



KÊNIA TEIXEIRA MANGANELLI

**UTILIZAÇÃO DO MICRO-ONDAS NA CONSERVAÇÃO DE POLPAS DE FRUTAS:
ALTERAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS**

BAMBUÍ – MG

2019

KÊNIA TEIXEIRA MANGANELLI

**UTILIZAÇÃO DO MICRO-ONDAS NA CONSERVAÇÃO DE POLPAS DE FRUTAS:
ALTERAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS**

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

Orientadora: Profa. Dra. Kamilla Soares de Mendonça

Coorientadora: Profa. Dra. Gaby Patrícia Terán Ortiz

BAMBUÍ – MG

2019

M277u Manganelli, Kênia Teixeira.
2019 Utilização do micro-ondas na conservação de polpas de frutas:
alterações físicas e químicas. / Kênia Teixeira Manganelli. -
Bambuí, 2019.
41 f. : il., color.

Orientadora: Kamilla Soares de Mendonça.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de
Alimentos) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de
Minas Gerais. Campus Bambuí.

1. Polpa de frutas – micro-ondas. I. Mendonça, Kamilla Soares
de (orientadora). II. Instituto Federal de Educação Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais - Campus Bambuí. III. Título.

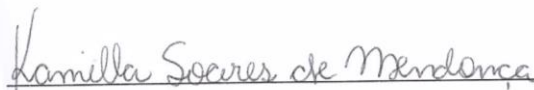
CDD: 663.63

KÊNIA TEIXEIRA MANGANELLI

UTILIZAÇÃO DO MICRO-ONDAS NA CONSERVAÇÃO DE POLPAS DE
FRUTAS: ALTERAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS

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

Aprovado em 18 de novembro de 2019.



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



Prof^ª. Dra. Gaby Patricia Terán Ortiz (Coorientadora - IFMG - *Campus* Bambuí)



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



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

BAMBUÍ – MG

2019

A todos que sempre me ajudaram, direta ou indiretamente, em especial aos meus pais, Alfredo Teixeira Manganelli e Niusa Maria Teixeira Manganelli, fonte inesgotável de amor e dedicação. À professora Dra. Kamilla Soares de Mendonça, pela paciência, carinho e dedicação em me orientar no desenvolvimento deste trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus por ter me dado capacidade para alcançar essa vitória.

À minha família, que, mesmo perante as diversas dificuldades, sempre me incentivou a lutar por meus objetivos.

Às minhas orientadora e coorientadora, por todo apoio, paciência e atenção. Sem a ajuda de vocês, não seria possível a realização deste trabalho.

Aos técnicos de laboratório do IFMG - *Campus* Bambuí, que me auxiliaram quando necessário, e ao laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Lavras – UFLA, que me cederam o espaço para a realização das análises.

Aos meus amigos de faculdade, com os quais compartilhei muitos momentos de aprendizado, diversão, choros e dificuldades - vocês realmente marcaram minha vida e contribuíram para que essa trajetória se tornasse possível.

Agradeço, de coração, a todos!

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.” (Charles Chaplin)

RESUMO

MANGANELLI, Kênia Teixeira. **Utilização do micro-ondas na conservação de polpas de frutas: alterações físicas e químicas**. Bambuí: IFMG *Campus* Bambuí, 2019. 41 p.

A conservação das polpas de frutas é feita com a aplicação do tratamento térmico, seguida de congelamento. No entanto, a intensidade do tratamento térmico pode provocar alterações indesejáveis nas características do produto, como a degradação térmica dos nutrientes termolábeis, como vitaminas e pigmentos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da pasteurização convencional por aplicação de calor e da pasteurização por aplicação de micro-ondas nos parâmetros de qualidade física e química das polpas de frutas. As polpas de maracujá, goiaba e laranja foram submetidas à pasteurização (com aplicação de calor e por micro-ondas). A qualidade das polpas foi avaliada quanto à microestrutura óptica, sedimentação, turbidez, umidade, teores de sólidos solúveis, acidez titulável e pH, teor de vitamina C e carotenoides. Os dados foram analisados por análise de variância ao nível de significância de 95% e teste de Tukey. Na análise de microestrutura óptica, os tratamentos térmicos - convencional e micro-ondas - apresentaram distinções significativas apenas nas polpas de maracujá e laranja. A pasteurização por micro-ondas proporcionou maiores índices de sedimentação das polpas de maracujá e laranja. Na polpa de goiaba, por sua vez, a aplicação de micro-ondas não incrementou a sedimentação da polpa, sendo que a aplicação de micro-ondas influenciou no aumento da turbidez da polpa de maracujá e laranja. Porém, na polpa de maracujá, esse índice foi menor que nas amostras tratadas convencionalmente. Na polpa de goiaba, a turbidez das amostras submetidas à aplicação de micro-ondas não divergiu estatisticamente das amostras sem tratamento. A pasteurização convencional e por micro-ondas proporcionaram um aumento no teor de sólidos solúveis e diminuição da umidade nas polpas das três frutas. Quanto ao teor de pH, não houve diferença significativa do pH nas polpas de maracujá e laranja submetidas a diferentes tratamentos de pasteurização. Já na polpa de goiaba, a pasteurização convencional aumentou o teor de pH. Além disso, a aplicação de micro-ondas não alterou a acidez titulável da polpa de maracujá, e, na polpa de goiaba pasteurizada convencionalmente e por micro-ondas, os valores de acidez titulável foram estatisticamente semelhantes. Já na polpa de laranja, o tratamento que mais incrementou na acidez titulável foi a pasteurização convencional, sendo que o teor de vitamina C de todas as polpas foi estatisticamente superior com a aplicação de micro-ondas, comparado com a pasteurização convencional. Os teores de carotenoides nas polpas de maracujá e laranja foram estatisticamente semelhantes quando submetidas à pasteurização convencional e por micro-ondas. Já na polpa de goiaba, o tratamento por micro-ondas proporcionou menor redução no teor de carotenoides se comparado à pasteurização térmica convencional. Desse modo, no que diz respeito à tecnologia de pasteurização que menos degradou a característica inicial do produto, o tratamento térmico com a utilização do micro-ondas foi mais eficiente nas polpas de maracujá, goiaba e laranja, em comparação à pasteurização térmica convencional.

Palavras-chave: Micro-ondas. Turbidez. Vitamina C.

ABSTRACT

MANGANELLI, Kenia Teixeira. **Microwave use for fruit pulp conservation: physical and chemical changes.** Bambuí: IFMG *Campus* Bambuí, 2019. 41 p.

The preservation of fruit pulps is done by applying a heat treatment followed by freezing. However, the intensity of heat treatment may cause undesirable changes in product characteristics, such as thermal degradation of thermolabile nutrients such as vitamins and pigments. The objective of this work was to evaluate the impact of conventional heat pasteurization and microwave pasteurization on the physical and chemical quality parameters of fruit pulps. Passion fruit, guava and orange pulp were subjected to pasteurization (with heat and microwave application). Pulp quality was evaluated for optical microstructure, sedimentation, turbidity, humidity, soluble solids content, titratable acidity and pH, vitamin C and carotenoids content. Data were analyzed by analysis of variance at a significance level of 95% and Tukey test. In the optical microstructure analysis the thermal treatments: conventional and microwave presented significant distinctions only in the passion fruit and orange pulps. Microwave pasteurization provided higher sedimentation rates of passion fruit and orange pulps. In guava pulp, in turn, the application of microwaves did not increase the sedimentation of the pulp. The application of microwaves influenced the increased turbidity of passion fruit and orange pulp. However, in passion fruit pulp, this index was lower than in conventionally treated samples. In guava pulp, the turbidity of the samples submitted to microwave application did not differ statistically from the samples without treatment. Conventional and microwave pasteurization provided an increase in soluble solids content and decreased moisture in the pulp of the three fruits. Regarding the pH content, there was no significant pH difference in passion fruit and orange pulps submitted to different pasteurization treatments. In guava pulp, conventional pasteurization increased the pH content. Microwave application did not alter the titratable acidity of the passion fruit pulp. In conventionally and microwave pasteurized guava pulp, titratable acidity values were statistically similar. In orange pulp, the treatment that increased the most in titratable acidity was conventional pasteurization. The vitamin C content of all pulps was statistically higher with microwave application compared to conventional pasteurization. The carotenoid content in the passion fruit and orange pulps were statistically similar when subjected to conventional and microwave pasteurization. In the guava pulp, the microwave treatment provided lower reduction in carotenoid content compared to conventional thermal pasteurization. Thus, regarding the pasteurization technology that less degraded the initial characteristics of the product, the heat treatment using the microwave was more efficient in the passion fruit, guava and orange pulps compared to the conventional thermal pasteurization.

Keywords: Microwave. Turbidity. Vitamin C.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Microestrutura óptica da polpa de maracujá com aumento de 10X sem tratamento - ST (a), pasteurizada convencionalmente – CP (b) e pasteurizada por micro-ondas – MW (c) 26
- Figura 2 – Microestrutura óptica da polpa de goiaba com aumento de 10X sem tratamento - ST (a), pasteurizada convencionalmente – CP (b) e pasteurizada por micro-ondas – MW (c) 27
- Figura 3 – Microestrutura óptica da polpa de laranja com aumento de 10X sem tratamento - ST (a), pasteurizada convencionalmente – CP (b) e pasteurizada por micro-ondas – MW (c) 27
- Figura 4 – Sedimentação da polpa de maracujá sem tratamento (ST), pasteurizada convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW) 28
- Figura 5 – Sedimentação da polpa de goiaba sem tratamento (ST), pasteurizada convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW) 29
- Figura 6 – Sedimentação da polpa de laranja sem tratamento (ST), pasteurizada convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW) 29

