009b).

As enzimas podem exibir diferentes comportamentos frente à TS e essas diferenças são atribuídas principalmente à variedade de fruta, grau de maturação, além da extração e método usado para quantificação da atividade enzimática (ROJAS et al., 2016).

Alguns grupos de pesquisa encontraram aumento da atividade da PPO, que pode ser resultante da liberação de compostos fenólicos após a sonicação em suco de abacaxi e em suco de goiaba (COSTA et al., 2013; CHEN et al., 2013). Contudo, esses estudos utilizaram o ultrassom isoladamente. As prováveis razões para diferentes resultados quanto à inativação de enzimas podem ser atribuídas a diferenças entre condições experimentais, matriz alimentar e configurações do sistema.

A maior vantagem do uso da termossonicação é que o uso do ultrassom permite a inativação da enzima em menor tempo e temperatura (VERCET et al., 2002). Cao et al. (2018) conseguiram inativar a PPO em baixa temperatura em suco de *bayberry*, aumentando a intensidade de potência do ultrassom. Vários autores utilizaram a TS como alternativa ao branqueamento para inativação enzimática e relataram menor impacto sobre os atributos sensoriais do que pelo branqueamento com calor, e sugeriram que a TS pode ter melhor viabilidade do que o calor para branqueamento na indústria (CRUZ et al., 2008; GAMBOA-SANTOS et al., 2012).

6.3 ESTUDO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS

O resultado da análise estatística aplicado aos dados experimentais do teor de fenólicos totais e vitamina C foi avaliado (Apêndice C) e mostra que termos lineares e quadráticos de temperatura e intensidade de processamento foram significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$) e, portanto, considerados no modelo. Observou-se a significância da regressão a 95% de confiança ($p \leq 0,05$) através do teste F de análise de variância (ANOVA). O modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança. Os modelos codificados propostos para representar o teor de fenólicos e de vitamina C nas bebidas, são descritos pelas equações apresentadas na tabela 6.

Tanto na bebida de maracujá como na de kiwi, os valores de coeficiente de regressão lineares e quadráticos e da interação de carotenoides totais e flavonoides, bem como de compostos fenólicos totais para bebida mista de kiwi, não foram

significativos estatisticamente em um nível de confiança de 95%. Assim, a metodologia de superfície de resposta não foi aplicada para analisar os dados experimentais de tais respostas.

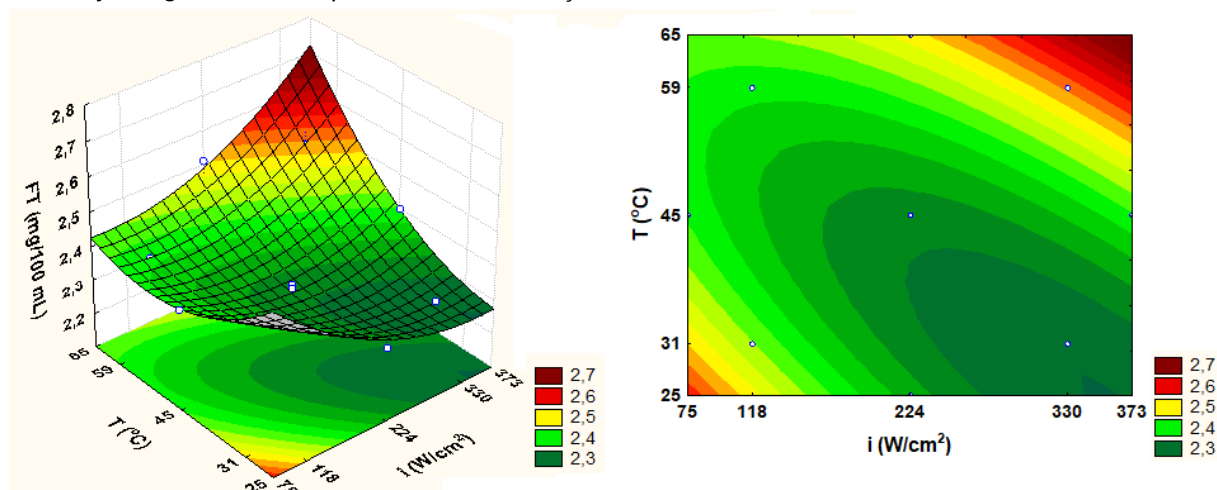
Tabela 6 – Modelos codificados para teor de compostos bioativos em bebida mista de maracujá com água de coco e kiwi com água de coco após a termossonicação

	Modelo codificado	Coefficiente de determinação (R^2)
Fenólicos totais em bebida mista com maracujá	$Y = 2,31 + 0,04i^2 + 0,05T + 0,05T^2 + 0,07iT$	0,9676
Vitamina C em bebida mista com maracujá	$Y = 35,10 + 6,04i - 2,10i^2 + 5,30T - 1,22T^2 + 3,86iT$	0,9102
Vitamina C em bebida mista com kiwi	$Y = 33,18 + 1,52i + 0,57i^2 + 1,79T - 1,32T^2 + 4,77iT$	0,9698

Fonte própria

A Figura 11 apresenta a superfície de resposta e curva de nível, respectivamente, gerado através do modelo proposto para teor de fenólicos totais em bebida mista de maracujá.

Figura 11 - Superfície de resposta e curva de nível para teor de fenólicos totais em bebida mista de maracujá e água de coco após a termossonicação



Fonte própria.

Compostos bioativos como carotenoides são importantes pigmentos naturais que não só dão uma cor característica aos vegetais, como também contribuem para a atividade antioxidante total, sendo sua ingestão associada a menor risco do desenvolvimento de hipertensão e diabetes tipo 2 (CASSIDY et al., 2010; MURAKI et al., 2013).

Ao observar a superfície de resposta para teor de fenólicos totais na bebida mista de maracujá (Figura 11), percebe-se maior retenção desses compostos

quando há uma interação de alta temperatura e alta intensidade de potência, assim como no estudo de Dündar et al. (2019).

Outros estudos também mostraram aumento no teor de fenólicos totais (ADIAMO et al., 2017), flavonoides e compostos bioativos (ADIAMO et al., 2017; AGUILAR et al., 2017; HASHEMI et al., 2018) na termossonicação acima de 52 °C em sucos de frutas. Este mecanismo é influenciado pelo tipo de equipamento e condição de processamento. Este aumento pode estar relacionado com a ruptura das estruturas intracelulares, causado pela cavitação e consequente liberação dos compostos intracelulares.

A cavitação provoca quebra da parede celular do vegetal devido a mudança de pressão e pela força de cisalhamento que afeta a ligação dos compostos fenólicos aumentando sua disponibilidade no líquido (ADIAMO et al., 2018). Assim, o conteúdo molecular não aumenta e sim, a capacidade de extração, aumentando os valores obtidos nos ensaios. Alguns autores relataram que a temperatura, amplitude e tempo de processamento podem influenciar na perda de fenóis, flavonóides, flavonóis, antocianinas e licopeno (RAWSON et al., 2011; SHAHEER et al., 2014).

O colapso de bolhas durante a cavitação leva a formação de radicais livres, como o radical hidroxila. Esses radicais podem associar-se aos anéis aromáticos dos fenólicos, aumentando assim a contagem desses compostos. Esses RL também podem ser consumidos pelos compostos antioxidantes, como vitamina C, carotenoides e outros compostos bioativos presentes na bebida, diminuindo assim a concentração de antioxidantes (TIWARI et al., 2010; DUBROVIC et al., 2011; AADIL et al., 2013; CAO et al., 2018).

Os flavonoides e carotenoides também são polifenóis importantes, com ação benéfica à saúde, pois está associado a prevenção de doenças cardiovasculares (FALLER & FIALHO, 2009). Na análise de flavonoides totais e carotenoides, os coeficientes de regressão quadráticos, lineares e da interação não foram estatisticamente significativos em um nível de confiança de 95%. Assim a metodologia de superfície de resposta não foi aplicada para analisar os dados experimentais dessas respostas.

Observou-se aumento no teor de flavonoides e de carotenoides em todos os ensaios na bebida mista de maracujá. Segundo Abid et al. (2014), a sonicação pode aumentar o teor de carotenóides totais, causando ruptura mecânica da parede celular, aumentando a contagem de carotenóides livres. Na bebida mista de kiwi,

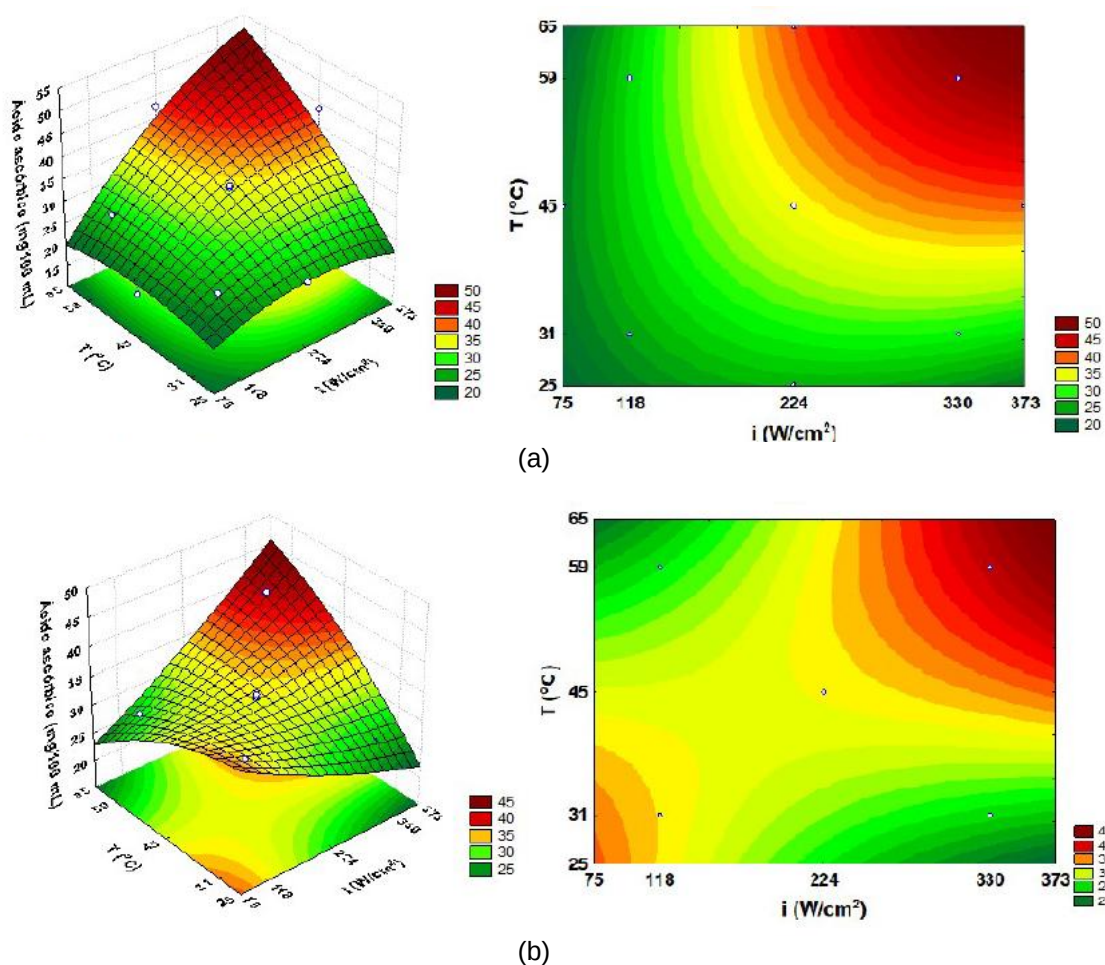
alguns ensaios mostraram menor valor no teor de flavonoides. Foi encontrado aumento de flavonoides tanto em alta temperatura (65 °C/224 W) como em temperatura mais baixa (25 °C/224 W). O menor aumento do teor de flavonoides foi no ensaio 4 (330 W/59 °C), indicando que altas temperaturas associado a alta intensidade de potência pode levar a uma menor retenção desse composto. Saeeduddin et al. (2015) apresentaram aumento nos valores de vitamina C, fenólicos totais e flavonoides em suco de pera tratado com TS a 25 °C. Também perceberam que a TS apresentou resultados similares quanto a inativação enzimática e reteve maior concentração de vitamina C e compostos fenólicos, quando comparado à pasteurização convencional utilizando calor.

