

Nova tecnologia na conservação de polpa de frutas: alterações físicas, químicas e físico-químicas

Kênia Teixeira Manganelli ¹; Mônica Rocha de Sousa ²; Cíntia Cristina Aparecida de Mendonça ³; Kamilla Soares de Mendonça ⁴; Jefferson Luiz Gomes Corrêa ⁵; Gaby Patricia Terán Ortiz ⁶; Fernanda Gonçalves Carlos ⁷; Amanda Umbelina de Souza ⁸; Bruno Sousa Pereira ⁹

1 Kênia Teixeira Manganelli, Bolsista (IFMG), Graduanda em Engenharia de Alimentos, IFMG Campus Bambuí- MG;

keniamanganelli@hotmail.com

2 Mônica Rocha de Sousa, Graduanda em Engenharia de Alimentos, Instituto Federal de Minas Gerais campus Bambuí - MG

3 Cíntia Cristina Aparecida de Mendonça, Graduanda em Engenharia de Alimentos, Instituto Federal de Minas Gerais campus Bambuí - MG

4 Kamilla Soares de Mendonça: Pesquisador do IFMG, Campus Bambuí; kamilla.mendonca@ifmg.edu.br

5 Jefferson Luiz Gomes Corrêa, Docente, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Lavras - MG

6 Gaby Patricia Terán Ortiz, Docente, Departamento de Ciências Agrárias, Instituto Federal de Minas Gerais campus Bambuí - MG

7 Fernanda Gonçalves Carlos, Técnica do Laboratório de Microbiologia de Alimentos do IFMG campus Bambuí- MG

8 Amanda Umbelina de Souza, Engenheira de Alimentos, Universidade Federal de Lavras – MG

9 Bruno Sousa Pereira, Graduando em Engenharia de Alimentos, Instituto Federal de Minas Gerais campus Bambuí - MG

RESUMO

A conservação das polpas de frutas é feita com a aplicação de um 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, química e físico-química das polpas de frutas. As polpas de maracujá, laranja e goiaba 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. A aplicação de micro-ondas não alterou significativamente a turbidez da polpa de goiaba e maracujá, mas aumentou a turbidez da polpa de laranja. A microestrutura óptica das polpas revelaram distinções significativas na polpa de goiaba e laranja entre as polpas submetidas aos tratamentos convencional e micro-ondas, na polpa de maracujá o tratamento térmico não alterou a microestrutura. A sedimentação das polpas não foi afetada pelos tratamentos térmicos aplicados. De maneira geral as amostras tratadas por micro-ondas apresentaram menor teor de sólidos solúveis, maior umidade e menor acidez titulável em comparação com a pasteurização convencional. O teor de vitamina C e carotenoides de todas as polpas foi estatisticamente superior com a aplicação de micro-ondas comparado com a pasteurização convencional. Deste modo, o tratamento térmico com a utilização do micro-ondas foi mais eficiente nas polpas de goiaba, laranja e maracujá, se comparado com a pasteurização térmica convencional pois minimizou as alterações das características das polpas frescas.

INTRODUÇÃO:

O Brasil é um importante produtor de frutas. No entanto, a alta perecibilidade desses produtos gera grandes perdas desde a colheita até o consumo. O processamento das frutas na forma de polpa é, então, uma alternativa, para aumentar a vida útil, permitir o consumo fora da região de produção e, ainda, servir como matéria-prima para indústrias alimentícias de néctares, doces, geleias, sorvetes e outros. Além disso, devido à baixa complexidade do processo, a produção de polpas de frutas é uma alternativa para ampliar a renda da atividade frutícola (BUAINAIN; BATALHA, 2007).

A produção de polpa de fruta favorece a conservação e consumo. No entanto para a melhor conservação das polpas de frutas, a pasteurização térmica é executada a fim de inativar enzimas e eliminar microrganismos patogênicos e deterioradores, garantindo a segurança e prolongando a vida útil do produto.

Entretanto a pasteurização pode induzir alterações indesejáveis em produtos de fruta pela degradação térmica de compostos termossensíveis como vitaminas, antioxidantes e outros compostos bioativos (ELMNASSER et al., 2008). A literatura descreve uma vasta gama de tecnologias emergentes para o processamento alternativo de sucos de frutas, a fim de impedir danos indesejáveis no produto (DEDED; ALPAS; BAYINDIRLI, 2007; BUZRUL et al., 2008), tal como a utilização de micro-ondas. Além de outras vantagens esta tecnologia tem sido descrita como eficiente método de destruição microbiana, na redução na perda de nutrientes termolábeis e consumo de energia (CHEMAT; HUMA; KHAN, 2011).

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

METODOLOGIA:

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais campus Bambuí – IFMG em parceria com o laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Lavras – UFLA.