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Tratamentos de conservação executados em polpas de maracujá, goiaba e laranja	22
TABELA 2 – Turbidez das polpas de maracujá, goiaba e laranja, sem tratamento (ST), pasteurizadas convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW)	31
TABELA 3 – Análises de sólidos solúveis das polpas de maracujá, goiaba e laranja, sem tratamento (ST), pasteurizadas convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW)	32
TABELA 4 – Análises de pH e acidez titulável das polpas de maracujá, goiaba e laranja, sem tratamento (ST), pasteurizadas convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW)	33
TABELA 5 – Análise de vitamina C nas polpas de maracujá, goiaba e laranja, sem tratamento (ST), pasteurizadas convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW)	35
TABELA 6 – Análise de carotenoides nas polpas de maracujá, goiaba e laranja, sem tratamento (ST), pasteurizadas convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW)	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo Geral.....	13
2.2	Objetivos Específicos.....	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1	Maracujá.....	14
3.2	Goiaba.....	15
3.3	Laranja.....	15
3.4	Produção de polpa de frutas.....	16
3.5	Componentes de importância nutricional encontrados em frutas.....	16
3.6	Legislação e microbiologia da polpa de fruta.....	17
3.7	Efeitos do processamento sobre as substâncias presentes.....	18
3.8	Processamento térmico convencional.....	18
3.9	Princípios do aquecimento por micro-ondas.....	19
3.10	Pasteurização assistida por micro-ondas.....	19
3.11	Efeitos do micro-ondas sobre os componentes.....	20
3.12	Sedimentação e turbidez.....	21
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1	Preparo das amostras.....	21
4.2	Tratamento de conservação das polpas.....	22
4.2.1	<i>Pasteurização por aplicação de calor.....</i>	22
4.2.2	<i>Pasteurização por aplicação de micro-ondas.....</i>	22
4.3	Análises físicas das polpas de frutas.....	23
4.3.1	<i>Microestrutura óptica.....</i>	23
4.3.2	<i>Sedimentação da polpa.....</i>	23
4.3.3	<i>Turbidez da polpa.....</i>	23
4.3.4	<i>Sólidos solúveis.....</i>	24
4.3.2	<i>Umidade.....</i>	24
4.4	Análises químicas das polpas de frutas.....	24
4.4.1	<i>pH e acidez titulável.....</i>	24
4.4.2	<i>Vitamina C.....</i>	24
4.4.2	<i>Carotenoides.....</i>	25

4.5	Análises Estatísticas.....	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1	Avaliação de microestrutura óptica nos diferentes tratamentos.....	25
5.1.1	<i>Polpa de maracujá</i>	26
5.1.2	<i>Polpa de goiaba</i>	26
5.1.3	<i>Polpa de laranja</i>	27
5.2	Avaliação da sedimentação das polpas.....	28
5.3	Avaliação da turbidez das polpas de frutas.....	30
5.4	Avaliação das análises de sólidos solúveis e umidade.....	32
5.5	Avaliação das análises químicas das polpas.....	33
5.5.1	<i>pH e acidez titulável</i>	33
5.5.2	<i>Vitamina C</i>	34
5.5.3	<i>Carotenoides</i>	35
6	CONCLUSÃO.....	36
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um importante produtor de frutas, entretanto, podem ocorrer grandes perdas desde a colheita até o consumo, devido à sua alta perecibilidade. Assim, faz-se o processamento das frutas na forma de polpa como alternativa de conservar o produto, permitindo o consumo fora da região de produção, aumentando a vida útil e, ainda, servindo como matéria-prima para indústrias alimentícias de doces, geleias, sorvetes, entre outros.

Para melhor conservação das polpas de frutas, a pasteurização é aplicada com o intuito de eliminar os microrganismos patogênicos, reduzir os deterioradores e inativar enzimas, garantindo a segurança e prolongando a vida útil do produto.

No entanto, a pasteurização convencional pode induzir alterações indesejáveis em produtos de frutas, devido à elevada temperatura com que este tratamento é executado, como a degradação de vitaminas, antioxidantes e outros compostos bioativos. Visando minimizar esses danos, a literatura descreve uma vasta gama de tecnologias como alternativa, dentre elas, a utilização de micro-ondas.

As ondas eletromagnéticas incidem na polpa, ocorrendo a polarização alternada da molécula de água, resultando no aquecimento da amostra como um todo. Assim, a pasteurização por micro-ondas acontece em uma taxa mais rápida, em comparação à pasteurização térmica convencional. Dentre outras vantagens, esta tecnologia tem sido descrita como um eficiente método de destruição microbiana, reduzindo a perda de nutrientes termolábeis e o consumo de energia.

Considerando-se todo o potencial de comercialização e consumo das polpas de frutas e a importância da preservação dos nutrientes durante o processamento dos alimentos, este trabalho se propôs a avaliar as alterações físicas e químicas provocadas por diferentes tratamentos de conservação das polpas de maracujá, goiaba e laranja.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da pasteurização convencional e por aplicação de micro-ondas sobre a qualidade física e química das polpas de maracujá, goiaba e laranja.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as características físicas como: microestrutura óptica, sedimentação, turbidez, sólidos solúveis e umidade das polpas de frutas, comparando a qualidade da polpa submetida ao processamento convencional com a que foi submetida à tecnologia de micro-ondas;
- Avaliar as características químicas como: pH, acidez titulável, vitamina C e carotenoides das polpas de frutas, comparando a qualidade da polpa submetida ao processamento convencional com a que foi submetida à tecnologia de micro-ondas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Maracujá

Originário das Américas Tropical e Subtropical, o maracujá pertence à ordem *Passiflorales* e à família *Passifloraceae*, a qual é composta por mais de 15 gêneros e cerca de 650 espécies. No Brasil, existem, aproximadamente, 150 espécies nativas, sendo um dos principais centros de diversidade do gênero *Passiflora*. Esta é encontrada em todos os biomas brasileiros, com destaque para o Cerrado e a Amazônia (FALEIRO *et al.*, 2014).

O maracujá é uma planta trepadeira, cultivada em várias regiões do mundo (CAMPOS, 2010), sendo o Brasil, Equador, Colômbia e Peru os principais países produtores mundiais (SANTOS *et al.*, 2017). Com grande importância econômica e social, o cultivo das *Passifloras* é uma opção de geração de renda para micros e grandes produtores. Há várias opções de espécies de maracujá para os fruticultores, com diferentes opções de mercado e de agregação de valor ao produto, podendo gerar renda o ano todo (OLIVEIRA; FALEIRO; JUNQUEIRA, 2017). O maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*) é uma das espécies com maior expansão comercial no Brasil, tanto para o consumo de frutos “*in natura*” quanto para a produção de polpa (CAMPOS, 2010), devido à sua grande aceitação no mercado e rápida produção em relação a outras frutíferas (COELHO; CENCI; RESENDE, 2011).

O maracujá (*Passiflora edulis*) é bastante consumido, pois possui excelentes características organolépticas e fornece, entre outras substâncias, vitaminas hidrossolúveis, especialmente A e C, carotenoides, sais minerais e fibras (CAMPOS, 2010), que auxiliam na prevenção de várias doenças degenerativas (ROTILI *et al.*, 2013).

3.2 Goiaba

A *Psidium guajava* L., conhecida como goiaba, pertence à família *Myrtaceae*. É uma fruta nativa da América do Sul e cultivada em todos os países tropicais. Possui mais de 100 gêneros e 3800 espécies de arbustos e árvores verdes durante o ano (HAIDA *et al.*, 2015).

Coelho *et al.* (2017) afirmam que “a goiaba (*Psidium guajava*) é uma importante cultura na fruticultura brasileira”. Devido às suas propriedades nutritivas, sensoriais e bifuncionais, a fruta possui alta aceitação no mercado (OSORIO; CARRIAZO, 2011), tanto no consumo “*in natura*” quanto na forma processada (ABREU *et al.*, 2012).

A goiaba vermelha é conhecida por possuir altos níveis de vitamina C, sendo 6 a 7 vezes superior ao das frutas cítricas (ABREU *et al.*, 2012), apresentando quantidades razoáveis de vitaminas A e do complexo B, além de sais minerais (SILVA *et al.*, 2010).

A goiaba se destaca também por possuir altos níveis de antioxidantes polifenólicos (NINGA *et al.*, 2017) e carotenoides; dentre eles, evidencia-se o licopeno, que representa cerca de 80% dos carotenoides do fruto. O licopeno “é um elemento predominante no plasma e nos tecidos humanos, sendo encontrado em um número limitado de alimentos de cor vermelha” (HAIDA *et al.*, 2015). É um dos mais potentes antioxidantes e está relacionado à prevenção de doenças como o câncer (COELHO *et al.*, 2017).

3.3 Laranja

A laranja é o fruto produzido pela laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbek), uma árvore pertencente à família *Rutaceae*, originária da Índia. O seu cultivo se estabeleceu no Brasil em 1500, pela introdução dos portugueses, com mudas de laranjeiras doces (FERNANDES, 2010). Dentre as centenas de variedades de laranja, existe a *Citrus sinensis*, que reúne as laranjas doces, como a bahia, a lima, a pera e a seleta, sendo todas apreciadas no consumo “*in natura*” ou no preparo de doces e sucos (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

O Brasil é um dos três maiores países produtores de laranja. Segundo o IBGE (2018), sua produção foi de 17.251.291 de toneladas no ano de 2016, destacando-se os estados de São Paulo, com produção de 12.847.146 de toneladas, e Bahia, com 1.129.785 de toneladas produzidas.

Sendo esse um dos principais produtos de exportação do agronegócio brasileiro, o desenvolvimento agrônomo proporcionou o abastecimento no mercado de laranjas durante

todo o ano, por meio do cultivo de variedades cujos períodos de produção se alternam e se complementam (OSORIO *et al.*, 2017).

Além do sabor e aroma agradáveis, a laranja se destaca pela rica composição nutricional. A fruta apresenta elevados teores de vitamina C e sais minerais, compostos fenólicos, carotenoides e fibras, que auxiliam na prevenção de doenças cardíacas, neurológicas, metabólicas e neoplásicas. Possui polissacarídeos, como hemicelulose e celulose, açúcares solúveis e umidade entre 72,0 e 86,0% (CYPRIANO *et al.*, 2017).

3.4 Produção de polpa de frutas

O Brasil possui grandes extensões territoriais e condições favoráveis para o agronegócio. É um importante produtor de frutas, com mais de 40 milhões de toneladas a cada safra, em uma área de cerca de 2 milhões de hectares (FAO, 2014; IBGE, 2015). Considerado o terceiro maior produtor mundial, está atrás apenas da China e da Índia, o que também demonstra a importância deste setor para a nossa economia. A fruticultura é imprescindível para o desenvolvimento do País, pois gera oportunidades de emprego e renda e estimula a industrialização, incentivando as cadeias produtivas exportadoras e ampliando a oferta de alimentos no mercado interno (LEONARDI; WAQUIL, 2017).