Durante a pasteurização térmica, os compostos bioativos podem sofrer isomerização devido a temperaturas elevadas. Algumas formas cis apresentam melhor eficiência de extração devido a maior solubilidade quando comparado com as formas isoméricas (JABBAR et al., 2014). Com temperatura entre 52-58°C, Martinez-Flores et al. (2015) conseguiram melhorar a estabilidade dos compostos fenólicos e aumento da atividade antioxidante em suco de cenoura, concluindo que a aplicação da termossonicação em condições ótimas do processo podem melhorar as propriedades benéficas do suco quando comparado com o método convencional.

O maior aumento do teor de carotenoides foi encontrado no tratamento 10, em que foi utilizada intensidade de potência de 224 W e 25 °C. O tratamento 8 (75 W/45 °C) apresentou um aumento (2,93 µg/mL), mostrando que mesmo em potências baixas, a termossonicação influenciou o comportamento deste composto. Compostos fenólicos, carotenóides e outros compostos bioativos são antioxidantes naturais que desempenham uma importante função biológica de eliminar os radicais livres, que são prejudiciais à saúde humana e causam estresse oxidativo. É importante levar em consideração que o comportamento de compostos bioativos em matrizes alimentares, quando submetidas à termossonicação, apresenta resultados da interação entre intensidade de potência e temperatura. Esses resultados possuem fundamentações teóricas que ora obedecem ao padrão de comportamento de eliminação de oxigênio presente na matriz alimentar, como em sucos, interrompendo a cadeia de formação de radicais livres, dentre outras reações químicas; ora obedecem ao padrão de comportamento de geração de oxigênio ou outros compostos oxidáveis, gerando reações bioquímicas que favorecem o decréscimo desses compostos bioativos em diferentes matrizes alimentares.

A Figura 12 apresenta a superfície de resposta e curva de nível, respectivamente, gerado através do modelo proposto para teor de vitamina C em bebida mista de maracujá (a) e em bebida mista de kiwi (b).

Figura 12 – Superfície de resposta e curva de nível para teor de vitamina C em bebida mista de maracujá com água de coco (a) e kiwi com água de coco (b) após a termossonicação



Fonte própria

Assim como na análise de fenólicos, o teor de vitamina C aumentou com a interação de potência e temperatura elevadas, para ambas as bebidas mistas (Figura 12a e b). A bebida mista de kiwi mostrou ainda uma tendência de aumento no teor de vitamina C em baixas temperaturas,

Martinez-Flores et al. (2015) encontraram retenção de 100% de vitamina C em suco de cenoura termossonicado. A retenção de vitamina C em suco de frutas é um parâmetro de qualidade de vida de prateleira que diminui quando ele cai para 50% (MORALES-DE-LA-PENHA et al., 2011).

Cervantes-Elizarrarás et al. (2017) encontraram valores de vitamina C de 27-32 mg/100 mL de suco, chegando a conclusão que a interação entre tempo e temperatura teria efeito significativo, visto que o aumento do tempo diminuía este composto, enquanto que sua interação com a temperatura aumentava este composto. Tiwari et al. (2009a) encontraram degradação de vitamina C menor que 5% quando utilizado 25 °C/0,81 WmL⁻¹/10 min em suco de laranja.

Estudos mostram tanto aumento como diminuição no valor de vitamina C (KNORR et al., 2004; ASHOKKUMAR et al., 2008; ABID et al., 2014). Isso acontece dependendo da matriz do alimento e das condições de processamento. Essa oscilação no comportamento do vitamina C indica que durante o processamento, existem vários mecanismos agindo simultaneamente, destacando-se a remoção do O₂ presente no suco, pela cavitação, aumentando a estabilidade de compostos antioxidantes durante o armazenamento (SAEEDUDDIN et al., 2015) e a degradação do vitamina C devido a sua reação com radicais (H e OH) formados pela sonólise da água durante a cavitação (AGUILAR et al., 2017; DÜNDAR et al., 2019).

6.4 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

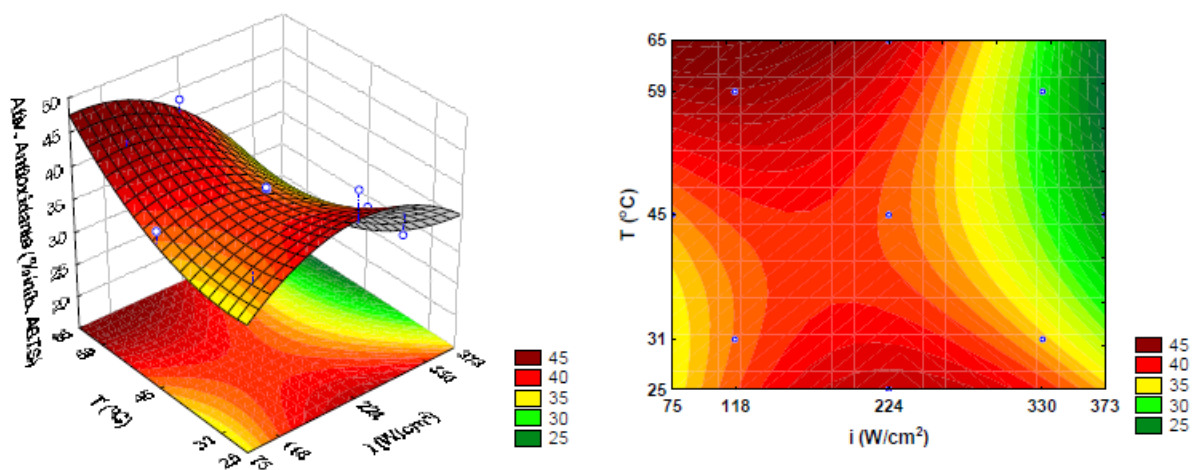
Os resultados da análise estatística aplicados aos dados experimentais de atividade antioxidante pelo sequestro do radical ABTS em bebida mista de maracujá e água de coco foram analisados (Apêndice D) e mostram que os coeficientes de regressão do fator temperatura linear e da intensidade de potência linear e quadrático foram significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$), portanto utilizado no modelo. Verificou-se a significância da regressão a 95% de confiança ($p \leq 0,05$), através do teste F, na análise de variância (ANOVA). O modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança. Sendo assim, o modelo ajustado para atividade antioxidante (ABTS) em bebida mista de maracujá foi considerado preditivo.

O modelo codificado proposto para representar a atividade antioxidante (ABTS) em bebida mista de maracujá e água de coco após a termossonicação, dentro dos limites de intensidade de potência (i) e temperatura de processamento (T) estudado, é descrito pela equação 5:

$$Y = 37,70 - 4,22i - 3,54i^2 + 2,12T^2 - 3,34 iT \quad (5)$$

A Figura 13 apresenta a superfície de resposta e curva de nível, respectivamente, gerado através do modelo proposto para atividade antioxidante (ABTS) em bebida mista de maracujá.

Figura 13 – Superfície de resposta curva de nível para atividade antioxidante (ABTS) em bebida mista de maracujá e água de coco após a termossonicação



Fonte própria

Os valores de coeficiente de regressão lineares e quadráticos e da interação para atividade antioxidante com radical DPPH nas bebidas mistas de maracujá e kiwi, bem como com o radical ABTS para bebida mista de kiwi, não foram significativos estatisticamente em um nível de confiança de 95%. Assim, a metodologia de superfície de resposta não foi aplicada para analisar os dados experimentais de tais respostas.

Antioxidantes são substâncias capazes de “sequestrar” radicais livres em sistemas biológicos que poderiam causar disfunções, como o desenvolvimento de doenças crônicas não degenerativas. Assim, é interessante manter ou aumentar a capacidade antioxidante nos alimentos. Alguns autores descrevem a melhora da capacidade antioxidante relacionada com o aumento global de compostos fenólicos (AADIL, 2015; GAO & RUPASINGHE, 2012).

A termossonicação é visto como facilitador na extração de compostos antioxidantes nas frutas, o que possivelmente leva ao aumento na média de atividade antioxidante. O uso da termossonicação pode preservar ou aumentar a capacidade antioxidante em sucos de frutas, seja pela liberação de compostos

antioxidantes ligados às células ou por reações químicas, como a adição de radicais hidroxila produzidos durante a sonicação com o anel aromático de compostos fenólicos, levando ao aumento da contagem total de fenólicos (ODRIOZOLA-SERRANO et al., 2008; BHAT et al., 2011; AADIL et al., 2013; AKHMAZILLAH et al., 2013; SULAIMAN et al., 2017).

A capacidade antioxidante nos alimentos depende do conteúdo de vários compostos antioxidantes presentes no alimento, que apresentam diferentes mecanismos de ação. Assim, é importante utilizar vários métodos para determinar a capacidade antioxidante in vitro dos alimentos (PEREZ-JIMENEZ et al., 2008)..

Verificando a superfície de resposta e curva de nível para capacidade antioxidante (ABTS) (Figura 13) percebe-se que há uma tendência de aumento da atividade antioxidante dependente da temperatura, porém, dentro da faixa de intensidade de potência de 118 W-330 W.

A maior capacidade antioxidante através do radical DPPH foi encontrada no ensaio 1 (118W/31°C). Este resultado coincide com o aumento de compostos fenólicos e vitamina C na mesma condição.

Pesquisas afirmam que a termossonicação aumenta a capacidade antioxidante e isso pode ser atribuído à presença de compostos fenólicos na bebida, pois o teor de vitamina C e compostos fenólicos contribuem para a capacidade antioxidante (GALATI et al., 2003; KUTI 2004; STINTZING et al., 2005; VIEIRA et al., 2009, ADIAMO et al, 2017).

Na análise da capacidade antioxidante através do radical ABTS, apenas o ensaio 10 (224 W/25 °C) apresentou aumento (46,29%) quando comparado a amostra controle (44,09%). Nesta mesma condição também houve aumento dos compostos fenólicos e vitamina C, confirmando o que foi descrito acima. Tanto no ensaio 1 como 10, onde houve aumento da capacidade antioxidante (DPPH e ABTS), do teor de fenólicos e do vitamina C, foram utilizados baixas temperaturas (25 °C e 31 °C) e intensidade de potência intermediária (224W e 330W), sugerindo que essas condições são suficientes para aumentar a qualidade funcional da bebida (ADIAMO et al, 2017).

Estudo de Lafarga et al. (2019) também apresentou maior atividade antioxidante tanto pelo método FRAP como pelo DPPH. Esse aumento pode ter sido consequência do aumento de compostos antioxidantes no líquido, visto que os compostos bioativos ficam mais disponíveis devido a cavitação. Outros estudos

também comprovam que a termossonicação proporcionou melhor retenção de compostos bioativos (antioxidantes) quando comparado ao processamento térmico (CHEN et al., 2015; ESCUDERO-LÓPES, et al., 2016; KHANDPUR & COGATE, 2015, 2016; LAFARGA et al., 2019).

É importante enfatizar que os valores da atividade antioxidante variam provavelmente devido a diferença entre os métodos utilizados, visto que cada um apresenta diluentes, concentração e antioxidante sintético e o comprimento de onda diferente para realização da análise.

Outros estudos mostram que o tratamento térmico isolado diminuiu quantidade de compostos fenólicos e da capacidade antioxidante em sucos de frutas, evidenciando a importância do uso de baixas temperaturas de processamento para evitar a perda de capacidade antioxidante e dos compostos bioativos (AGUILAR-ROSAS et al., 2007; LO SCALZO et al., 2004; SULAIMAN et al., 2017).

6.5 DIFERENÇA TOTAL DE COR (TCD)

Os resultados da análise estatística aplicados aos dados experimentais para diferença total de cor em bebida mista de maracujá e água de coco foram estudados e mostram que os coeficientes de regressão do fator temperatura quadrática e da intensidade de potência linear e quadrático foram significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$), portanto utilizado no modelo. Foi realizado teste de variância (ANOVA) onde verificou-se a significância da regressão a 95% de confiança ($p \leq 0,05$), através do teste F (Apêndice E).

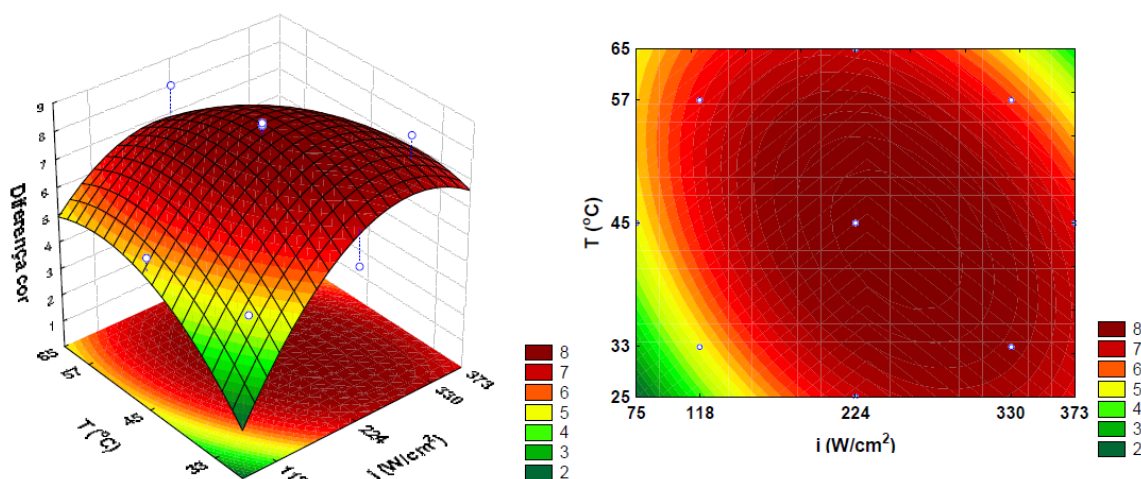
O coeficiente de determinação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,7762, indicando que o modelo explicou aproximadamente 77% da variação dos dados observados. O modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança. Sendo assim, o modelo ajustado para diferença total de cor em bebida mista de maracujá foi considerado preditivo.

O modelo codificado proposto para representar a diferença total de cor em bebida mista de maracujá e água de coco após a termossonicação, dentro dos limites de intensidade de potência (i) e temperatura de processamento (T) estudado, é descrito pela equação 6:

$$Y = 8,38 + 0,59i - 1,34i^2 - 0,76T^2 - 0,78iT \quad (6)$$

A Figura 14 apresenta a superfície de resposta e curva de nível, respectivamente, gerado através do modelo proposto para diferença total de cor em bebida mista de maracujá

Figura 14 – Superfície de resposta curva de nível para diferença total de cor em bebida mista de maracujá e água de coco após a termossonicação



Fonte própria

Os valores de coeficiente de regressão lineares e quadráticos e da interação da diferença total de cor para bebida mista de kiwi não foram significativos estatisticamente em um nível de confiança de 95%. Assim, a metodologia de superfície de resposta não foi aplicada para analisar os dados experimentais dessa resposta.

Apenas a bebida mista de maracujá apresentou valores de regressão significativos estatisticamente. Verificando a superfície de resposta para diferença total de cor (figura 14), nota-se que houve mudança de cor principalmente em alta intensidade de potência (>330W) mesmo quando em baixa temperatura (25°C). Apesar da bebida mista de maracujá apresentar valores de TCD >2,0, essa diferença de cor não foi perceptível a olho nu. Estudo de Sulaiman et al. (2017) mostrou que houve diferença de cor entre suco de maçã termossonicado a 40 °C e termossonicado a 60 °C, sendo este último responsável por uma maior diferença de cor, comprovando que a temperatura exerce influência nesse parâmetro. Resultados similares foram encontrados por Fonteles et al. (2012) e Abid et al. (2014a).

Na bebida mista de kiwi, os valores de TCD foram mais elevados que os do maracujá. Essa diferença foi perceptível, pois a bebida perdeu a coloração verde

brilhante característico do kiwi e se apresentou mais opaco, ou verde musgo. Essa diferença entre as bebidas se deve provavelmente pela composição diferente das frutas e de pigmentos presentes nelas, e da ação da cavitação nesses pigmentos. Além disso, estudos como o de Zhang et al. (2017) mostra que a intensidade de potência busca manter a cor original do produto, diferente do tratamento térmico.

Os radicais hidroxila formados durante a cavitação, podem degradar ou aumentar os compostos que causam alteração de cor. Também processamento com maior intensidade de potência levou a uma diferença total de cor significativa em suco de melão (FONTELES et al., 2012), abacaxi (COSTA et al, 2013).

6.6 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Os resultados da análise físico-química das bebidas mistas de maracujá e de kiwi estão apresentados nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7 – Resultado das análises físico-químicas (pH e acidez total titulável) para bebida mista de maracujá controle e termossonicada.

Dias	pH		Acidez*	
	Controle	Sonicado	Controle	Sonicado
0	3,87 ^a ± 0,03	3,90 ^b ± 0,03	0,41 ^a ± 0,04	0,45 ^a ± 0,02
7	3,90 ^a ± 0,11	3,90 ^b ± 0,02	0,41 ^a ± 0,02	0,38 ^b ± 0,01
14	3,96 ^a ± 0,01	3,98 ^a ± 0,01	0,40 ^a ± 0,02	0,43a ^b ± 0,03
21	3,62 ^b ± 0,02	3,91 ^b ± 0,01	0,40 ^a ± 0,02	0,47 ^a ± 0,03
28	3,84 ^a ± 0,05	3,65 ^c ± 0,03	0,41 ^a ± 0,04	0,38 ^b ± 0,02

*Expresso em % de ácido cítrico.

Valores em triplicata, expressos em média ± desvio-padrão.

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença em nível de 5% de significância.

Em relação aos sólidos solúveis, a bebida mista termossonicada de maracujá no dia 0 apresentou valores de 6,50 ± 0,00 °Brix, valor significativamente maior do que nos demais dias, que foi de 6,00 ± 0,00, sem variação ao longo do armazenamento.

A amostra controle da bebida mista de maracujá, apresentou redução significativa do pH apenas no 21° dia de estocagem, enquanto a amostra termossonicada manteve-se estável quanto ao pH até o 7° dia de estocagem.

Quanto à acidez, a amostra controle não apresentou variação significativa nos valores, já na amostra sonicada foi observada variação.

Tabela 8 – Resultado das análises físico-químicas (pH e acidez total titulável) para bebida mista de kiwi controle e termossonicada.

Dias	pH		Acidez*	
	Controle	Sonicado	Controle	Sonicado
0	3,60 ^a ± 0,02	3,51 ^a ± 0,03	0,75 ^a ± 0,04	0,72 ^a ± 0,04
7	3,50 ^b ± 0,01	3,51 ± 0,19	0,70 ^a ± 0,05	0,71 ^a ± 0,02
14	3,50 ^b ± 0,02	3,52 ^a ± 0,02	0,73 ^a ± 0,04	0,68 ^a ± 0,03
21	3,54 ^b ± 0,02	3,52 ^a ± 0,02	0,74 ^a ± 0,04	0,69 ^a ± 0,04
28	3,61 ^a ± 0,03	3,47 ^a ± 0,03	0,70 ^a ± 0,02	0,71 ^a ± 0,03

*Expresso em % de ácido cítrico.

Valores em triplicata, expressos em média ± desvio-padrão.

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença em nível de 5% de significância

Em relação aos sólidos solúveis, a bebida mista de kiwi termossonicada no dia 0 apresentou valores de $10,00 \pm 0,00$ °Brix, que se manteve sem variação ao longo do armazenamento.

A amostra controle apresentou redução significativa do pH apenas a partir do 7º dia de estocagem, com exceção do 28º dia, quando os valores foram estatisticamente iguais ao dia 0. A amostra termossonicada manteve-se estável quando ao pH durante todo o período de estocagem.

Quanto à acidez, nenhuma das amostras apresentou variação significativa nos valores.

Não houve diferença no teor de sólidos solúveis (°Brix) em nenhum das bebidas mistas controle ou termossonicada durante os 28 dias de armazenamento.

6.7 ESTUDO DA ESTABILIDADE E ENZIMÁTICA

Os valores de atividade residual de PPO e POD nas bebidas mistas de maracujá e de kiwi durante o armazenamento estão apresentados nas tabelas 9 e 10 respectivamente.

Tabela 9 – Variação das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) da bebida mista de maracujá e água de coco termossonicada durante o armazenamento refrigerado ($4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$).

Dias	PPO*	POD*
0	55,70 ^a ± 0,13	5,17 ^a ± 0,02
7	55,65 ^a ± 0,10	5,06 ^a ± 0,04
14	55,68 ^a ± 0,11	5,27 ^a ± 0,03
21	55,75 ^a ± 0,10	5,41 ^a ± 0,01
28	55,68 ^a ± 0,08	5,05 ^a ± 0,02

*Valores expressos em % de atividade residual em relação à bebida não sonicada.

Valores em triplicata, expressos em média ± desvio-padrão.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença em nível de 5% de significância.

Não foram observadas variações significativas nos valores para ambas as enzimas.

Tabela 10 – Variação das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) da bebida mista de kiwi e água de coco termossonicadas durante o armazenamento refrigerado ($4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$).

Dias	PPO*	POD*
0	$59,23^a \pm 0,28$	$1,01^b \pm 0,02$
7	$59,16^a \pm 0,23$	$1,66^a \pm 0,01$
14	$59,16^a \pm 0,20$	$1,28^c \pm 0,02$
21	$59,25^a \pm 0,22$	$1,66^a \pm 0,03$
28	$59,03^a \pm 0,24$	$1,20^d \pm 0,02$

*Valores expressos em % de atividade residual em relação à bebida não sonicada.

Valores em triplicata, expressos em média $\pm$ desvio-padrão.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença em nível de 5% de significância.

Para peroxidase, houve aumento significativo na atividade residual em relação ao dia 0 ao longo dos dias de armazenamento. Nos demais dias, houve variação significativa nos valores, porém mantiveram-se mais elevados do que no dia 0.

As análises de pH, sólidos solúveis e acidez total titulável não apresentaram diferença significativa quando comparados com amostras controle e termossonicadas. O pH é um indicador de controle de qualidade do suco. A bebida mista de maracujá e água de coco controle (sem termossonicação) apresentou pH em torno de 3,8, e da bebida mista de kiwi foi 3,6 indicando um meio ácido. Todas as dosagens de termossonicação não apresentaram efeito no valor do pH da bebida mista de kiwi logo após o tratamento; esse efeito também foi encontrado em estudos como os de Khandpur et al. (2016) na termossonicação de suco de cenoura. Entretanto, a bebida mista de maracujá controle e termossonicado apresentou leve redução no pH e no 28º dia voltou ao valor inicial.

A alta acidez da maioria dos sucos de frutas ($\text{pH} < 4,6$) reduz as chances de crescimento da maioria das bactérias patogênicas e a germinação e crescimento de esporos de bactérias deteriorantes (SILVA et al., 2014)

Também não houve mudança significativa no percentual de acidez total titulável na bebida mista de kiwi controle ou termossonicado no período de armazenamento. Resultado similar foi reportado por Tiwari et al. (2010), que não encontrou alteração na acidez titulável de suco de uva tratado com ultrassom durante 10 dias.

Chang e Chen (2012) investigaram o efeito do ultrassom de 20 kHz no envelhecimento do vinho de arroz e observaram que o ultrassom não foi capaz de influenciar significativamente o pH vinho.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise realizada a partir do planejamento experimental, pode-se verificar o comportamento de variáveis com relação à temperatura e intensidade de potência. Percebeu-se que tanto a temperatura como a intensidade de potência pode interferir nos parâmetros de qualidade avaliados como redução da atividade enzimática, manutenção de compostos bioativos e na atividade antioxidante dos alimentos.

Obteve-se uma condição otimizada de processamento (118 W/cm^2 e $31 \text{ }^\circ\text{C}$) com boas respostas para características das bebidas.

Neste ensaio houve grande redução da atividade residual das enzimas polifenoloxidase e peroxidase. Esta condição de processamento também evidenciou uma boa retenção de compostos bioativos, levando ao aumento da atividade antioxidante, colocando esta bebida com características funcionais.