O aumento significativo na produção de frutos e derivados deve-se à constante busca por uma alimentação saudável, destacando-se a cadeia de produção de polpas de frutas, que, além do sabor, apresentam uma rica composição nutricional, uma vez que possuem abundantes moléculas bioativas. Além da produção de polpa de fruta, favorecer a conservação e o consumo (SILVA *et al.*, 2016).

3.5 Componentes de importância nutricional encontrados em frutas

Muitos estudos têm relatado a associação entre dieta e saúde, estimulando, assim, pesquisas sobre propriedades bioativas dos alimentos. Dentre outros, as frutas são ricas em compostos bioativos, como compostos fenólicos, ácido ascórbico, carotenoides e outros que são sintetizados no metabolismo secundário (HAIDA *et al.*, 2015).

Devido ao interesse da população pela promoção da saúde, o consumo de frutos tem aumentado a cada ano, principalmente daqueles ricos em antioxidantes (HAIDA *et al.*, 2015). Os antioxidantes são compostos químicos capazes de reagir com os radicais livres do

organismo, podendo prevenir ou diminuir os danos oxidativos de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos causados por espécies de oxigênio reativo, ou seja, eles possuem a capacidade de reagir com os radicais livres e, assim, restringir os efeitos indesejados ao organismo (VIDAL; FREITAS, 2015).

O ácido ascórbico, ou vitamina C, está presente na maioria das frutas e hortaliças em quantidades variadas. O seu consumo diário diminui mutações ocasionadas por estresse oxidativo em células humanas *in vitro*, sendo, portanto, associado à redução de modificações no DNA do indivíduo (VIDAL; FREITAS, 2015).

Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis que conferem a coloração característica às frutas e hortaliças, variando do amarelo ao vermelho (ZAGHDOUDI *et al.*, 2016). Segundo Tanaka *et al.* (2012), uma alimentação equilibrada, com altos teores de carotenoides, está associada à prevenção de doenças como câncer, em vários tecidos, e outras doenças degenerativas e crônicas (GOULA *et al.*, 2016).

3.6 Legislação e microbiologia da polpa de fruta

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) define polpa de fruta, pelo Regulamento Técnico Geral, para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Fruta, como “o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, por meio de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto” (BRASIL, 2016). Logo, o processamento mecânico das frutas, para a obtenção do extrato líquido, seguido do processamento térmico, produz o que se chama de polpa de fruta.

O Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ), definido pelo MAPA (BRASIL, 2016), estabelece que a concentração mínima de sólidos solúveis, no suco de maracujá, seja de 11°Brix; na goiaba, de 7°Brix; e na laranja, de 10,5°Brix.

Por meio da Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define os padrões microbiológicos para cada alimento. Assim, as polpas de frutas, concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas, possuem parâmetros microbiológicos para coliformes a 45°C, e para *Salmonella ssp.*, com, no máximo, 10^2 UFC g⁻¹ e ausência em 25 g, respectivamente.

3.7 Efeitos do processamento sobre as substâncias presentes

Para atender à legislação vigente e às exigências do consumidor, as polpas de frutas devem possuir alta qualidade. No entanto, para sua melhor conservação, a pasteurização é aplicada com o intuito de favorecer o tempo de vida de prateleira do produto (SAIKIA; MAHNOT; MAHANTA, 2015). Desta maneira, a pasteurização térmica tem sido o método mais utilizado para a conservação de produtos de frutas, pois proporciona o aumento da vida útil e, conseqüentemente, expande a possibilidade de comercialização de alimentos industrializados (PINTO, 2017). Entretanto, esse método de conservação tem provocado alterações indesejáveis nos produtos alimentícios, tais como o escurecimento, a degradação térmica de compostos, como antioxidantes, vitaminas e carotenoides, que resultam em perdas sensoriais e nutricionais para as indústrias (BENLLOCH *et al.*, 2015).

3.8 Processamento térmico convencional

A pasteurização é um tratamento térmico que envolve a aplicação de calor no alimento por determinado período de tempo. É um processo amplamente encontrado em indústrias de alimentos e realizado em trocadores de calor. Este equipamento possibilita a transferência de energia entre duas correntes de fluidos em diferentes temperaturas (SINGH; HELDMAN, 2009). As correntes são geralmente separadas por uma superfície sólida; portanto, ocorrem, simultaneamente, as transferências de calor por condução e convecção (GRISKEY, 2002).

Contudo, o principal objetivo da pasteurização é prolongar o período de vida útil e proporcionar a estabilidade de sucos de frutas e vegetais, pela eliminação e/ou redução da microbiota (formas vegetativas dos microrganismos patogênicos e deterioradores) e, simultaneamente, da inativação de enzimas deteriorantes (JABBARI *et al.*, 2018).

Entretanto, este método de preservação pode acarretar resultados prejudiciais para a qualidade de sucos, visto que, conseqüentemente, são ocasionadas mudanças estruturais (JABBARI *et al.*, 2018), tais como: modificação na microestrutura óptica da polpa, alteração na sedimentação, turbidez, sólidos solúveis, umidade, pH, acidez titulável e degradação térmica de vitaminas e carotenoides, devido à intensidade do tratamento térmico aplicado (SAIKIA; MAHNOT; MAHANTA, 2015).

Dessa forma, pesquisas recentes têm buscado alternativas de pasteurização aplicada ao alimento, para garantir a destruição de microrganismos termossensíveis (bactérias e leveduras), mas também a retenção das propriedades dos alimentos, isto é, minimizar o impacto nos

parâmetros de qualidade física, química, sensorial e nutricional (BENLLOCH *et al.*, 2015). Dentre as alternativas, destaca-se a utilização de micro-ondas.

3.9 Princípios do aquecimento por micro-ondas

As micro-ondas atuam na transferência de energia elétrica em energia térmica por meio de ondas eletromagnéticas, e sua frequência está entre infravermelho e as ondas de rádio e TV. Entretanto, o aquecimento ocorre pelo processo de ressonância, onde as moléculas de água vibram na presença de ondas eletromagnéticas, gerando calor (SAIKIA; MAHNOT; MAHANTA, 2015). Isso ocorre devido ao fato de as moléculas dos alimentos conterem cargas positivas e negativas, principalmente pelo elevado conteúdo de água, pois, sendo uma molécula polar, possui dipolo elétrico. Assim, a conversão de radiação eletromagnética em energia térmica, no alimento, é ocasionada pelo atrito intermolecular, que se dá pelas forças de atração e repulsão das cargas elétricas. Quando os dipolos são submetidos a um campo oscilante, aumentam-se as energias rotacionais e vibracionais, resultando na geração de calor friccional (IGUAL *et al.*, 2014).

O aquecimento por micro-ondas também pode ocorrer por condução iônica, sendo a energia térmica, convertida no alimento, proporcional às suas propriedades dielétricas. Assim, o campo elétrico faz com que íons dissolvidos de cargas positivas e negativas migrem para regiões com cargas opostas, resultando na ruptura do fluxo de hidrogênio com a água, ocasionando a geração de calor. Contudo, o alimento é totalmente aquecido, e não apenas sua superfície. Como as polpas de frutas contêm alto teor de água, a energia é absorvida rapidamente, levando à redução significativa do tempo de exposição do produto (IGUAL *et al.*, 2014).

3.10 Pasteurização assistida por micro-ondas

A pasteurização por micro-ondas tem sido proposta como uma alternativa para a pasteurização térmica convencional, a fim de melhorar e preservar a qualidade de derivados de frutas (IGUAL *et al.*, 2014).

Saikia *et al.* (2015) realizaram um estudo comparativo sobre o efeito da pasteurização térmica convencional, micro-ondas e ultrassom sobre as atividades fitoquímicas e antioxidantes de cinco sucos de frutas. Segundo este autor, cada amostra de suco de fruta submetida a

diferentes métodos de processamento tem diferentes efeitos em suas composições bioativas. Assim, seu estudo revelou que o tipo de processamento influenciou na composição e concentração de compostos fenólicos no suco processado e que os tratamentos por micro-ondas e sonicação mostraram efeitos mais positivos no conteúdo fitoquímico, em comparação com a pasteurização térmica convencional.

Uma das vantagens da utilização do micro-ondas é o menor tempo de processo em relação à pasteurização convencional e o aquecimento uniforme, ocasionando a redução da degradação térmica e a preservação das propriedades nutricionais e funcionais do produto (BENLLOCH *et al.*, 2015; SAIKIA; MAHNOT; MAHANTA, 2015).

3.11 Efeitos do micro-ondas sobre os componentes

O controle de parâmetros como pH, acidez titulável, sólidos solúveis, açúcares redutores e totais e vitamina C é importante para a análise de possíveis alterações ocorridas no processamento (BRASIL *et al.*, 2016).

As vitaminas são compostos bastante sensíveis, podendo ser degradadas pela temperatura, presença de luz, oxigênio, umidade e pH (BERTIN; SCHULZ; AMANTE, 2016). Quanto ao teor de carotenoides, a principal causa de perda é a degradação oxidativa, a qual depende da disponibilidade de oxigênio e é estimulada por calor, luz, enzimas, metais e cooxidação com hidroperóxidos de lipídeos (BENLLOCH *et al.*, 2015). Compostos fenólicos e outros antioxidantes naturais, como as antocianinas, também são propensos à degradação térmica em sucos de fruta (MAKILA *et al.*, 2017).

Contudo, o aumento da temperatura pode favorecer a extração e a disponibilidade dos compostos fenólicos, melhorando a solubilidade do soluto e o coeficiente de diluição. Entretanto, a temperatura também pode ocasionar a desnaturação dos compostos fenólicos, sendo necessário, portanto, a seleção dos melhores limites de temperatura e otimização do processo (ADIAMO *et al.*, 2018), pois, segundo Jabbar *et al.* (2015), “os compostos bioativos podem sofrer isomerização a temperaturas elevadas durante a pasteurização térmica convencional”.

A pasteurização térmica convencional aquece o alimento gradativamente, enquanto o tratamento por micro-ondas promove o aquecimento uniforme de todo o volume deste. Assim, em produtos como sucos de frutas, com alto teor de água, a energia é absorvida muito ligeiramente, provocando um rápido aquecimento, o que reduz significativamente o tempo de

exposição do produto ao calor, resultando, assim, na diminuição da perda de qualidade organoléptica e de destruição de nutrientes termolábeis (IGUAL *et al.*, 2014).