Não houve influência significativa da termossonicação nos valores de pH, acidez e sólidos solúveis. Os valores de atividade residual enzimática nas bebidas termossonicadas foram mantidos durante os 28 dias de armazenamento. A alteração de cor nas bebidas termossonicadas não foi perceptível a olho nu.

Assim, considera-se que a termossonicação, em condições adequadas de processamento, é uma tecnologia eficiente em substituição aos processamentos térmicos tradicionais, para redução da atividade enzimática e manutenção dos compostos bioativos em bebida mistas de água de coco com maracujá e água de coco com kiwi, trazendo como benefício uma bebida menos susceptível à alterações enzimáticas e com características funcionais, valorizando sua qualidade nutricional, além de ser uma tecnologia amiga do ambiente, com baixo gasto de energia.

Contudo novas pesquisas são necessárias para melhor compreensão do comportamento dos constituintes alimentares relacionado com as condições de processamento.

REFERÊNCIAS

AADIL, R.M., ZENG, X.A., HAN, Z., & SUN, D.W. Effect of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. **Food Chemistry**, v.141, p.3201-3206, 2013.

AADIL, R. M., ZENG, X. A., SUN, D. W., WANG, M. S., LIU, Z. W, & ZHANG, Z. H. Combined effects of sonication and pulsed electric field on selected quality parameters of grapefruit juice. **LWT – Food Science and Technology**, 62, 890–893, 2015.

ABID, M.; JABBAR, S.; HUA, B.; HASHIM, M.M.; WUA, T.; LEI, S.; KHAN, M. S.; ZENG, X. Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice, **Ultrason. Sonochem.** 21 p.984–990, 2014a.

ABID, M., JABBAR, S., Hu, B., HASHIM, M. M., WU, T., WU, Z., et al. Synergistic impact of sonication and high hydrostatic pressure on microbial and enzymatic inactivation of apple juice. **LWT-Food Science and Technology**, 59(1), p. 70 – 76, 2014b.

ABIR. Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas. Disponível em: < <https://abir.org.br/o-setor/dados/nectares/>>. Acesso em: 06jun2019.

ABREU, L. F.; FARIA, J. A. F. Influência da temperatura e do ácido ascórbico sobre a estabilidade físico-química e enzimática da água de coco (*Cocos nucifera* L.) acondicionada assepticamente. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, Campinas. v.27 (2), p. 226-232, 2007.

ADIAMO, O. Q., GHAFOR, K., AL-JUHAIMI, F., MOHAMED AHMED, I. A., & BABIKER, E. E. Effects of thermosonication and orange by-products extracts on quality attributes of carrot (*Daucus carota*) juice during storage. **International Journal of Food Science and Technology**, 52(9), p.2115–2125, 2017.

ADIAMO, O. Q., GHAFOR, K., AL-JUHAIMI, F., MOHAMED AHMED, I. A., & BABIKER, AHMED, I. A. M. E. Thermosonication process for optimal functional properties in carrot juice containing orange peel and pulp extracts. **International Journal of Food Science and Technology**, 52(9), p.2115–2125, 2018.

ADEKUNTE, A. O.; TIARI, B. K.; SCANNELL, A. G. M.; CULLEN, P. J.; O'DONNELL, C. P. Modelling of yeast inactivation in sonicated tomato juice. **Int. J. Food. Microbiol.**, v.137, p. 116-120, 2010.

AGCAM, E.; AKYILDIZ, A.; BALASUBRAMANIAM, V.M. Optimization of anthocyanins extraction from black carrot pomace with thermosonication. **Food Chemistry** 237, p.461–470, 2017.

AGUIAR, H. D. F., YAMASHITA, A. S., & WILHELMS GUT, J. A. Development of enzymatic time-temperature integrators with rapid detection for evaluation of

continuous HTST pasteurization processes. **LWT – Food Science and Technology**, 47, p.110–116, 2012.

AGUILAR, K.; GARVIN, A.; IBARZ, A.; AUGUSTO, P. E. D. Ascorbic acid stability in fruit juices during thermosonication. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 37, p. 375 – 381, 2017.

AGUILAR-ROSAS SF, BALLINAS-CASARRUBIAS ML, NEVAREZ-MOORILLON GV, MARTIN-BELLOSO O AND ORTEGA-RIVAS E. Thermal and pulsed electric fields pasteurization of apple juice: Effects on physicochemical properties and flavour compounds. **Journal of Food Engineering**, 83(1): p.41–46, 2007.

AKHMAZILLAH MFN, FARID MM AND SILVA FVM. High pressure processing (HPP) of honey for the improvement of nutritional value. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** .20: p.59–63, 2013.

ALINIA, S.; HELS, O.; TETENS, I. The potential association between fruit intake and body weight: a review. *Obes Rev.* 2009 Nov; 10(6): 639-47.

ALMEIDA, A. P.; ROCHA, D. M. U. P.; FERREIRA, L. M.; NOVAES, J. F.; HERMSDORFF, H. H. M. Consumo de carotenóides e polifenóis em indivíduos com risco cardiometabólico. **Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria**, v. 36(3), p. 138-145, 2016.

ALVES, L. L.; CICHOSKI, A. J.; BARIN, J. S.; RAMPELOTTO, C.; DURANTE, E. C. O ultrassom no amaciamento de carnes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.8, p.1522-1528, ago, 2013.

ANAYA-ESPARZA, L. M.; VELAZQUEZ-ESTRADA, R. M.; SAYAGO-AYERDI, S. G.; SANCHEZ-BURGOS, J. A.; RAMÍEREZ-MARES, M. V.; GARCÍA-MAGANA, M. L.; MONTALVO-GONZALEZ, E. Effect of thermosonication on polyphenol oxidase inactivation and quality parameters of soursop néctar. **LWT - Food Science and Technology** 75, p.545-551, 2017.

ÂNGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, p. 232-240, 2007..

AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington , Association of Official Analytical Chemistsa, 15th, 1990.

ARAGÃO, F. B.; LOIOLA, C. M.; CAMBUI, E. V. F.; ARAGÃO, W. M.; **Comunicado Técnico, Embrapa Tabuleiros Costeiros**: Aracaju, 2005.

ARANHA, R. et al. **Ultra-sons no processo e preservação de alimentos**. Escola Superior Agrária de Coimbra, Licenciatura em Engenharia de Alimentos, Unidade Curricular de Processamento Geral de Alimentos, 2010, 33p., il color. Disponível em: <http://www.esac.pt/noronha/pga/0910/trabalho_mod2/Ultrasons_manh%C3%A3_word.pdf >. Acesso em: 05 Dez. 2015.

ARJMANDI, M.; OTÓN, M.; ARTÉS, F.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; GÓMEZ, P. A.; AGUAYO, E. Continuous microwave pasteurization of a vegetable smoothie improves its physical quality and hinders detrimental enzyme activity. **Food Science and Technology International**, 26, Jun, 2016.

ASADI, S. et al. In vitro antioxidant activities and an investigation of neuroprotection by six *Salvia* species from Iran: A comparative study. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, p. 1341-1349, 2010.

ASHOKKUMAR, M.; SUNARTIO, D.; KENTISH, S.; MAWSON, R.; SIMONS, L.; VILKHU, K.; VERSTEEG, C. Modification of food ingredients by ultrasound to improve functionality: a preliminary study on a model system, **Innovative Food Sci. Emerg.** 9 p.155–160, 2008.

ASIOLI, D.; ASCHEMANN-WITZEL, J.; CAPUTO, V.; VECCHIO, R.; ANNUNZIATA, A.; NAES, T.; VARELA, P. Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. **Food Research International**. 99, p.58-71, 2017.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists International. Official methods of analysis, of AOAC international (19th ed.). Method 932.12, Method 920.149, Method 981.12, 2012.

AWAD, T.S; MOHARRAM, H. A.; SHALTOUT, O. E.; ASKER, D.; YOUSSEF, M. M.. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. **Food Research International** 48 p.410–427, 2012.

BALTACIOGLU, H.; BAYINDIRLI, A.; SEVERCAN, F. Secondary structure and conformational change of mushroom polyphenol oxidase during thermosonication treatment by using FTIR spectroscopy. **Food Chemistry**, 214, p.507-514, 2017.

BEAULIEU, J. C.; OBANDO-ULLOA, J. M. Not-from-concentrate pilot plant ‘Wonderful’ cultivar pomegranate juice changes: Volatiles. **Food Chemistry**, Vol.229, p.553-564, 2017.

BENLLOCH-TINOCO, M.; IGUAL, M.; RODRIGO, D.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Superiority of microwaves over conventional heating to preserve shelf-life and quality of kiwifruit puree. **Food Control**, 50, p.620-629, 2015a.

BENLLOCH-TINOCO, M.; KAULMANN, A.; CORTE-REAL, J.; RODRIGO, D.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; BOHN, T. Chlorophylls and carotenoids of kiwifruit puree are affected similarly or less by microwave than by conventional heat processing and storage **Food Chemistry**, 187, p.254-22, 2015b.

BITENCOURT, D. V. Potencialidades e estratégias sustentáveis para o aproveitamento de rejeitos de coco (*Cocos nucifera* L.). Dissertação. Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. **Universidade Federal de Sergipe**. São Cristóvão-SE. 2008

BLOIS, M. S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. **Nature**, v.181, p.1199– 1200, 1958,

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução normativa nº01. **Regulamento Técnico Geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta**. Brasília, 2000.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos**. RDC nº12 de 02 de janeiro de 2001.

BRASIL. Decreto n. 6.871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a **padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas**. Brasília, 2009a. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8918.htm > Acesso em: 23 Abr. 2018.

BRASIL. Instrução Normativa n. 27, de 22 de Julho de 2009. **Estabelece os procedimentos mínimos de controle higiênico-sanitário, padrões de identidade e características mínimas de qualidade gerais para a água de coco**. Brasília, 2009b. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/vigilancia-agropecuaria/ivegetal/bebidas-arquivos/in-no-27-de-22-de-julho-de-2009.doc/view> > Acesso em: 23 Abr. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº466/2012. Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Conselho Nacional de Saúde. Brasília, 2012.

CAMPOS, C. F., SOUZA, P. E. A., COELHO, V., & GLÓRIA, M. B. A. Chemical composition, enzyme activity and effect of enzyme inactivation on flavour quality of green coconut water. **Journal of Food Processing and Preservation**, 20, p.487–500, 1996.

CAO, X.; CAI, C.; WANG, Y.; ZHENG, X. The inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in bayberry juice during thermal and ultrasound treatments. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 45, p.169–178, 2018.

CÁRCEL, J. A.; GARCÍA-PÉREZ, J. V.; BENEDITO, J.; MULET, A. Food process innovation through new technologies: Use of ultrasound. **Journal of Food Engineering**, v. 110, n. 2, p. 200-207, 2012.

CARDONA, F., ANDRÉS-LACUEVA, C., TULIPANI, S., TINAHONES, F. J., QUEIPO-ORTUÑO, M. I. benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health. **Journal of Nutritional Biochemistry**, 24 (8), 1415-1422, 2013.

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

CARVALHO, L. R.; PINHEIRO, B. L. C.; PEREIRA, S. R.; BORGES, M. A. S.;MAGALHÃES, J. T. Bactérias resistentes a antimicrobianos em amostras de água de coco comercializadas em Itabuna, Bahia. **Revista Baiana de Saúde Pública**. v.36, n.3, p.751-763, 2012.

CASSIDY, A., O'REILLY, É. J., KAY, C., SAMPSON, L., FRANS, M., FORMAN, J., CURHAN, G., & RIMM, E. B. Habitual intake of flavonoid subclasses and incident hypertension in adults. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 93(2), p.338–347, 2010.

CERVANTES-ELIZARRARÁS, A., PILONI-MARTINI, J., RAMÍREZ-MORENO, E., ALANÍS-GARCÍA, E., GÜEMES-VERA, N., GÓMEZ-ALDAPA, C. A., ... CRUZ-CANSINO, N. D. S. Enzymatic inactivation and antioxidant properties of blackberry juice after thermoultrasound:Optimization using response surface methodology. **Ultrasonics Sonochemistry**, 34, p.371–379, 2017.

CETIN-KARACA, H.; NEWMAN, M. Antimicrobial efficacy of plant phenolic compounds against Salmonella and Escherichia coli. **Food Bioscience**, v. 11, p. 8-16, 2015.

CHANDRAPALA, J. et al. Ultrasonics in food processing. **Ultrasonics Sonochemistry**, v.19, n.5, p.975-983, 2012.

CHANG, A. C. & CHEN, F. C. The application of 20 kHz ultrasonic waves to accelerate the aging of different wines, **Food Chem**.v. 79, p. 501–506, 2002.

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.

CHEMAT, F.; ROMBAUT, N.; MEULLEMIESTRE, A.; TURK, M.; PERINO, S.; FABIANO-TIXIERA, S.; ABERT-VIAN, M. Review of green food processing techniques. Preservation, transformation, and extraction, *Innov. Food Sci. Emerg.* 41p. 357–377, 2017.

CHEN, Y., YU, L. J., & RUPASINGHE, H. P. Effect of thermal and non-thermal pasteurisation on the microbial inactivation and phenolic degradation in fruit juice: A mini-review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93(5), p. 981–986, 2013.

CHEN, X., QIN, W., MA, L., XU, F., JIN, P., & Zheng, Y. Effect of high pressure processing and thermal treatment on physicochemical parameters, antioxidant activity and volatile compounds of Green asparagus juice. **LWT - Food Science and Technology**,v. 62(1), p. 927– 933 (2015).

CHENG, X.; ZHANG, M.; & ADHIKARI, B. The inactivation kinetics of polyphenol oxidase in mushroom (*Agaricus bisporus*) during thermal and thermosonic Treatments. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 20, p. 674–679, 2013.

CHENG, X.; ZHANG, M.; XU, B.; ADHIKARI, B.; SUN, J. The principles of ultrasound and its application in freezing related process of food materials: A review. **Ultrasonics sonochemistry**, v.27, p.576-585, 2015

CHOE, E., & MIN, D.B. Chemistry and reactions of reactive oxygen species in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46, 1–22, 2006.

CLERECI, M. T. P. S.; SEBASTIÃO, R. H.; OLIVEIRA, L. C.; SANTOS, M. S.; MORAES, A. N. L.; CLARETO, S. S. Escurecimento enzimático: uma aula prática. **Revista de Ensino de bioquímica**, v.2, n.2, p.71-90, 2014.

COCATE, P. G., NATALI, A. J., DE OLIVEIRA, A., LONGO, G. Z., ALFENAS, R. D. C. G., PELUZIO, M. D. C. G., ... HERMSDORFF, H. H. M. Fruit and vegetable intake and related nutrients are associated with oxidative stress markers in middle-aged men. **Nutrition**, 30(6), p.660–665, 2014.

COSTA, A.M.; TUPINAMBÁ, D.D. O maracujá e suas propriedades medicinais – estado da arte. In: Faleiro FG, Junqueira NTV, Braga MF (Eds.). Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**. p.475-506, 2005.

COSTA, M. G. M.; FONTELES, T. V.; JESUS, A. L. T.; ALMEIDA, F. D. L.; MIRANDA, M. R. A.; FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S. High-intensity ultrasound processing of pineapple juice. **Food and Bioprocess Technology** 6: p.997– 1006, 2013.

CRUZ, R. M. S.; VIEIRA, M. C.; SILVA, C. L. M. Effect of heat and thermosonication treatments on watercress (*Nasturtium officinale*) vitamin C degradation kinetics. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.9, p. 483-488, 2008.

CRUZ-CANSINO, N.D.S; MORENO, R.E. , LEON-RIVERA, J.E., DELGADO, ALANIS, G.E., ARIZA, O.J.A., MARINQUEZ, T.J., JARAMILLO, B.B. Shelf life, physicochemical, microbiological and antioxidant properties of purple cactus pear (*Opuntia ficus indica*) juice after thermoultrasound treatment. *Ultrason Sonochem* 27:277–86, 2015.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4.ed., Porto Alegre : Artmed, 900p, 2010.

DIAS, D.D. R. C., BARROS, Z. M. P., CARVALHO, C. B. O., HONORATO, F. A., GUERRA, N. B., & AZOUBEL, P. M. Effect of sonication on soursop juice quality. **LWT – Food Science and Technology**, 62, p.883-889, 2015.

DOLATOWSKI, Z. J., & STASIAK, D. M. (2012). Ultrasonically assisted diffusion processes. In N. Lebovka, E. Vorobiev, & F. Chemat (Eds.), *Enhancing extraction processes in the food industry*. p. 123–141. Boca Raton: **CRC Press**, 2012.

DUBROVIC, I.; HERCEG, Z.; JAMBRAK, A. R.; BANDANJAK, M. A.; DRAGOVIC-UZELAC, V. Effect of high intensity ultrasound and pasteurization on anthocyanin

content in strawberry juice. **Food and Bioprocess Technology**, v. 49(2), p. 196-204, 2011.

DUMITRIU, D. et al. Grape pomace extract improves the in vitro and in vivo antioxidant properties of wines from sun light dried Pedro Ximénez grapes. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p.380-387, 2015.

DUNDAR, B.; AGCAM, E.; AKYILDIZ. Optimization of thermosonication conditions for cloudy strawberry nectar with using of critical quality parameters. **Food Chemistry**, 276.p. 499-502, 2019.

DRUMMOND, L. The composition and nutritional value of kiwifruit. In M. BOLAND & P. MOUGHAN (Eds.), **Advances in Food and Nutrition Research**. Nutritional benefits of kiwifruit (Vol. 68, pp. 33–58). United States: Elsevier Inc.2013.

EMBRAPA. Relatório de avaliação dos impactos das tecnologias geradas pela Embrapa – Sistema Alternativo de Produção de coco. Embrapa tabuleiros Costeiros, 2018.

ESCUDERO-LÓPEZ, B.; CERRILLO, I.; GIL-IZQUIERDO, Á., HOMERO-ÉNDEZ, D., HERRERO-MARTÍN, G.; BERNÁ, G.; MEDINA, S., FERRERES, F.; MARTÍN, F., & FERNÁNDEZ-PACHÓN, M.S. Effect of thermal processing on the profile of bioactive compounds and antioxidant capacity of fermented orange juice. International for thermal and gastrointe **Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 67(7), p.779–788, 2016.

EVELYN, E., & SILVA, F. V. High pressure processing pretreatment enhanced the thermosonication inactivation of Alicyclobacillus acidoterrestris spores in orange juice. **Food Control**, 62, p. 365 – 372, 2016.

FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 43(2), p. 211-218, 2009.

FDA. U.S. Food and Drug Administration. Bacteriological analytical manual online. 2016. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/default.htm>> Acesso em: 02/09/2016.

FATMAWAT, A.; AUGUSTRIYANTO, R. Michaelis-Menten kinetic parameters of coconut oil enzymatic hydrolysis. **Modern Applied. Science**. v. 9(7), p.29-35, 2015.

FERNÁNDEZ-SESTELO, A., DE SAÁ, R. S., PÉREZ-LAMELA, C., TORRADO-AGRASAR, A., RÚA, M. L., & PASTRANA-CASTRO, L. Overall quality properties in pressurized kiwi purée: microbial, physicochemical, nutritive and sensory tests during refrigerated storage. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 20, p.64–72, 2013.

FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; FERREIRA, D. C. Otimização da formulação de néctar misto de frutas tropicais através de Metodologia de Superfície

de Resposta. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, 18, 2002, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: sbCTA, 2002. (CD-ROM).

FONTELES, T.V.; COSTA, M.G.M; JESUS, A.L.T.; MIRANDA, M.R.A.; FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S. Power ultrasound processing of cantaloupe melon juice: effects on quality parameters. **Food Research International**, v. 48, p.4148, 2012.

GALATI, E.M., MONDELLO, M.R., GIUFFRIDA, D., DUGO, G., MICELI, N., PERGOLIZZI, S. and TAVIANO, M.F. Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus indica* (L.) mill. fruit juice: Antioxidant and antiulcerogenic activity. **J. Agric. Food Chem.** 51, 4903–4908, 2003.

GAMBOA-SANTOS, J.; MONTILLA, A.; SORIA, A. C.; VILLAMIEL, M. Effects of conventional and ultrasound blanching on enzyme inactivation and carbohydrate content of carrots. **Eur. Food Res. Technol.**, v.234, p. 1071-1079, 2012.

GAO, J, & RUPASINGHE, H. V. Nutritional, physicochemical and microbial quality of ultrasound-treated apple-carrot juice blends. **Food and Nutrition Sciences**, 3, 212–218, 2012.

GACÍA-CONESA, M. T. Dietary polyphenols against metabolic disorders: How far have we progressed in the understanding of the molecular mechanisms of action of these compounds? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.57 (9), p. 1769-1786, 2017.

GEORGE, T. W., WAROONPHAN, S., NIWAT, C., GORDON, M. H., & LOVEGROVE, J. A. Effects of acute consumption of a fruit and vegetable puree-based drink on vasodilation and oxidative status. **British Journal of Nutrition**, 109, p.1442-1452, 2013.

GEORGIEV V., ANANGA A., TSOLOVA V. Recent advances and uses of grape flavonoids as nutraceuticals. **Nutrients**. 6(1): p.391-415, 2014.

GOMES, M. R. A.; OLIVEIRA, M. G. A.; CARNEIRO, G. E. S.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Propriedades físico-químicas de polifenoloxidase de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**., Campinas, 21(1): p.69-72, jan.-abr. 2001.

HAMINIUK, C. W. I. et al. Phenolic compounds in fruits – an overview. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 2023-2024, 2012.

HASHEMI, S. M.; MOUSAVI KHANEGHAN, A.; FIDELIS, M. AND GRANATO. , Effects of pulsed thermosonication treatment on fungal growth and bioactive compounds of *Berberis vulgaris* juice. **Int J Food Sci Technol**, 53: 1589-1596, 2018.

HOEHNE, F.C. Frutas indígenas. São Paulo: **Instituto de Botânica**, p.88, 1946.

IBGE. Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. – Rio de Janeiro: **IBGE**, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. – Rio de Janeiro: **IBGE**, 2017. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z14t&o1411&i14P>>. Acessado em: 01.04.18.

IWASAWA, H.; MORITA, E.; YUI, S.; YAMAZAKI, M. Anti-oxidant Effects of Kiwi Fruit *in Vitro* and *in Vivo*. **Biol. Pharm.** 34(1), p.128-134, 2011.

JABBAR, S., ABID, M., HU, B., WU, T., HASHIM, M. M., LEI, S., ... ZENG, X. Quality of carrot juice as influenced by blanching and sonication treatments. **LWT – Food Science and Technology**, 55, p.16–21, 2014.

JARA-PALACIOS, M. J. et al. Assessment of white grape pomace from winemaking as source of bioactive compounds, and its antiproliferative activity. **Food Chemistry**, v. 183, p. 78-82, 2015.

JULIANO, P. SWIERGON, K.H. LEE, P.T. GEE, P.T. CLARKE, M.A. AUGUSTIN, Effects of pilot plant-scale ultrasound on palm oil separation and oil quality, **JAACS J. Am. Oil Chem. Soc.** 90 p.1253–1260, 2013.

JULIANO, P.; TORKAMANI, A. E.; LEONG, T.; KOLB, V.; WATKINS, P.; AJLOUNI, S.; et al., Lipid oxidation volatiles absent in milk after selected ultrasound processing, **Ultrason. Sonochem.** 21 p.2165–2175, 2014.

KADKHODAEI, R.; POVEY, M. J. W. Ultrasonic inactivation of *Bacillus a*–amylase I. Effect of gas content and emitting face of probe. **Ultrasonics Sonochemistry**. v. 15(2), p. 133-142, 2008.

KARPPI, J., KURL, S., LAUKKANEN, J.A., RISSANEN, T.H., & KAUKHANEN, J. Plasma carotenoids are related to intima – media thickness of the carotid artery wall in men from Eastern Finland. **Journal of Internal Medicine**, 270, p.478–485, 2011.

KAULMANN, A., & BOHN, T. Carotenoids, inflammation and oxidative stress – Implications of cellular signalling pathways. **Nutrition Research**, 34, p.907–929, 2014.