3.12 Sedimentação e turbidez

Segundo Krumreich *et al.* (2016), um fator decisivo para aceitação de sucos e néctares pelos consumidores é a aparência visual, ou seja, a turbidez das bebidas, pois elas não devem apresentar sedimentação ou separação de fases. Esta pode ser decorrente de vários fatores, envolvendo ligações químicas, densidade da fase dispersa e dispersante, tamanho de partículas e viscosidade da fase dispersante. Contudo, a distribuição estável das partículas que causam a turvação representa um importante critério de qualidade do produto, por preservar seu valor nutritivo e sabor.

4 MATERIAL E MÉTODOS

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

4.1 Preparo das amostras

Maracujá (*Passiflora edulis*), goiaba (*Psidium guajava*) e laranja (*Citrus sinensis*) foram adquiridos no comércio local de Bambuí - MG. A produção das polpas foi feita no Setor de Processamento de Frutos do IFMG – *Campus* Bambuí, sendo que as frutas foram selecionadas quanto à ausência de injúrias mecânicas e doenças. Em seguida, foram pré-lavadas, sanitizadas com hipoclorito de sódio (100 mg L⁻¹ por 15 minutos) (JACQUES *et al.*, 2015) e despolpadas em despolpadeira (Cofibras, Americana). Após o despolpamento, coletaram-se amostras das três frutas para realização das análises físicas e químicas antes da execução dos tratamentos térmicos. O restante das polpas foi envasado em sacos de polietileno de baixa densidade (100 g por unidade) e congelados a -18°C.

As polpas envasadas foram divididas em dois grupos, correspondentes aos tratamentos de conservação a que foram submetidas.

4.2 Tratamento de conservação das polpas

As polpas das três frutas analisadas foram submetidas a dois diferentes tratamentos de conservação por pasteurização (Tabela 1).

TABELA 1 - Tratamentos de conservação executados em polpas de maracujá, goiaba e laranja

Tratamentos	Código	Natureza da polpa de fruta	Tipo de Pasteurização
1	M-CP	Maracujá	Convencional
2	M-MW	Maracujá	Micro-ondas
3	G-CP	Goiaba	Convencional
4	G-MW	Goiaba	Micro-ondas
5	L-CP	Laranja	Convencional
6	L-MW	Laranja	Micro-ondas

Fonte: Dos Autores (2019).

4.2.1 Pasteurização por aplicação de calor

A polpa convencionalmente pasteurizada (CP) foi obtida por aplicação direta de calor. 300 mL de polpa foram aquecidos em béquer de vidro em banho termostático (521/2D, Nova Ética, Vargem Grande Paulista, Brasil) até atingir 30°C. O tratamento foi realizado com aplicação de fogo direto até a amostra atingir 83°C, por 5,4 minutos, seguindo a metodologia de Saikia *et al.*, (2015) com algumas modificações. Durante todo o aquecimento da amostra de polpa de fruta, a temperatura foi monitorada por termômetro.

4.2.2 Pasteurização por aplicação de micro-ondas

A polpa de fruta pasteurizada por micro-ondas (MW) foi obtida através do aquecimento de 300 mL de polpa de fruta aquecidos em béquer de vidro em banho termostático (521/2D, Nova Ética, Vargem Grande Paulista, Brasil) até atingir 30°C. Após atingir esta temperatura, a amostra foi acondicionada no recipiente, no interior do forno micro-ondas, sob potência máxima de 900W por 5,4 minutos (CMN34, Consul, Joinvile, Brasil) (SAIKIA; MAHNOT; MAHANTA, 2015). Nessas condições, a amostra atingiu 83°C.

Imediatamente após cada tratamento de pasteurização, as polpas foram resfriadas em banho de gelo (até atingir a temperatura de 30°C) e envasadas em embalagens de plástico polietileno de baixa densidade. As polpas de frutas pasteurizadas e envasadas foram

armazenadas a -18°C , até que as análises fossem executadas. Para isso, as amostras foram previamente descongeladas sob refrigeração (4°C).

4.3 Análises físicas das polpas de frutas

4.3.1 Microestrutura óptica

As amostras de polpas de frutas ($\sim 20\ \mu\text{L}$) foram depositadas de maneira dispersa em lâminas de vidro, com lamínulas, e foram observadas em microscópio óptico equipado com câmera digital (Sony DSC-WX50/B model, Manaus, Brasil). As imagens foram capturadas em quintuplicata, para cada amostra, através da lente objetiva de 10X (ROJAS *et al.*, 2016). Os testes de microscopia ótica foram executados no Laboratório de Microbiologia do IFMG - Campus Bambuí.

4.3.2 Sedimentação da polpa

A sedimentação das polpas de frutas foi avaliada utilizando provetas graduadas de 25 mL, preenchidas com a amostra e estocadas a 4°C (BOD TE391, Tecnal, Brasil). A sedimentação das amostras foi avaliada diariamente ao longo de 21 dias (simulando a vida de prateleira do produto). O Índice de Sedimentação (IS) (KUBO; AUGUSTO; CRISTIANINI, 2013) foi obtido de acordo com a Equação 1, sendo S o volume sedimentado, e V_0 , o volume inicial.

$$IS[\%] = \frac{S}{V_0} \cdot 100 \quad (1)$$

4.3.3 Turbidez da polpa

A turbidez da polpa foi analisada utilizando-se alíquotas de 6 mL, que foram centrifugadas a 3300g, por 10 minutos, a 25°C (FANEM, Centrífuga de Bancada Excelsa® II, 206 BL). O sobrenadante foi depositado em cubetas de 3 mL e analisado em espectrofotômetro de luz-visível (Varian Cary® 50 UV-Vis Spectrophotometer, EL04123295) na absorvância de 660 nm. A turbidez está relacionada diretamente à leitura obtida no espectrofotômetro (KUBO; AUGUSTO; CRISTIANINI, 2013).

4.3.4 Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi determinado por refratometria, utilizando-se refratômetro portátil (EEQ 9030), com compensação de temperatura automática a 25°C, e o resultado foi expresso em °Brix, conforme a Association of Official Agricultural Chemists - AOAC (2005).

4.3.5 Umidade

A umidade foi determinada segundo a técnica gravimétrica, na qual é empregado o calor em estufa ventilada, à temperatura de 105°C, até a obtenção de peso constante, segundo a Association of Official Agricultural Chemists - AOAC (2005).

4.4 Análises químicas das polpas de frutas

4.4.1 pH e acidez titulável

As análises de pH e acidez titulável foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do IFMG - *Campus* Bambuí.

O pH foi determinado por meio de potenciômetro, utilizando-se pHmetro digital de bancada (LUCA-210) (AOAC, 2005).

A acidez titulável foi quantificada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N, usando como indicador a fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2005). Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

4.4.2 Vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado por método colorimétrico, com 2,4-dinitrofenilhidrazina (2,4-DNPH), de acordo com Strohecker; Henning (1967). As amostras foram analisadas em espectrofotômetro à absorvância de 520 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de peso fresco. Esta análise foi executada no Laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

4.4.3 Carotenoides

A extração e a determinação dos carotenoides foram realizadas segundo técnica descrita por Rodriguez-Amaya (1999). Eles foram extraídos com acetona e éter e transferidos para um funil de separação, onde foram feitas sucessivas lavagens para eliminação da acetona. Ao final, o volume foi completado para 25 mL com éter de petróleo e feita a leitura no espectrofotômetro a 450 nm (betacaroteno) e 470 nm (licopeno). O teor de carotenoides foi expresso em miligramas de carotenoides por 100g da amostra, calculado a partir da Equação 2:

$$\beta\text{-carotene} = \frac{Abs \times V \times 10^3}{E^{1\%}_{1\text{cm}} \times P \times x} \quad (2)$$

Onde: Abs = Absorbância; Vvolume= volume total do extrato (25 ou 50 mL); =

$E^{1\%}$ = coeficiente de absorção do betacaroteno (maracujá e laranja) em PE = 2592.

$E^{1\%}$ = coeficiente de absorção do licopeno (goiaba) em PE = 3450.

Esta análise foi executada no Laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

4.5 Análises Estatísticas

Os resultados das análises de alterações físicas e químicas nas polpas de frutas foram avaliados segundo análise de variância ao nível de significância de 95%. No caso de significância ($p < 0,05$), as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey. As análises estatísticas foram executadas no software livre Sisvar (FERREIRA, 2010). Todos os experimentos foram conduzidos em três repetições, e as análises, executadas em triplicata.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação de microestrutura óptica nos diferentes tratamentos

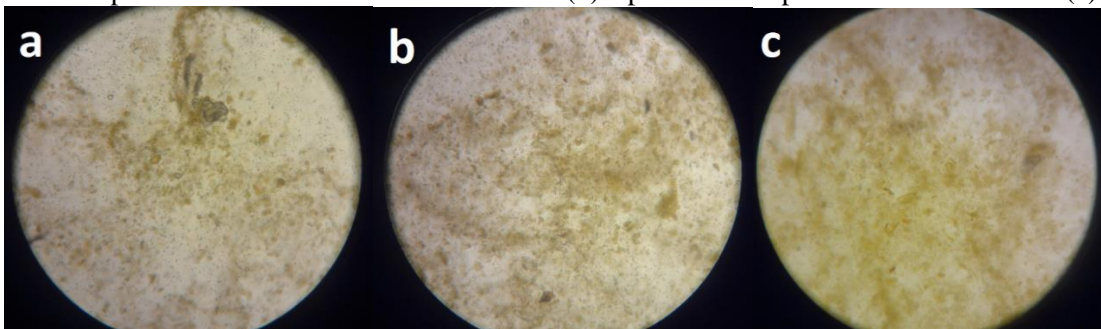
As Figuras 1, 2 e 3 mostram as microestruturas das polpas de maracujá, goiaba e laranja, respectivamente. A análise exploratória de amostras de polpas de frutas permitiu observar que são constituídas por uma fase contínua, composta por água e material solúvel

intracelular, obtido a partir do processamento mecânico de frutos, e por uma fase dispersa, composta por material particulado insolúvel (ROJAS *et al.*, 2016).