KHANDPUR, P.; GOGATE, P. R. Evaluation of ultrasound based sterilization approaches in terms of shelf life and quality parameters of fruit and vegetable juices, **Ultrason. Sonochem.** 29 p.337–353, 2016.

KIM, E. S., LIANG, Y. R., JIN, J., SUN, Q. F., LU, J. L., DU, Y. Y., et al.. Impact of heating on chemical compositions of green tea liquor. **Food Chemistry**, 103, p.1263–1267, 2007

KHOO, H.-E., PRASAD, K. N., KONG, K.-W., JIANG, Y., & ISMAIL, A. Carotenoids and their isomers: Color pigments in fruits and vegetables. **Molecules**, 16, p.1710–1738, 2011.

KNORR, D.; ZENKER, M.; HEINZ, V.; LEE, D. U. Applications and potential of ultrasonics in food processing, **Trends Food Sci. Technol.** 15 p.261–266, 2004.

KUTI, J.O. Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear fruit varieties. **J. Food Chem.** 85, 527–533, 2004.

KWIATKOWSKI, A.; OLIVEIRA, D. M.; CLEMENTE, R. Atividade enzimática e parâmetros físico-químicos de água de cocos colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento e estação climatic. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v.34, n.2, p. 551-559, 2012.

LAFARGA, T.; RUIZ-AGUIERRE, I.; ABADIAS, M.; VIÑAS, I.; BOBO, G.;AGUILÓ-AGUAYO, I. Effect of Thermosonication on the Bioaccessibility of Antioxidant Compounds and the Microbiological, Physicochemical, and Nutritional Quality of an Anthocyanin-Enriched Tomato Juice. **Food and Bioprocess Technology**, v.12, p.147–157, 2019.

LAJILI, S. et al. Anti-inflammatory, analgesic activities and gastro-protective effects of the phenolic contents of the red alga, *Laurencia obtusa*. **European Journal of Integrative Medicine**, v. 8, p. 298-306, 2016.

LAMAISON, J.L.C., CARNET, A., Teneurs en principaux flavonoïdes des fleurs de *Crataegus monogyna* Jacq et de *Crataegus laevigata* (Poiret D.C) en fonction dela végétation. **Pharm. Acta. Helv.** 65, 315–320, 1990.

LEONTONWICZ, H.; LEONTONWICZ, M.; LATOCHA, P.; JESION, I.; PARK, Y.; KATRICH, E.BARASCH, D.; NEMIROVSKI, A.; GORINSTEIN, S. Bioactivity and nutritional properties of hardy kiwi fruit *Actinidia arguta* in comparison with *Actinidia deliciosa* ‘Hayward’ and *Actinidia eriantha* ‘Bidan’. **Food Chemistry**. 196, p.281-291, 2016.

LESPINARD, A. R.; BAMBICHA, R. R.; MASCHERONI, R. H. Quality parameters assessment in kiwi jam during pasteurization. Modelling and optimization of the thermal process. **Food and Bioprocess Technology**. v.90, p. 799-808, 2012.

LI, H. Z., PORDESIMO, L., & WEISS, J. High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. **Food Research International**, 37, p.731–738, 2004.

LO SCALZO R, IANNOCCARI T, SUMMA C, MORELLI R & RAPISARDA P. . Effect of thermal treatments on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice. **Food Chemistry** 85(1): p.41–47, 2004.

LOPES R.M., OLIVEIRA T.D., NAGEM T.J., PINTO A.D.S. Flavonoides. **Biociencia**, 3(14), 2010.

LÓPEZ-VARGAS, J. H.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDA-MARTOS. M. Chemical, physicochemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Food Research International**, 51(2): p. 756– 763, 2013.

MALTA, D. C.; ANDRADE, S. S. C. A.; OLIVEIRA, T. P.; MOURA, L.; PRADO, R. R.; SOUZA, M. F. M. Probabilidade de mortes prematura por doenças crônicas não transmissíveis, Brasil e regiões, projeções para 2025. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v.22, 2019.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano Nacional de Desenvolvimento da Fruticultura. 2018. Disponível em: <
<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/fruticultura/2017/52a-ro/plano-nacional-de-desenvolvimento-da-fruticultura.pdf/view>> Acesso em: 14 de junho de 2019.

MARÍN. L., MIGUÉLEZ. E. M., VILLAR. C. J., LOMBÓ. F. Bioavailability of dietary polyphenols and gut microbiota metabolism: antimicrobial properties. **BioMed Research International**, 1-18, 2015.

MARTÍ, R., ROSELLÓ, S., & CEBOLLA-CORNEJO, J. Tomato as a Source of Carotenoids and Polyphenols Targeted to Cancer Prevention. **Cancers**, 8, 58, 2016.

MARTÍNEZ-FLORES, H. E., GARNICA-ROMO, M. G., BERMÚDEZ-AGUIRRE, D., POKHREL, P. R., & BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Physico-chemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of thermo-sonicated carrot juice during storage. **Food Chemistry**, 172, p.650–656, 2015.

MASON TJ, RIERA E, VERCET A AND LOPEZ-BUEZA P. Application of ultrasound. In: **Emerging technologies for food processing**, Sun DW (Ed). Elsevier Ltd Cambridge MA. p.323–351, 2005.

MATHÉ, C.; BARRE, A.; JOURDA, C.; DUNAND, C. **Evolution and expression of class III peroxidases**. Archives of Biochemistry and Biophysics, v. 500, p. 58-65, 2010.

MATSUNO, H., URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant and Cell Physiology**, Tokio, v.13, p.1091-1101, 1972.

MATUSOVA, R., RANI, K., VERSTAPPEN, F.W., FRANSSEN, M.C., BEALE, M.H., & BOUWMEESTER, H.J. The strigolactone germination stimulants of the plantparasitic *Striga* and *Orobanch* spp. are derived from the carotenoid pathway. **Plant Physiology**, 139(2), 920–934 Meléndez-, 2005.

MEDEIROS, R. A. B., BARROS, Z. M. P., CARVALHO, C. O., FRAGA NETA, E. G., MACIEL, M. I. S., & AZOUBEL, P. M. Influence of dual-stage sugar substitution pretreatment on drying kinetics and quality parameters of mango. **LWT e Food Science and Technology**, 67, p.167-173, 2016.

MELETI, M. M. L., **Propagação de frutíferas tropicais** (coord.) – Guaíba Agropecuária, 239p., 2000.

MERCADANTE, A.Z. Food colorants – Chemical and functional properties. In C. Socaciu (Ed.), *Carotenoids in foods: Sources and stability during processing and storage*. New York: **CRC Press**, pp. 213–235, 2008..

MIRANDA, G.S.; SANTANA, G.S.; MACHADO B.B.; COELHO, F.P.; CARVALHO, C.A. Atividade antibacteriana in vitro de quatro especies vegetais em diferentes graduacoes alcoolicas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v.15, n.1, p.104-111, 2013.

MISRA, N. N., MOISEEV, T., PATIL, S., PANKAJ, S. K., BOURKE, P., MOSNIER, J. P., ET AL. Cold plasma in modified atmospheres for post-harvest treatment of strawberries. **Food and Bioprocess Technology**, 7(10), p.3045-3054, 2014.

MORALES-DE LA PEÑA, M.; SALVIA-TRUJILLO, L.; ROJAS-GRAÜ, M.A.; . MARTÍN-BELLOSO, O. Changes on phenolic and carotenoid composition of high intensity pulsed electric field and thermally treated fruit juice-soymilk beverages during refrigerated storage, **Food Chem.** 129 p.982–990, 2011

MOURA, R. Blends atuam como prebióticos e antioxidantes. *Revista XXI – Ciência para a vida*. Embrapa, 07, 2014.

MURAKI, I., IMAMURA, F., MANSON, J. E., HU, F. B., WILLETT, W. C., VAN DAM, R.M., & SUN, Q. Fruit consumption and risk of type 2 diabetes: results from three prospective longitudinal cohort studies. **BMJ**, v. 347, f5001, 2013.

MURASAKI-ALIBERTI, N. D. C., DA SILVA, R. M. S., WILHELMS GUT, J. A., & TADINI, C. C. Thermal inactivation of polyphenoloxidase and proxidase in Green coconut (Cocosnucifera) water. **International Journal of Food Science & Technology**, 44, p.2662–2668, 2009.

NASIR, R., BABA, W. N., & MASOODI, F. A. Effect of chemical and thermal treatments on quality parameters and antioxidant activity of apple (pulp) grown in high Himalayan regions. **Cogent Food & Agriculture**, 1(1), 1-13, 2015.

NISHIYAMA, I. Fruits of the Actinidia genus. In L. T. Steve (Ed.), **Advances in food and nutrition research**. Academic Press, p. 293-324, 2007.

O'DONNELL, C. P., TIWARI, B. K., BOURKE, P., & CULLEN, P. J. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. **Trends in Food Science & Technology**, 21, p.358–367, 2010.

ODRIOZOLA-SERRANO I, SOLIVA-FORTUNY R AND MARTÍ'N-BELLOSO O. Phenolic acids, flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity of strawberry juices processed by highintensity pulsed electric fields or heat treatments. **European Food Research and Technology** ,228(2): p.239–248, 2008.

OLIVEIRA, C. F., GURAK, P. D., CLADERA-OLIVERA, F. AND MARCZAK, L. D. F. Evaluation of physicochemical, technological and morphological characteristics of powdered yellow passion fruit peel. **International Food Research Journal** 23(4): p.1653-1662, 2016.

OMARTIAN, STORMIE. A bíblia da mulher que ora NVI – São Paulo. Mundo Cristão, 2009.

OMS-OLIU, G.; ODRIUZOLA-SERRANO, I.; SOLIVA-FORTUNY, R; MARTÍN BELLOSO, O. The role of peroxidase on the antioxidant potential of fresh-cut 'Piel de Sapo' melon packaged under different modified atmosphere. **Food Chemistry**, v.106, p.1085-1092, 2008.

PANIWNYK, L. Applications of ultrasound in processing of liquid foods: A review. **Ultrasonics sonochemistry**, 38, p.794-806, 2017.

PENHA, E. M.; CABRAL, L. M. C.; MATTA, V. M. Água de coco. In: VENTURINI FILHO, W. G. Bebidas não Alcoólicas. São Paulo: **Bulcher**, Vol. 1, 2010.

PEREZ-JIMENEZ, J.; ARRANZ, S.; TABERNERO, M.; DIAZ-RUBIO, M. E.; SERRANO, J.; GONI, I.; SAURA-CALIXTO, F., Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: extraction, measurement and expression of results, **Food Res. Int.** 41, p. 274–285, 2008.

PERTUZATTI, P.B.; SGANZERLA, M.; JACQUES, A. C.; BARCIA, M. T.; ZAMBIAZI, R. C. Carotenoids, tocopherols and ascorbic acid content in yellow passion fruit (*Passiflora edulis*) grown under different cultivation systems. **LWT - Food Science and Technology**, 64, p. 259-263, 2015.

PRATI, P.; MORETTI, R. H.; CARDELLO, H. M. A. B; GÂNDARA, A. L. N. Estudo da vida-de-prateleira de bebida elaborada pela mistura de garapa parcialmente clarificada-estabilizada e suco natural de maracujá. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 295-310, 2004.

RAJU, S.; DEKA, S. C. Influence of thermosonication treatments on bioactive compounds and sensory quality of fruit (*Haematocarpus validus*) juice. **Journal of Food Processing and preservation**, v.42, 2018

RANA, A.; PARMAR, M. Y.; ANITA RANA, C. Ultrasonic processing and its use in food industry: A review. **International Journal of Chemical Studies IJCS**, v. 5, n. 56, p. 1961–1968, 2017.

RAVIYAN, P.; ZHANG, Z.; FENG, H. Ultrasonication for tomato pectinmethylesterase inactivation: Effect of cavitation intensity and temperature on inactivation. **Journal of Food Engineering**, v. 70, p.189-196, 2005.

RAWSON, A.; PATRAS, A.; TIWARI, B. K.; NOCI, F.; KOUTCHMA, T; BRUNTON, N. Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. **Food Research International**, v.44, p.1875-1887, 2011.

RE, R.; PELEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization. **Free Radical & Medicine**, v.6, 9/10, p. 1231-1237, 1999.

- REIN. M. J., RENOUF. M., CRUZ-HERNANDEZ. C., ACTIS-GORETTA. L., THAKKAR. S. K., DA SILVA PINTO. M. Bioavailability of bioactive food compounds: A challenging journey to bioefficacy. **British Journal of Clinical Pharmacology**, 75(3), 588-602, 2013.
- ROCK, C.L. Carotenoids vol. 5: Nutrition and health. In G. Britton, S. Liaaen-Jensen, & H. Pfander (Eds.), **Carotenoids and cancer**. Basel: Birkhäuser, p. 269–282, 2009.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A Guide to Carotenoid Analysis in Food. Washington, DC: **ILSI Press**, p.64, 2001.
- RODRIGES, M. .; IEMMA, A. F. Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos. 3ed. São Paulo: Editora Casa do Pão, 2014.
- ROJAS, M. L.; LEITE, T. S.; CRISTIANINI, M. ALVIM, I. D.; AUGUSTO, P. E. D. Peach juice processed by the ultrasound technology: Changes in its microstructure improve its physical properties and stability. **Food Research International**, v. 82, p. 22-33, 2016.
- ROJAS, M. L.; TREVILLIN, J. H.; FUNCIA, E. S.; GUT, J. A. W.; AUGUSTO, P.E.D. Using ultrasound technology for the inactivation and thermal sensitization of peroxidase in green coconut water. **Ultrasonics Sonochemistry** 36, p.173–181, 2017.
- ROTILI, M.C.C.; VORPAGEL, J.A.; BRAGA, G.C.; KUHN, O.J; SALIBE, A.B. Atividade antioxidante, composição química e conservação do maracujá-amarelo embalado com filme PVC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35(4), 942-952, 2013.
- SAINI, R.K., NILE, S.H. & PARK, S.W. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. **Food Research International**, 76 (3), 735–750, 2015.
- SAMPEDRO, F., FAN, X., & RODRIGO, D. (2010). High hydrostatic pressure processing of fruit juices and smoothies: research and commercial application. Woodhead Publishing **Series in Food Science, Technology and Nutrition**, 197, 34-72 (Case Studies in Novel Food Processing Technologies), 2010.
- SAQUET, A. A.; BRACKMANN, A. A cultura do kwi. **Ciência Rural**. Santa Maria. V25, n01, p.177-182, 1995
- SHARECK, M.; ROUSSEAU, M.-C.; KOUSHIK, A., SIEMIATYCKI, J.; PARENT, M.-E. Inverse association between dietary intake of selected carotenoids and vitamin C and risk of lung cancer. **Frontiers in Oncology**, v.7, p.23-28, 2017.
- SILVA, F. V. M.; GIBBS, P. A.; NUÑEZ, H. Almonacid S and Simpson R. Thermal processes: Pasteurization. In: Tortorello CABL (ed.) **Encyclopedia of Food Microbiology** (Second Edition). Oxford: Academic Press, pp.577–595, 2014.

SILVA, K. S., FERNANDES, M. A., & MAURO, M. A. Effect of calcium on the osmotic dehydration kinetics and quality of pineapple. **Journal of Food Engineering**, 134, p.37-44, 2015.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, Orlando, v. 299, p. 152–178, 1999.

SENER, N.; APAR, D. K.; ÖSBEK, B. A modelling study on Milk lactose hydrolysis and B-galactosidase stability under sonication. **Process. Biochemistry**, v.41, p.1493-1500, 2006.

SHAHEER, C. A., KUMAR, R., HAFEEDA, P., KATHIRAVAN, T., KUMAR, D., & NADANASABAPATHI, S. Effect of thermal and thermosonication on anthocyanin stability in jamun (*Eugenia jambolana*) fruit juice. **International Food Research Journal**, v. 21(6), p. 2189–2194, 2014.

SILVA, E. A.; PEREIRA, R. G. S.; SOUZA, G. S. Análise microbiológica da água de coco industrializada. **Ver. Interd.** v. 9, n. 4, p. 74-78, 2016.

SOARES W.S; RÊGO M.M.; RÊGO E.R.; BARROSO P.A.; MEDEIROS L.R.N. Caracterização de fruto e sementes em acessos de maracujá silvestre (*Passiflora foetida* L.). **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.13, especial, p.569-573, 2011.

SOUZA, A. V.; VIEIRA, M. R. S.; PUTTI, F. F. Correlação entre compostos fenólicos e atividade antioxidante em casca e polpa de variedades de uva de mesa. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, 2018.

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

STINTZING, F.C., HERBACH, K.M., MOSSHAMMER, M.R., CARLE, R., YI, W., SELLAPPAN, S., AKOH, C.C., BUNCH, R. and FELKER, P. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. **J. Agric. Food Chem.** 53, 442–451, 2005.

SULAIMAN, A., SOO, M. J., FARID, M., & SILVA, F. V. Thermosonication for polyphenoloxidase inactivation in fruits: Modeling the ultrasound and thermal kinetics in pear, apple and strawberry purees at different temperatures. **Journal of Food Engineering**, 165, p. 133-140, 2015.

SULAIMAN, A.; FARID, M.; SILVA, F. V. M. Quality stability and sensory attributes of apple juice processed by thermosonication, pulsed electric Field and thermal processing. **Food Science and technology International**, v.23(3), p. 265-276, 2017.

TADAPANENI, R. K., EDIRISINGHE, I., BURTON-FREEMAN, B. High-pressure processing, strawberry beverages, and composition of “bioactives”. In V. R. Preedy (Ed.), **Processing and impact on active components in food**. p. 619 – 627, 2015.

TEOH, L. S.; LASEKAN, O.; ADZAHAN, N. M.; HASHIM, N. The effect of ultraviolet treatment on enzymatic activity and total phenolic content of minimally processed potato slices. **J. Food Science Technol.**, jul, 2016.

TEREFE, N. S., BUCKOW, R., & VERSTEEG, C. Quality-related enzymes in fruit and vegetable products: Effects of novel food processing technologies, part 1: Highpressure processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 54(1), p.24-63, 2014.

TIWARI, B.K.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; O'DONNELL, C. P.; CULLEN, P. J. Effect of sonication on orange juice quality parameters during Storage. **International Journal of Food Science and Technology**, 44, p.586–595, 2009a.

TIWARI, B. K.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; O'DONNELL, C. P.; CULLEN, P. J. Inactivation kinetics of pectin methylesterase and cloud retention in sonicated orange juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.10, p.166-171, 2009b.

TIWARI, B.K.; PATRAS, A.;BRUNTON, N.; CULLEN, P.J.; O'DONNELL, C.P. Effect of ultrasound processing on anthocyanins and color of red grape juice. **Ultrasonics Sonochemistry** 17, p.598–604, 2010.

TOMADONI, B.; CASSINI, L.; PONCE, A.; MOREIRA, M. R.; AGÜERO, M.V. Optimization of ultrasound, vanillin and pomegranate extract treatment for shelf-stable unpasteurized strawberry juice. **LWT - Food Science and Technology**. 72, 475-484, 2016.

TORRES-FUENTES, C.; SCHELLEKENS, H.; DINAN, T.G.; CRYANA, J.F.A natural solution for obesity: bioactives for the prevention and treatment of weight gain. A review. **Nutricional Neuroscience**, 18 (2) , pp. 49-65, 2015.

TREMARIN, A. CANBAZ, E. A.; BRANDÃO, T. R. S.; SILVA, C. L. M. Modelling Alicyclobacillus acidoterrestris inactivation in apple juice using thermosonication treatments. **LWT – Food Science and Technology**, v. 103, p. 159-163, 2019.

UGARTE-ROMERO, E., FENG, H., MARTIN, S. E., CADWALLADER, K. R., & ROBINSON, S. J. Inactivation of Escherichia coli with Power ultrasound in apple cider. **Journal of Food Science**, 71, p.102-108, 2006.

UENOJO, M., PASTORE, G. M. Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. **Química Nova**, Vol. 30, No. 2, 388-394, 2007

VANDERPLANK, J. **Passion flowers**. Cambridge: The MIT Press p. 224, 2000.

VARGAS-MURGA, L., DE ROSSO, V.V., MERCADANTE, A.Z. & OLMEDILLA-ALONSO, B. Fruits and vegetables in the Brazilian Household Budget Survey (2008–2009): carotenoid content and assessment of individual carotenoid intake. **Journal of Food Composition and Analysis**, 50, 88–96, 2016.

VERCET, C. SANCHEZ, J. BURGOS, L. MONTANES, P. LOPEZ, BUESA. The effects of manothermosonication on tomato pectic enzymes and tomato paste rheological properties, **J. Food Eng.** 53 p.273–278, 2002.

VERRUCK, S.; PRUDÊNCIO, E. S. Ultrassom na indústria de alimentos: aplicações no processamento e conservação. Ed. Atena. 1ª Ed., 2018.

VIEIRA, K.F.G., CAMPELO, B.G., COPETTI, C., VALDEMIRO, G.L., DA, COSTA, N.E. and FETT, R. Activity and contents of polyphenolic antioxidants in the whole fruit, flesh and peel of three apple cultivars. **Arch. Latinoam. Nutr.** 59, 101–106, 2009.

VIGYAZO, L. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **CRC Critical Review of Food Nutrition**, 15: 49-127. 1981.

VILAS BOAS, E. V. B.; ROSA, C. I. L.F.; SILVA, M. V. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. **Boletim CEPPA** - Centro de Pesquisa e Planejamento Ambiental, Curitiba v. 27, n.1, p.83-96, 2009.

WISSERMANN, K. W.; LEE, C. Y. Polyphenoloxidase activity during grape maturation and wine production. **American Journal of Enology and Viticulture**. 31, p. 206-211, 1980.

WHITAKER, J. R. **Principles of enzymology for the food science**. EUA: Marcel Dekker, 1994.

WONDRACEK, D. C. **Caracterização e diversidade genética de acessos de maracujá do cerrado com base no perfil de carotenóides**; dissertação de mestrado apresentada a Universidade de Brasília Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária 2009.

YI, J.;KEBEDE, B. T.; GRAUWET, T.;LOEY, A. V.; HU, X.;HENDRICKX,M. Comparing the Impact of High-Pressure Processing and Thermal Processing on Quality of “Hayward” ADN”jintão” Kiwifruit Purée: Untargeted Headspace Fingerprinting and Targeted Approaches. **Food Bioprocess Technology**. Published on line, agosto, 2016.

ZERAIK, M. L.; PEREIRA, C. A. M.; ZUIN, V. G.; YARIWAKE. Maracujá: um alimento funcional? **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, 20 (3), p.459-471, Jun/Jul, 2010.

ZHANG, Z., NIU, L., LI, D., LIU, C., MAA, R., SONG, J., & ZHA, J. Low intensity ultrasound as a pretreatment to drying of daylilies: Impact on enzyme inactivation, color changes and nutrition quality parameters. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 36, p. 50–58, 2017.

ZISU, B.; BHASKARACHARYA, R.; KENTISH, S.; ASHOKKUMAR, M. Ultrasonic processing of dairy systems in large scale reactors, **Ultrason. Sonochem.** 17 p.1075–1081, 2010.

ZULUETA, A., BARBA, F. J., ESTEVE, M. J., & FRÍGOLA, A. Changes in quality and nutritional parameters during refrigerated storage of an orange juice-milk beverage treated by equivalent thermal and non-thermal processes for mild pasteurization. **Food and Bioprocess Technology**, 6(8), p.2018–2030, 2013.

APÊNDICE A – RESULTADO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA APLICADO AOS DADOS EXPERIMENTAIS DA ATIVIDADE RESIDUAL DA POLIFENOLOXIDASE E PEROXIDASE EM BLEND DE MARACUJÁ COM ÁGUA DE COCO

Coeficiente de regressão, erro, coeficiente t e grau de significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para atividade residual de PPO no blend de água de coco e maracujá após a termossonicação

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	Significância estatística (p)
Intens. de pot (L)	-0,27585	0,163903	-1,6830	0,234409
Intens. de pot (Q)	3,49520	0,195579	17,8710	0,003116
Temperatura (L)	15,79159	0,163903	96,3471	0,000108
Temperatura (Q)	13,99128	0,195579	71,5377	0,000195
Intens de pot x temperatura	-0,24422	0,231449	-1,0552	0,401990

Análise de variância (Anova) do modelo ajustado para atividade residual de polifenoloxidase em blend de maracujá

	SQ	GL	MQ	Fcalculado	Ftabelado
Regressão	3088,568	3	1029,522	20,58	4,35
Resíduo	350,027	7	50,0038		
F. Ajuste	350,456	5			
Erro puro	0,429	2			
Total	3438,595	10			

*Valores Tabelados de F a $p < 0,05$.