5.1.1 Polpa de maracujá

A polpa de maracujá tratada por micro-ondas (Figura 1 c) apresentou maior quantidade de material solúvel compondo a fase contínua, o que ocasionou um aspecto turvo na microfotografia desta fase. Além disso, observou-se aumento no tamanho médio do material particulado da fase dispersa, com formação de aglomerados. Ambas as características contribuíram para maior heterogeneidade em relação à polpa sem tratamento (Figura 1 a). A polpa de maracujá tratada por pasteurização convencional (Figura 1 b) apresentou aumento no número de partículas compondo a fase dispersa, sendo observada, ainda, a redução dos grumos e do tamanho médio do material particulado, em comparação à pasteurização por micro-ondas. A fase contínua, por sua vez, apresentou aspecto límpido, com pouco material solúvel, semelhantemente à amostra sem tratamento.

Figura 1- Microestrutura óptica da polpa de maracujá com aumento de 10X sem tratamento - ST (a), pasteurizada convencionalmente – CP (b) e pasteurizada por micro-ondas – MW (c).



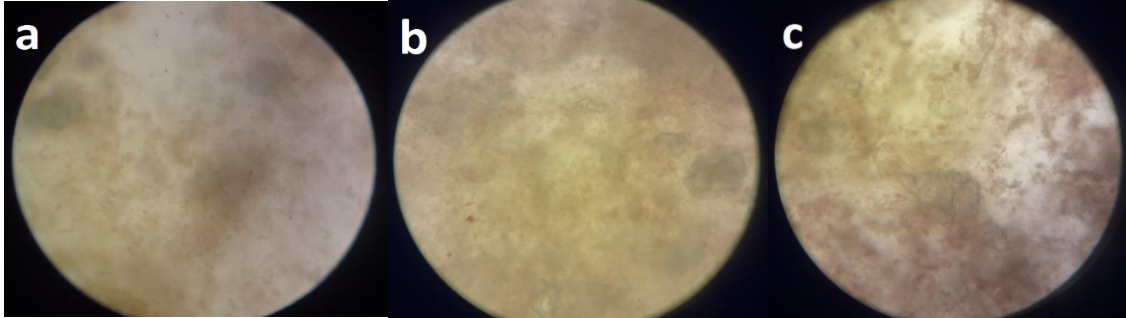
Fonte: Dos Autores (2019).

5.1.2 Polpa de goiaba

A polpa de goiaba pasteurizada convencionalmente (Figura 2 b) e aquela tratada por micro-ondas (Figura 2 c) exibiram distribuição uniforme entre parte contínua e dispersa, quando comparadas com a polpa sem tratamento (Figura 2 a), que apresentou partículas insolúveis aglomeradas suspensas na fase dispersa da polpa. Ambos os tratamentos de pasteurização promoveram a redução dos tamanhos das partículas insolúveis e a diminuição de grumos,

proporcionado a sua homogeneização. Resultado similar foi encontrado no estudo de Silva *et al.* (2010) com a polpa de abacaxi.

Figura 2 - Microestrutura óptica da polpa de goiaba com aumento de 10X sem tratamento - ST (a), pasteurizada convencionalmente - CP (b) e pasteurizada por micro-ondas - MW (c).

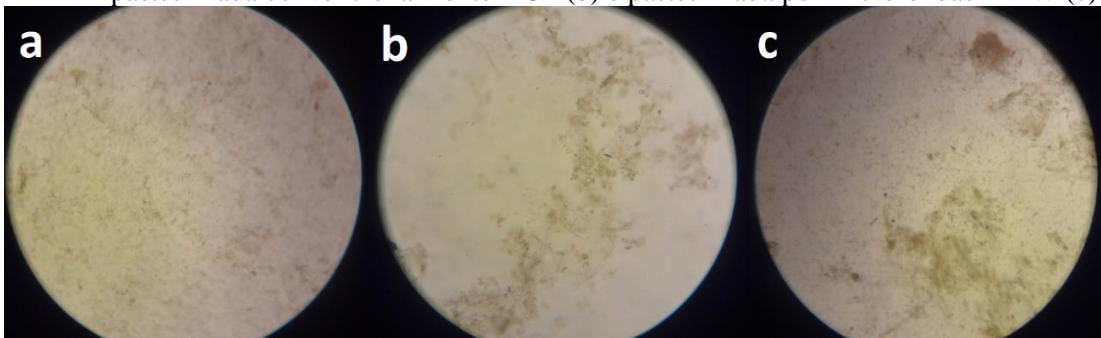


Fonte: Dos Autores (2019).

5.1.3 Polpa de laranja

Segundo Campoli *et al.* (2018), a polpa é constituída por células inteiras remanescentes e seus fragmentos, bem como por produtos de tecido. Portanto, após análise da Figura 3, nota-se que a microestrutura óptica da polpa de laranja, tratada por micro-ondas (Figura 3 c), apresentou maior número de partículas insolúveis compondo a fase dispersa, sendo observada, ainda, a redução dos grumos e do tamanho médio do material particulado. Esta redução de tamanho eleva o número de partículas individuais, levando a uma diminuição da distância média e a um aumento na área de superfície total das partículas. Por sua vez, a polpa de laranja, tratada por pasteurização convencional (Figura 3 b), apresentou menor quantidade de material disperso na fase contínua e aumento no tamanho médio do material particulado.

Figura 3 - Microestrutura óptica da polpa de laranja com aumento de 10X sem tratamento - ST (a), pasteurizada convencionalmente - CP (b) e pasteurizada por micro-ondas - MW (c).

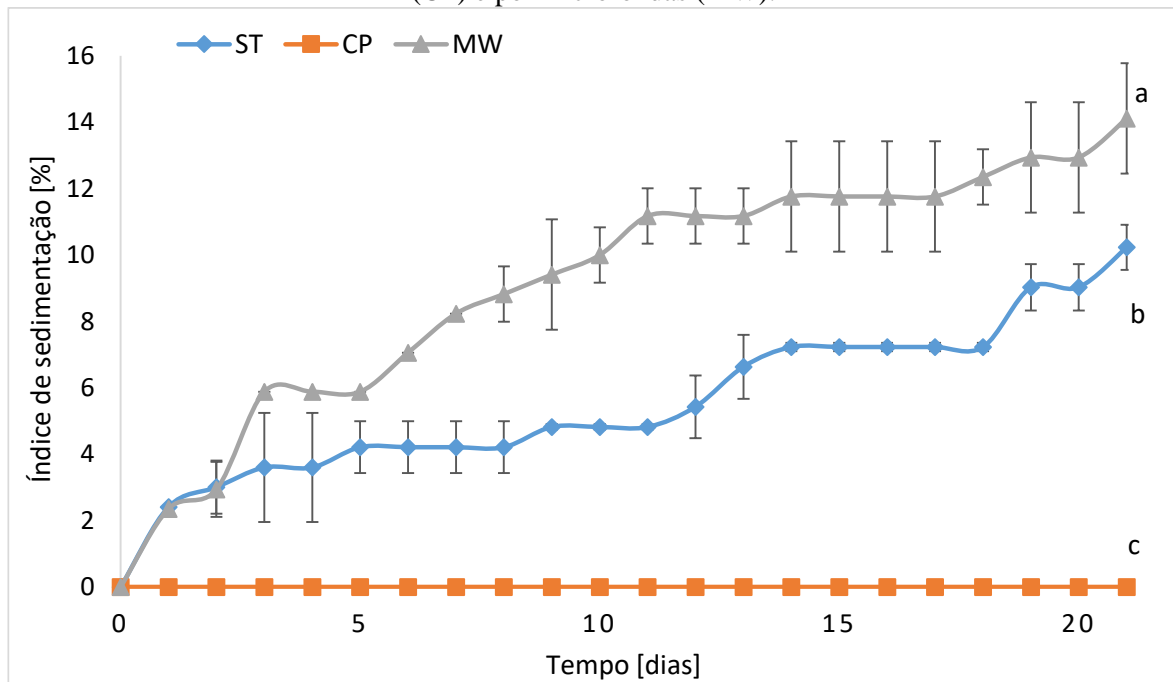


Fonte: Dos Autores (2019).

5.2 Avaliação da sedimentação das polpas

A sedimentação consiste na deposição gravitacional das partículas sólidas suspensas em um líquido (RETICENA, 2015). As cinéticas de sedimentação das polpas de frutas (Figuras 4 a 6) permitem verificar que maiores taxas de sedimentação foram observadas no primeiro dia de avaliação. Resultado semelhante foi observado por Vendrúsculo (2005) em seu estudo com o suco de carambola “*in natura*”. Ressalta-se que as polpas de maracujá e goiaba, convencionalmente pasteurizadas (CP), não sofreram sedimentação mesmo após 21 dias de análise. Os principais fatores que influenciam na sedimentação são o tamanho e a densidade das partículas e a viscosidade do meio. Quanto menor a diferença de densidade entre as fases contínua e dispersa, que compõem a polpa, menor será a velocidade de sedimentação, e, quanto mais viscosa a fase contínua da polpa, mais lentamente as partículas sedimentarão, de forma que a velocidade de sedimentação é inversamente proporcional à viscosidade do meio (RETICENA, 2015).

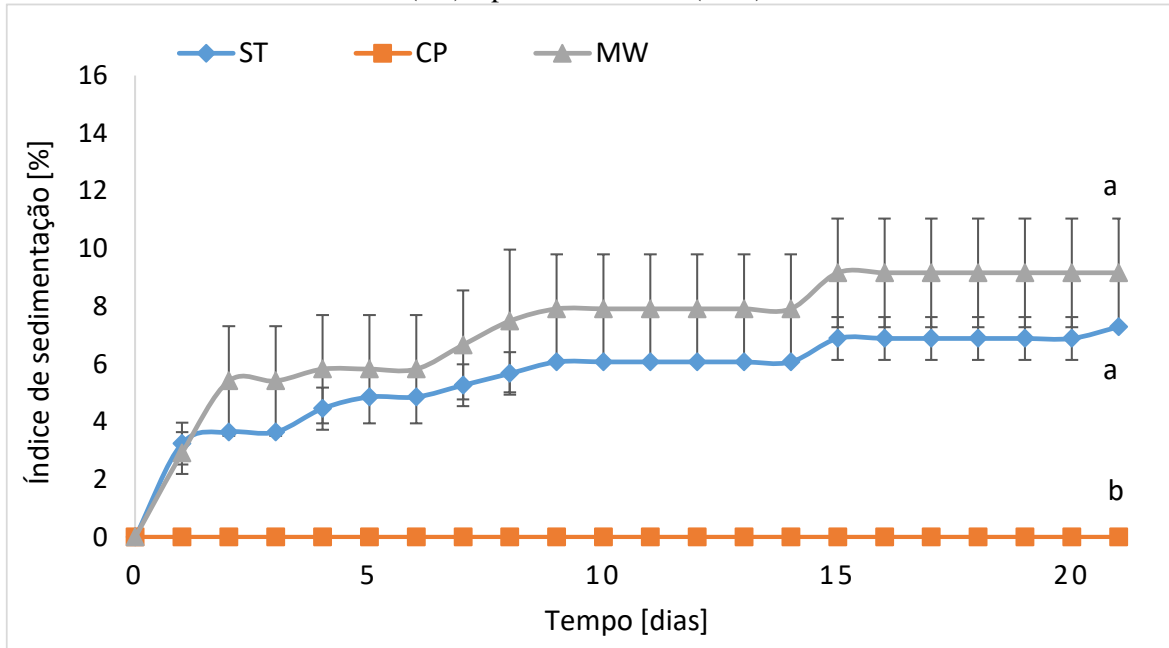
Figura 4 - Sedimentação da polpa de maracujá sem tratamento (ST), pasteurizada convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW).



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Dos Autores (2019).

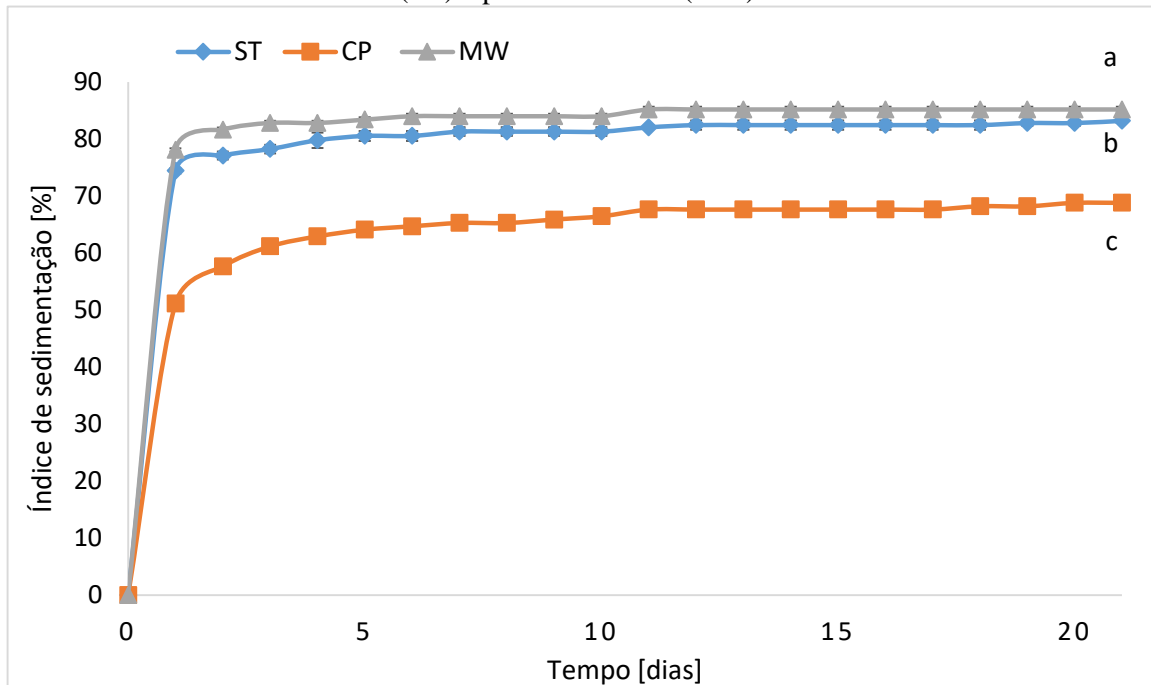
Figura 5 - Sedimentação da polpa de goiaba sem tratamento (ST), pasteurizada convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW).



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Dos Autores (2019).

Figura 6 - Sedimentação da polpa de laranja sem tratamento (ST), pasteurizada convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW).



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Dos Autores (2019).

A polpa de laranja (Figura 6) apresentou índice de sedimentação entre 50 e 80% após o primeiro dia de análise, para todas as amostras. Depois do terceiro dia de análise, o índice de sedimentação da polpa de laranja foi estabilizado, indicando um produto com índice de sedimentação maior que das demais polpas avaliadas. A elevada sedimentação da polpa de laranja pode ser atribuída às baixas viscosidade e densidade da fase contínua e ao reduzido tamanho das partículas, que facilitam a decantação dos sólidos da polpa (RETICENA, 2015). A polpa de laranja tratada convencionalmente apresentou índice de sedimentação de 68,82%, o menor entre as amostras de polpa de laranja.

A pasteurização por micro-ondas proporcionou maiores índices de sedimentação das polpas de maracujá e laranja ($p < 0,05$) (Figuras 4 e 6). Esse comportamento pode ser atribuído ao efeito dispersante das micro-ondas (ROJAS *et al.*, 2016), corroborando as observações nas microfotografias dos tratamentos com micro-ondas, onde foi notado aumento na quantidade de material solúvel compondo a fase contínua. Na polpa de goiaba (Figura 5), por sua vez, a aplicação de micro-ondas não incrementou a sedimentação da polpa, apresentando índice de sedimentação estatisticamente semelhante ao da polpa sem tratamento. Portanto, a pasteurização convencional proporcionou maior estabilidade nas polpas das três frutas - fato que pode ser atribuído à agitação mecânica aliada à exposição a temperaturas elevadas durante o tratamento térmico. Durante o processamento, intensas colisões entre as partículas podem ocasionar a união de partículas primárias, formando pequenos aglomerados porosos. Tais grânulos podem englobar parte da fase contínua da polpa, gerando grânulos hidratados de densidade próxima à da fase contínua. A elevada temperatura facilita a hidratação desses grânulos (ADIAMO *et al.*, 2018). Desta forma, adquirem estabilidade para se manterem em suspensão (VENDRÚSCOLO, 2005).

5.3 Avaliação da turbidez das polpas de frutas

Na Tabela 2, estão apresentados os valores referentes à turbidez das amostras sem tratamento, tratadas por pasteurização convencional e por micro-ondas, das polpas de maracujá, goiaba e laranja. Em relação à turbidez da polpa de maracujá, todos os tratamentos divergiram entre si ($p < 0,05$). Nas amostras submetidas à pasteurização por aplicação de calor, não foi possível fazer a leitura da turbidez no equipamento. O resultado elevado extrapolou a leitura, indicando, portanto, um alto coeficiente de turbidez. Esse fato pode ser atribuído a maior hidratação das partículas proporcionada pelo tratamento convencional, que aumentou a estabilidade da polpa, resultando em maior turbidez (TEIXEIRA, 2016; ADIAMO *et al.*, 2018).

A aplicação de micro-ondas influenciou no aumento da turbidez da polpa de maracujá ($p < 0,05$), porém, esse índice foi menor que nas amostras tratadas convencionalmente. A utilização de micro-ondas na pasteurização aumenta a dispersão física das partículas do produto (BENLLOCH *et al.*, 2015), em comparação com a polpa sem tratamento.

TABELA 2 - Turbidez das polpas de maracujá, goiaba e laranja, sem tratamento (ST), pasteurizadas convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW).

Tratamento	Turbidez [NTU]		
	Maracujá	Goiaba	Laranja
ST	1,58 ± 0,13 b	0,83 ± 0,04 b	0,29 ± 0,01 b
CP	L.E.*	2,30 ± 0,57 a	0,22 ± 0,01 c
MW	2,78 ± 0,19 a	1,12 ± 0,10 b	0,37 ± 0,01 a

Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$). * Leitura extrapolada.¹

Fonte: Dos Autores (2019).

Quanto à turbidez da polpa de goiaba, as amostras submetidas à aplicação de micro-ondas apresentaram turbidez semelhante à das amostras sem tratamento ($p > 0,05$). Esse comportamento pode ser atribuído ao efeito dispersante das micro-ondas, que provocam a branda ruptura das membranas, sem comprometer a estabilidade promovida pelo arranjo proteico das amostras (ROJAS *et al.*, 2016).

Entretanto, a pasteurização convencional acarretou aumento da turbidez. Modesta *et al.* (2004) obtiveram resultados semelhantes em seu estudo com suco de abacaxi, demonstrando que a pasteurização convencional é responsável pelo aumento da turbidez.

Resultado diferente foi observado na análise de turbidez da polpa de laranja (Tabela 2), onde o índice de turbidez foi menor que das outras polpas analisadas ($p < 0,05$). Este resultado está de acordo com a análise de sedimentação das polpas de laranja, onde maiores taxas de sedimentação implicam em menores índices de turbidez. Dentre os tratamentos das polpas de laranja, foi evidenciada uma maior turbidez nas polpas pasteurizadas por micro-ondas. A maior turbidez observada nas amostras tratadas por micro-ondas está em acordância com os resultados obtidos na microscopia ótica, onde foram observados maior teor de material disperso na fase

¹ NTU: Unidade Nefelométrica de Turbidez.

contínua e redução do tamanho dos aglomerados de partículas, conforme apresentado na Figura 3.

5.4 Análises de sólidos solúveis e umidade

A pasteurização convencional e por micro-ondas proporcionaram aumento no teor de sólidos solúveis e diminuição da umidade nas polpas das três frutas (Tabela 3), devido à evaporação parcial da água, proporcionada pela aplicação de calor. A intensa evaporação faz com que a amostra fique mais concentrada e, conseqüentemente, aumente o teor de sólidos solúveis (ZILLO *et al.*, 2014). Dessa forma, evidenciou-se uma menor perda de água nas amostras pasteurizadas por micro-ondas, sendo que ambas as polpas pasteurizadas (CP e MW) estão de acordo com os parâmetros de sólidos solúveis exigidos (BRASIL, 2016).