SQ = soma quadrática, GL = grau de liberdade, MQ = média quadrática

Coeficiente de regressão, erro, coeficiente t e grau de significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para atividade residual de POD no blend de água de coco e maracujá após a termossonicação

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	Significância estatística (p)
Intens. de pot (L)	0,2011	0,192427	1,045	0,405763
Intens. de pot (Q)	-9,8140	0,229615	-42,741	0,000547
Temperatura (L)	0,2003	0,192427	1,041	0,407283
Temperatura (Q)	-48,2265	0,229615	-210,032	0,000023
Intens de pot x temperatura	0,01562	0,271727	0,575	0,623496

: Análise de variância (Anova) do modelo ajustado para atividade residual de peroxidase do blend de maracujá.

	SQ	GL	MQ	Fcalculado	Ftabelado
Regressão	13138,49	2	6569,24	17,74	4,46
Resíduo	2962,62	8	370,25		
F. Ajuste	2962,03	6			
Erro puro	0,59	2			
Total	16101,11	10			

*Valores Tabelados de F a $p < 0,05$.

SQ = soma quadrática, GL = grau de liberdade, MQ = média quadrática

APÊNDICE B -- RESULTADO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA APLICADO AOS DADOS EXPERIMENTAIS DA ATIVIDADE RESIDUAL DA POLIFENOLOXIDASE E PEROXIDASE EM BLEND DE KIWI COM ÁGUA DE COCO

Coeficiente de regressão, erro, coeficiente t e grau de significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para atividade residual de PPO no blend de água de coco e kiwi após a termossonicação

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	Significância estatística (p)
Intens. de pot (L)	10,0363	0,151285	66,3408	0,000227
Intens. de pot (Q)	-9,8301	0,180522	-54,4536	0,000337
Temperatura (L)	11,5147	0,151285	76,1125	0,000173
Temperatura (Q)	-11,6498	0,180522	-64,5338	0,000240
Intens de pot x temperatura	1,6468	0,213630	7,7086	0,016415

Análise de variância (Anova) do modelo ajustado para atividade residual de polifenoloxidase do blend de kiwi.

	SQ	GL	MQ	Fcalculado	Ftabelado
Regressão	2891,644	5	578,3288	266,53	5,05
Resíduo	10,849	5	2,1698		
F. Ajuste	10,848	3			
Erro puro	0,365	2			
Total	2902,493	10			

*Valores Tabelados de F a $p < 0,05$.

SQ = soma quadrática, GL = grau de liberdade, MQ = média quadrática

Coeficiente de regressão, erro, coeficiente t e grau de significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para atividade residual de POD no blend de água de coco e kiwi após a termossonicação

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	Significância estatística (p)
Intens. de pot (L)	0,8858	0,079060	11,204	0,007873
Intens. de pot (Q)	-11,7954	0,094339	-125,032	0,000064
Temperatura (L)	1,2355	0,079060	15,627	0,004070
Temperatura (Q)	-55,6640	0,094339	-590,040	0,000003
Intens de pot x temperatura	0,29131	0,111642	2,609	0,120820

Análise de variância (Anova) do modelo ajustado para atividade residual de peroxidase do blend de kiwi.

	SQ	GL	MQ	Fcalculado	Ftabelado
Regressão	17495,18	4	4373,795	5,96	4,53
Resíduo	4396,37	6	732,728		
F. Ajuste	4396,27	4			
Erro puro	0,10	2			
Total	21891,55	10			

*Valores Tabelados de F a $p < 0,05$.

SQ = soma quadrática, GL = grau de liberdade, MQ = média quadrática

APÊNDICE C - RESULTADO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA APLICADO AOS DADOS EXPERIMENTAIS DO TEOR DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM BLEND DE MARACUJÁ COM ÁGUA DE COCO E KIWI COM ÁGUA DE COCO

Coefficiente de regressão, erro, coeficiente t e grau de significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para teor de polifenóis totais em blend de maracujá e água de coco após a termossonicação

Fatores	Coefficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	Significância estatística (p)
Intens. de pot (L)	-0,001885	0,002365	-0,7970	0,509034
Intens. de pot (Q)	0,042469	0,002822	15,0490	0,004387
Temperatura (L)	0,053068	0,002365	22,4388	0,001980
Temperatura (Q)	0,050837	0,002822	18,0140	0,003067
Intens de pot x temperatura	0,074043	0,003340	22,1707	0,002028

Análise de variância (Anova) do modelo ajustado para teor de polifenóis totais em blend de maracujá

	SQ	GL	MQ	Fcalculado	Ftabelado
Regressão	0,063552	4	0,015888	44,31	4,53
Resíduo	0,002151	6	0,0003585		
F. Ajuste	0,002062	4			
Erro puro	0,000089	2			
Total	0,065703	10			

*Valores Tabelados de F a $p < 0,05$.

SQ = soma quadrática, GL = grau de liberdade, MQ = média quadrática

Tabela de coeficiente de regressão, erro, coeficiente t e grau de significância estatística (p) para cada fator do modelo codificado para o teor de vitamina C no blend de maracujá e água de coco após a termossonicação

Fatores	Coefficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	Significância estatística (p)
Intens. de pot (L)	6,04788	0,088732	68,1587	0,000215
Intens. de pot (Q)	-2,10527	0,105881	-19,8834	0,002520
Temperatura (L)	5,30095	0,088732	59,7409	0,000280
Temperatura (Q)	-1,22252	0,105881	-11,5462	0,007418
Intens de pot x temperatura	3,862550	0,125300	30,8261	0,001051

Análise de variância (Anova) do modelo ajustado para teor de vitamina C em blend de maracujá

	SQ	GL	MQ	Fcalculado	Ftabelado
Regressão	602,6504	5	120,5300	10,13	5,05
Resíduo	59,4577	5	11,8915		
F. Ajuste	59,3321	3			
Erro puro	0,1256	2			
Total	662,1081	10			

*Valores Tabelados de F a $p < 0,05$.

SQ = soma quadrática, GL = grau de liberdade, MQ = média quadrática

Tabela de coeficiente de regressão, erro, coeficiente t e grau de significância estatística (p) para cada fator do modelo codificado para o teor de vitamina C no blend de kiwi e água de coco após a termossonicação

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	Significância estatística (p)
Intens. de pot (L)	1,52451	0,091993	16,5721	0,003621
Intens. de pot (Q)	0,57833	0,109771	5,2685	0,034190
Temperatura (L)	1,79905	0,091993	19,5564	0,002604
Temperatura (Q)	-1,32299	0,109771	-12,0522	0,006814
Intens de pot x temperatura	4,77750	0,129904	36,772	0,000739

Análise de variância (Anova) do modelo ajustado para teor de vitamina C em blend de kiwi

	SQ	GL	MQ	Fcalculado	Ftabelado
Regressão	152,1426	5	30,4285	32,37	5,05
Resíduo	4,6999	5	0,9399		
F. Ajuste	4,5649	3			
Erro puro	0,1350	2			
Total	155,8425	10			

*Valores Tabelados de F a $p < 0,05$.

SQ = soma quadrática, GL = grau de liberdade, MQ = média quadrática

APÊNDICE D - RESULTADO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA APLICADO AOS DADOS EXPERIMENTAIS DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM BLEND DE MARACUJÁ COM ÁGUA DE COCO E KIWI COM ÁGUA DE COCO

Tabela de coeficiente de regressão, erro, coeficiente t e grau de significância estatística (p) para cada fator do modelo codificado para atividade antioxidante (ABTS) no blend de maracujá e água de coco após a termossonicação

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	Significância estatística (p)
Intens. de pot (L)	-4,22193	0,206736	-20,4219	0,002389
Intens. de pot (Q)	-3,54495	0,246689	-14,3701	0,004808
Temperatura (L)	-0,55542	0,206736	-2,6866	0,115109
Temperatura (Q)	2,12025	0,246689	8,5948	0,013268
Intens de pot x temperatura	-3,34647	0,291933	-11,4631	0,007524

Análise de variância (Anova) do modelo ajustado para atividade antioxidante (ABTS) em blend de maracujá

	SQ	GL	MQ	Fcalculado	Ftabelado
Regressão	318,2259	4	79,5564	6,45	4,53
Resíduo	73,9643	6	12,3273		
F. Ajuste	73,2825	4			
Erro puro	0,6818	2			
Total	392,1902	10			

*Valores Tabelados de F a $p < 0,05$.

SQ = soma quadrática, GL = grau de liberdade, MQ = média quadrática

**APÊNDICE E - RESULTADO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA APLICADO AOS
DADOS EXPERIMENTAIS DE DIFERENÇA TOTAL DE COR EM BEBIDA MISTA
DE MARACUJÁ COM ÁGUA DE COCO E KIWI COM ÁGUA DE COCO**

Tabela de coeficiente de regressão, erro, coeficiente t e grau de significância estatística (p) para cada fator do modelo codificado para diferença total de cor no blend de maracujá e água de coco após a termossônica

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	Significância estatística (p)
Intens. de pot (L)	0,59530	0,125110	4,75821	0,041442
Intens. de pot (Q)	-1,34172	0,149289	-8,98739	0,012155
Temperatura (L)	0,25600	0,125110	2,04618	0,177362
Temperatura (Q)	-0,76513	0,149289	-5,12519	0,036025
Intens de pot x temperatura	-0,78524	0,176669	-4,44467	0,047074

Análise de variância (Anova) do modelo ajustado para diferença total de cor em blend de maracujá

	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	16,23451	4	4,0586	4,54	4,53
Resíduo	5,35359	6	0,8922		
F. Ajuste	5,10389	4			
Erro puro	0,24970	2			
Total	21,58810	10			

*Valores Tabelados de F a $p < 0,05$.

SQ = soma quadrática, GL = grau de liberdade, MQ = média quadrática

ANEXO A - COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO CIENTÍFICO (REVISTA LWT – FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY (ELSEVIER))

06/06/2019

Track your recent Co-Authored submission to LWT - daniely.dias.nutri@gmail.com - Gmail

Track your recent Co-Authored submission to LWT

Caixa de entrada



LWT - Food Science & Technology <eesserver@eesmail.elsevier.com>
para eu

30 de mai de 2019 18:58 (há 7 dias)

inglês

português

Traduzir mensagem

Desativar para: inglês

*** Automated email sent by the system ***

Dear Dr. Daniely da Rocha Dias,

You have been listed as a Co-Author of the following submission:

Journal: LWT - Food Science and Technology

Title: Effect of thermosonication in coconut water and passion fruit juice blend

Corresponding Author: Tania Lucia Stamford

Co-Authors: Daniely da Rocha C Dias, PhD student; Alessandra S Araújo, undergraduate in chemistry; Patrícia Viana de A Santos, undergraduate in nutrition; Zilmar Meireles P Barros, PhD student; Viviane L Xavier, PhD student; Patrícia M Azoubel, PhD;

To be kept informed of the status of your submission, register or log in (if you already have an Elsevier profile).

Register here: [https://ees.elsevier.com/lwt/default.asp?acw=&pg=preRegistration.asp&user=coauthor&fname=Daniely da Rocha&lname=Dias&email=daniely.dias.nutri@gmail.com](https://ees.elsevier.com/lwt/default.asp?acw=&pg=preRegistration.asp&user=coauthor&fname=Daniely%20da%20Rocha&lname=Dias&email=daniely.dias.nutri@gmail.com)Or log in: <https://ees.elsevier.com/lwt/default.asp?acw=&pg=login.asp&email=daniely.dias.nutri@gmail.com>If you did not co-author this submission, please do not follow the above link but instead contact the Corresponding Author of this submission at tlmstamford@yahoo.com.br; taniastamford@pq.cnpq.br.

Thank you,

LWT - Food Science and Technology