TABELA 3 - Análises de sólidos solúveis e umidade das polpas de maracujá, goiaba e laranja, sem tratamento (ST), pasteurizadas convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW).

Tratamento	Sólidos solúveis [°Brix]	Umidade [g de água/100g]
M-ST	10,83 ± 0,06 c	86,88 ± 0,06 a
M-CP	18,36 ± 0,15 a	79,37 ± 0,17 c
M-MW	13,73 ± 0,12 b	86,29 ± 0,09 b
G-ST	5,43 ± 0,15 c	89,45 ± 0,02 a
G-CP	14,27 ± 0,23 a	82,16 ± 0,04 b
G-MW	6,67 ± 0,12 b	89,05 ± 0,03 a
L-ST	7,83 ± 0,06 c	93,36 ± 0,04 a
L-CP	15,40 ± 0,20 a	87,55 ± 0,14 c
L-MW	13,80 ± 0,10 b	89,73 ± 0,71 b

As médias seguidas pela mesma letra, da mesma fruta e coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dos Autores (2019).

5.5 Avaliação das análises químicas das polpas

5.5.1 Análises de pH e acidez titulável

Os dados obtidos na Tabela 4 mostram que não houve diferença significativa do pH da polpa de maracujá submetida a diferentes tratamentos de pasteurização, sendo superiores ao valor de 2,7 requerido pela legislação (BRASIL, 2016). O pH da polpa de goiaba, sem tratamento e pasteurizada por micro-ondas, foi estatisticamente semelhante, sendo também superior ao valor de 3,5 exigido pela legislação (BRASIL, 2016). A variável pH da polpa de laranja submetida aos tratamentos de pasteurização convencional e por aplicação de micro-ondas não diferiu estatisticamente entre si. Ressalta-se que é de suma importância a determinação do pH para a formulação de produtos alimentícios, pois, quando superior a 4,5, pode favorecer o crescimento do microrganismo *Clostridium botulinum*, colocando em risco a vida do consumidor (DA SILVA *et al.*, 2005).

TABELA 4 - Análises de pH e acidez titulável das polpas de maracujá, goiaba e laranja, sem tratamento (ST), pasteurizadas convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW).

Tratamento	pH	Acidez titulável [g de ác. cítrico/100g]
M-ST	3,10 ± 0,03 a	4,03 ± 0,58 b
M-CP	3,10 ± 0,01 a	6,05 ± 0,46 a
M-MW	3,11 ± 0,01 a	4,91 ± 0,03 b
G-ST	3,77 ± 0,02 b	0,51 ± 0,04 b
G-CP	3,89 ± 0,01 a	0,85 ± 0,06 a
G-MW	3,77 ± 0,01 b	0,72 ± 0,05 a
L-ST	3,44 ± 0,02 a	1,41 ± 0,02 c
L-CP	3,40 ± 0,02 ba	1,98 ± 0,15 a
L-MW	3,40 ± 0,01 b	1,71 ± 0,03 b

As médias seguidas pela mesma letra, da mesma fruta e coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dos Autores (2019).

Segundo o Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) do suco de maracujá, definido pelo MAPA (BRASIL, 2016), a acidez total, expressa em ácido cítrico, deve ser de, no mínimo, 2,5g/100g. A aplicação de micro-ondas não alterou a acidez titulável da polpa de maracujá ($p > 0,05$) (Tabela 4). Por outro lado, a polpa pasteurizada convencionalmente apresentou elevação na acidez, em relação à polpa sem tratamento.

Os valores de acidez titulável da polpa de goiaba, pasteurizada convencionalmente e por micro-ondas, foram estatisticamente semelhantes e ficaram dentro dos padrões exigidos pela legislação, ou seja, superiores aos 0,4 g de ácido cítrico/100g. Segundo Moon *et al.* (2018), os teores de ácidos podem variar de 0,17g/100g a 3,6g/100g, expressos em ácido cítrico, dependendo das condições de cultivo, variedade e estágio de maturação do fruto, sendo priorizadas industrialmente goiabas com maiores conteúdos de ácidos orgânicos.

Quanto à polpa de laranja, é possível inferir que ambos os tratamentos aumentaram a sua acidez titulável ($p < 0,05$). O maior aumento foi observado nas amostras tratadas por aplicação direta de calor. Esse resultado pode ser atribuído à concentração dos ácidos orgânicos, associada à evaporação parcial da polpa e à degradação térmica das moléculas termossensíveis dos ácidos orgânicos, ocorrida durante a exposição a temperaturas elevadas (ADIAMO *et al.*, 2018). Resultados diferentes foram encontrados por Saeeduddin *et al.* (2015), que não observaram alterações significativas no suco de pera ao executar pasteurização convencional em várias temperaturas.

5.5.2 *Vitamina C*

O ácido ascórbico é uma molécula altamente instável, por isso sua retenção é considerada um índice de manutenção da qualidade nutricional durante o processamento e a estocagem (SUCUPIRA; XEREZ; DE SOUSA, 2015). De acordo com os dados apresentados na Tabela 5, os teores de ácido ascórbico das amostras de polpas de frutas submetidas a diferentes tratamentos de conservação são diferentes entre si ($p < 0,05$). É importante ressaltar que o tratamento por micro-ondas degradou menos a vitamina C, em relação à pasteurização convencional, para todas as frutas testadas. As alterações menos intensas, observadas nesse caso, foram atribuídas à termossensibilidade da vitamina C, pois, com o tratamento por micro-ondas, essas moléculas foram resguardadas. Resultado semelhante foi encontrado por Igual *et al.* (2014), que relataram maior retenção de ácido ascórbico no suco de toranja pasteurizado com o uso de micro-ondas, em comparação com a pasteurização por calor convencional.

TABELA 5 - Análise de vitamina C nas polpas de maracujá, goiaba e laranja, sem tratamento (ST), pasteurizadas convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW).

Tratamento	Vitamina C [mg/g]		
	Maracujá	Goiaba	Laranja
ST	31,34 ± 0,30 a	76,50 ± 0,38 a	65,42 ± 0,18 a
CP	8,00 ± 0,35 c	25,18 ± 0,27 c	5,90 ± 2,53 c
MW	15,82 ± 0,68 b	32,58 ± 1,89 b	39,93 ± 1,24 b

Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Dos Autores (2019).

5.5.3 Carotenoides

Nas polpas de maracujá e laranja, a maior quantidade de carotenoides presentes é na forma betacaroteno; já na polpa de goiaba, o carotenoide predominante é o licopeno (HAIDA *et al.*, 2015). Assim, a partir das análises realizadas, foi possível quantificar o teor de carotenoides predominante em cada polpa de fruta após o processamento térmico.

A aplicação da pasteurização nas polpas de frutas reduziu o teor de carotenoides (Tabela 6). Nas polpas de maracujá e laranja, submetidas à pasteurização convencional e por micro-ondas, o teor de carotenoides foi estatisticamente semelhante. Entretanto, na polpa de goiaba, o tratamento por micro-ondas proporcionou menor redução no teor de carotenoides se comparado com a pasteurização térmica convencional. Este resultado pode ser atribuído ao processamento térmico com aplicação direta de calor, pois, segundo Sucupira, Xerez e De Sousa (2015), a principal causa de perda de carotenoides é a degradação oxidativa, a qual depende da disponibilidade de oxigênio e é estimulada pela presença de calor. Resultados semelhantes foram encontrados por Benlloch *et al.* (2015), onde os carotenoides do purê de kiwi foram afetados mais ou menos igualmente por micro-ondas e pelo processamento convencional, ou seja, não houve diferenças estatisticamente significativas entre os processos de pasteurização por micro-ondas e convencionalmente.

TABELA 6 - Análise de carotenoides nas polpas de maracujá, goiaba e laranja, sem tratamento (ST), pasteurizadas convencionalmente (CP) e por micro-ondas (MW).

Tratamento	Carotenoides [$\mu\text{g/g}$]		
	Maracujá (Betacaroteno)	Goiaba (Licopeno)	Laranja (Betacaroteno)
ST	8,18 \pm 0,88 a	37,01 \pm 1,20 a	0,93 \pm 0,06 a
CP	0,43 \pm 0,00 b	4,06 \pm 1,72 c	0,15 \pm 0,01 b
MW	1,33 \pm 0,21 b	9,55 \pm 0,79 b	0,14 \pm 0,02 b

Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Dos Autores (2019).

6 CONCLUSÃO

Na análise de microestrutura óptica, os tratamentos térmicos convencional e por micro-ondas apresentaram distinções significativas nas polpas de maracujá e laranja. A pasteurização convencional proporcionou menor sedimentação e maior turbidez às polpas de maracujá e goiaba. Na polpa de laranja, no entanto, a maior turbidez foi observada no tratamento com micro-ondas.

A pasteurização convencional e por micro-ondas proporcionaram um aumento no teor de sólidos solúveis e diminuição da umidade nas polpas das três frutas. Quanto ao teor de pH, não houve diferença significativa do pH nas polpas de maracujá e laranja submetidas a diferentes tratamentos de pasteurização. Já na polpa de goiaba, a pasteurização convencional foi responsável pelo aumento do pH.

A aplicação de micro-ondas não alterou a acidez titulável da polpa de maracujá. Na polpa de goiaba, os valores de acidez titulável foram estatisticamente semelhantes para os dois tratamentos. Já na polpa de laranja, o tratamento por aplicação direta de calor incrementou na acidez titulável.

A aplicação do micro-ondas auxiliou na preservação de vitamina C, nas polpas das três frutas, e na preservação do teor de carotenoides da polpa de goiaba.

Deste modo, em relação à tecnologia de pasteurização que menos degradou a característica inicial do produto, o tratamento térmico com a utilização do micro-ondas foi mais eficiente nas polpas de maracujá, goiaba e laranja, em comparação à pasteurização térmica convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J. R.; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P.; PINHEIRO, A.C.M.; CORRÊA, A.D. 2012 - Ripening pattern of guava cv. Pedro Sato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.32, p.344-350.
- ADIAMO, Oladipupo Q. *et al.* Thermosonication process for optimal functional properties in carrot juice containing orange peel and pulp extracts. **Food chemistry**, v. 245, p. 79-88, 2018.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. Washington, p. 1715, 2005.
- BENLLOCH-TINOCO, M.; KAULMANN, A.; COTER-REAL, J.; RODRIGO, D.; MARTÍNEZNAVARRETE, 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**, v. 187, p. 254–262, 2015.
- BERTIN, Renata Labronici; SCHULZ, Mayara; AMANTE, Edna Regina. **Estabilidade de Vitaminas no Processamento de Alimentos: Uma Revisão**. 2016. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/53177/32560>>. Acesso em: 14 maio 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria n° 58 de 30 de agosto de 2016. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 01 de setembro de 2016. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/documentos/01_09-secao-1-portaria-58.pdf. Acesso: 15 de maio de 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução n° 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001.
- CAMPOLI, S. S. *et al.* Ultrasound processing of guava juice: Effect on structure, physical properties and lycopene in vitro accessibility. **Food Chemistry**, v. 268, p. 594–601, 1 dez. 2018.
- CAMPOS, Angélica Vieira Sousa. **Características físico-químicas e composição mineral da polpa de *Passiflora setacea***. 2010.
- CASTRO, T. M. N. *et al.* Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas. **Rev. Instituto Adolfo Lutz**. 30 dez. 2015.
- COELHO, A. A.; CENCI, S. A.; RESENDE, E. D. Rendimento em suco e resíduos do maracujá em função do tamanho dos frutos em diferentes pontos de colheita para o armazenamento. **Rev. Bras. Prod. Agroindustr.**, Campina Grande, v.13, n.1, p.55 – 63, 2011. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev131/Art1318.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

COELHO, Caroline Corrêa de Souza *et al.* Aplicação de Revestimento Filmogênico a Base de Amido de Mandioca e de Óleo de Cravo-Da-Índia na Conservação Pós-Colheita de Goiaba 'Pedro Sato'. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 6, p. 479-490, 2017.

CYPRIANO, D. Z. *et al.* Orange Biomass By-products. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 176–191, 2017.

DA SILVA, R. A. *et al.* Avaliação físico-química e sensorial de néctares de manga de diferentes marcas comercializadas em Fortaleza/CE. Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, **Ci. Agr. Eng.**, Ponta Grossa, v. 11, n. 3, p. 2126, dez. 2005.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; OLIVEIRA, E.J.; MACHADO, C.F.; PEIXOTO, J.R.; COSTA, A.M.; GUIMARÃES, T.G.; JUNQUEIRA, K.P. Caracterização de germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro assistidos por marcadores moleculares - fase II: resultados de pesquisa 2008-2012. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2014. (Documentos, no 324). p. 102.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Statistics Division (FAOSTAT)**: download data. FAOSTAT/FAO, 2013 e 2014. Acesso em 19 junho de 2019.

FERNANDES, B. C. **Desenvolvimento histórico da citricultura**. 2010. Monografia da Universidade estadual Paulista. Acesso: 20 de junho de 2019.

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

GOULA, A.M.; VERVERI, M.; ADAMOPOULOU, A.; KADERIDES, K. Green ultrasound assisted extraction of carotenoids from pomegranate wastes using vegetable oils. **Ultrasonics Sonochemistry**. v. 34, p. 821-830, 2016.

GRISKEY, Richard G. **Transport Phenomena and Unit Operations: A Combined Approach**. New York: John Wiley & Sons, Inc., p. 448, 2002.

HAIDA, Kimiyo Shimomura *et al.* **Compostos fenólicos e atividade antioxidante de goiaba (*Psidium guajava* L.) fresca e congelada**. 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA): Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. LSPA/IBGE, junho de 2015. Acesso em: 20 ago. 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Produção Agrícola nacional e regional**. Acesso em: 10 jun. 2019.

IGUAL, M. *et al.* Effect of thermal treatment and storage conditions on the physical and sensory properties of grapefruit juice. **Food and bioprocess technology**, v. 7, n. 1, p. 191-203, 2014.

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

JABBAR, S.; ABID, M.; HU, B.; HASHIM, M. M.; LEI, S.; WU, T.; ZENG, X. Exploring the potential of thermosonication in carrot juice processing. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 11, p. 7002-7013, 2015.

JABBARI, S.S. *et al.* Changes in lycopene content and quality of tomato juice during thermal processing by a nanofluid heating medium. **Journal of Food Engineering**, v. 230, p. 1–7, 1 ago. 2018.

JACQUES, A. C. *et al.* Sanitização com produto à Base de Cloro e com Ozônio: Efeito Sobre Compostos Bioativos de Amora-preta (*rubus fruticosus*) cv. Tupy. **Revista Ceres**, v. 62, n. 6, p. 507–515, dez. 2015.

KRUMREICH, Fernanda Döring *et al.* Intervenção do pH na viscosidade de néctar de goiaba. **Revista da Jornada da Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 623-638, 2016.

KUBO, M. T. K.; AUGUSTO, P. E. D.; CRISTIANINI, M. Effect of high pressure homogenization (HPH) on the physical stability of tomato juice. **Food Research International**, v. 51, n.1, p. 170–179, Apr. 2013.

LEONARDI, A.; WAQUIL, P. D. O emprego na indústria brasileira de alimentos: distribuição regional e tamanho das empresas. **RDE. Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 3, p. 279-314, 2017.

MAKILA, L.; LAAKSONEN, O.; KALLIO, H.; YANG, B. Effect of processing Technologies and storage conditions on stability of black currant juices with special focus on phenolic compounds and sensory properties. **Food Chemistry**, v. 221, p. 422-430, 2017.

MODESTA, R. C. D. *et al.* **Suco de Abacaxi: Avaliação Sensorial e Instrumental**. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2019.

MOON, P. *et al.* Assessment of fruit aroma for twenty-seven guava (*Psidium guajava*) accessions through three fruit developmental stages. **Scientia Horticulturae**, v. 238, p. 375–383, 19 ago. 2018.

NINGA, K. A. *et al.* Kinetics of enzymatic hydrolysis of pectinaceous matter in guava juice. **Journal of Food Engineering**, v. 221, p. 158–166, 2017.

OLIVEIRA, J. da S.; FALEIRO, Fábio Gelape; JUNQUEIRA, NTV. Importância dos maracujás (*Passiflora L. spp.*) e seu uso comercial. **Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2017.

OLIVEIRA, R. P. de; SCIVITTARO, W. B.; CASTRO, L. A. S. de; ROMBALDI, C. V.; MOURA, R.S.; SANTOS, V.X. **Frutas cítricas sanguíneas e de polpa vermelha**. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, v. 1, p. 32, 2012.

OSORIO, C.; CARRIAZO, J.G. - Thermal and structural study of guava (*Psidium guajava L.*) powder obtained b two dehydration methods. **Química Nova**, v.34, p.636-640, 2011.

OSORIO, Raissa Macedo Lacerda *et al.* Demandas Tecnológicas da Cadeia Produtiva de Laranja no Brasil. **Latin American Journal of Business Management**, v. 8, n. 2, 2017.

PINTO, R. O. M. **Avaliação da eficiência do processamento de água de coco por micro-ondas**. 2017. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) -Programa de Pós-Graduação. Faculdade de ciências farmacêuticas. Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2017.

RETICENA, Ketlyn de Oliveira. **Estudo do comportamento reológico da polpa de maracujá enriquecida com polpa de banana verde**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoids analysis in foods**. Washington: Ilsi, p119, 1999.

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.

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**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 4, p. 942-952, dezembro 2013.

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

SAIKIA, S.; MAHNOT, C.; MAHANTA, C. A comparative study on the effect of conventional thermal pasteurisation, microwave and ultrasound treatments on the antioxidant activity of five fruit juices. **Food Science and Tecnology International**, v. 22, n.4, p. 288–301, 2015.

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

SCREMIN, Fernanda Fabiane. **Influência do Estado de Maturação e das Etapas de Processamento na Reologia e Caracterização Físico-Química da Polpa de Goiaba (*Psidium guajava* L.) Pasteurizada**. 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/90235/242822.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

SILVA, C. E. F. *et al.* Importância da monitoração dos padrões de identidade e qualidade na indústria da polpa de fruta. **Journal Bioen. Food Science**, v. 3, n. 1, p. 17-26, 2016.

SILVA, D.S.; MAIA, G.A.; SOUSA, P.H.M.; FIGUEIREDO, R.W.; COSTA, J.M.C.; FONSECA, A.V.V. - Estabilidade de componentes bioativos do suco tropical de goiaba não adoçado obtido pelos processos de enchimento a quente e asséptico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 237-243, 2010.

SILVA, V. M. *et al.* Efeito da homogeneização na estabilidade da polpa de abacaxi. **Revista Internacional de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.45, n. 10, p. 2127 – 2133, 2010.

SINGH, R. Paul; HELDMAN, Dennis R. **Introduction to Food Engineering**: Food Science and Technology, International Series. 4. ed. London: Elsevier, p. 841, 2009.

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

SUCUPIRA, Natália Rocha; XEREZ, Ana Caroline Pinheiro; DE SOUSA, Paulo Henrique Machado. Perdas vitamínicas durante o tratamento térmico de alimentos. **Journal of Health Sciences**, v. 14, n. 2, 2015.

TANAKA, T.; SHNIMIZU, M.; MORIWAKI, H. Cancer chemoprevention by carotenoids. *Molecules*. v. 17, n. 3, p. 3202–3242, 2012.

TEIXEIRA, H. R. D. **Efeitos do ultrassom nas propriedades reológicas e microbiológicas da pasta de azeitona**. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) Programa de Pós-Graduação. Escola Superior Agrária de Bragança. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Bragança, p. 91, 2016.

VENDRÚSCOLO, A. T. **Comportamento reológico e estabilidade física de polpa de Carambola (*Averrhoa Carambola L.*)**. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina - Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Florianópolis, 2005.

VIDAL, Paula Camila Londolfo; FREITAS, Geysel. **Estudo da antioxidação celular através do uso da vitamina C**. 2015. Disponível em: <<http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/1611/1221>>. Acesso em: 09 de maio de 2019.

ZAGHDOUDIA, K.; FRAMBOISIER, X.; FROCHOT, C.; VANDERESSE, R.; BARTH, D.; KALTHOUM, J.C.; BLANCHARD, F.; GUIAVARC'H, Y. Response surface methodology applied to Supercritical Fluid Extraction (SFE) of carotenoids from Persimmon (*Diospyros kaki L.*). **Food Chemistry**. v. 19, p. 208-209, 2016.

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