1. Preparo das amostras

Maracujá (*Passiflora edulis*), goiaba (*Psidium guajava*) e laranja (*Citrus sinensis*) foram adquiridos no comércio local de Bambuí, Minas Gerais. A produção da polpa foi realizada no setor de Processamento de Frutos do IFMG-Bambuí. As frutas foram selecionadas quanto à ausência de injúrias mecânicas e doenças. Em seguida foram pré-lavadas, sanitizada com hipoclorito de sódio (100 mg L^{-1} por 15 minutos) (JACQUES et al., 2015) e despulpadas em despulpadeira (Cofibras, Americana). Após despulpadas, foram coletadas amostras das frutas para realização das análises físicas, químicas e físico-químicas antes de realizar os tratamentos térmicos. O restante das polpas foram envasadas em sacos de polietileno de baixa densidade (100g por unidade) e congeladas a -18°C .

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

1.1 Tratamento de conservação das polpas

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

Tabela 1 – Planejamento dos tratamentos de conservação executados em polpas de Laranja, Maracujá e Goiaba.

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

1.1.1 Pasteurização por aplicação de calor:

As polpas convencionalmente pasteurizadas (CP) foram obtidas por aplicação direta de calor. 300 mL de cada polpa foram aquecidos em béqueres de vidro em banho termostático (521/2D, Nova Ética, Vargem Grande Paulista, Brasil) até atingir 30°C . O tratamento foi realizado no fogão até a amostra atingir 83°C por 5,40 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.

1.1.2 Pasteurização por aplicação de micro-ondas:

As polpas de frutas pasteurizadas por micro-ondas (MWP) foram obtidas através do aquecimento de 300 mL de polpa de fruta aquecido em béquer de vidro em banho termostático (521/2D, Nova Ética, Vargem Grande Paulista, Brasil) até atingir 30°C . Após atingir esta temperatura, cada amostra foi acondicionada no recipiente no interior de forno micro-ondas sob potência máxima por 5,40 minutos (CMN34, Consul, Joinville, 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, envasada 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 a execução de cada análise as amostras foram previamente descongeladas sob refrigeração (4°C).

1.2. Análises físicas das polpas de frutas

1.2.1 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, Brazil). 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.

1.2.2 Sedimentação da polpa

A sedimentação das polpas de frutas foi avaliada utilizando provetas graduadas de 25mL, preenchidas com a amostra e estocada a 25°C (BOD TE391, Tecnal, Brazil), 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) é obtido de acordo com a Equação 1:

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

Sendo S o volume sedimentado e V_0 o volume inicial.

1.2.3 Turbidez da polpa

A turbidez das polpas foram analisadas 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 660nm. A turbidez está relacionada diretamente à leitura obtida no espectrofotômetro (KUBO; AUGUSTO; CRISTIANINI, 2013).

1.3 Análises físico-químicas das polpas de frutas

1.3.1 Sólidos solúveis, acidez titulável e pH

As análises de sólidos solúveis, acidez titulável e pH foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do IFMG *campus* Bambuí.

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 $^{\circ}\text{Brix}$, conforme a Association of Official Agricultural Chemists - 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.

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

1.3.2 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).

1.4 Análises químicas das polpas de frutas

1.4.1 Vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado por método colorimétrico com 2,4-dinitrofenilhidrazina (2,4-DNPH) de acordo com Strohecker; Henning (1967). As amostras foram analisadas em espectrofotômetro a 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.

1.4.2 Carotenoides

A extração e determinação dos carotenoides foram realizadas segundo técnica descrita por Rodriguez-Amaya (1999). Extraídos com acetona e éter, transferido 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 leitura no espectrofotômetro a 450nm para amostras de laranja e maracujá, quantificando o betacaroteno, e em 470nm, em amostras de goiaba, quantificando o licopeno. O teor de carotenoides foi expresso em miligramas de carotenoides por 100g da amostra, calculados 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; V volume= volume total do extrato (25 ou 50 mL); =

$E^{1\%}$ = coeficiente de absorção do beta caroteno (laranja e maracujá) em PE e coeficiente de absorção do licopeno (goiaba) em PE.

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

1.5 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 o teste de Tukey. As análises estatísticas foram executadas utilizando o software livre Sisvar (FERREIRA, 2010). Todos os experimentos foram conduzidos em três repetições e as análises executadas em triplicata.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

2. Avaliação de microestrutura óptica nos diferentes tratamentos

2.1 Microestrutura óptica na polpa de laranja

A Figura 1, 2 e 3 mostra as microestruturas de polpas da laranja sem tratamento, pasteurizada com calor direto e tratada em micro-ondas. As amostras de polpa são constituídas por uma fase contínua, composta por água e material solúvel intracelular, obtido a partir da moagem de frutos, e por uma fase dispersa, cuja composição mudou para cada amostra processada.



Figura 1- Laranja sem tratamento.



Figura 2- Laranja PC.



Figura 3- Laranja MW.

A polpa tratada por micro-ondas apresentou maior quantidade de material disperso na fase contínua, sendo observado ainda a redução dos grumos e do tamanho médio do material particulado. Contribuindo para maior homogeneidade em relação à polpa sem tratamento. Esta redução de tamanho aumenta o número de partículas individuais levando a uma redução da distância média e um aumento na área de superfície total das partículas. Todo esse efeito se deve aos danos térmicos promovidos pelo tratamento, pela aplicação das micro-ondas (ROJAS et al., 2016). A polpa tratada por pasteurização convencional apresentou menor quantidade de material disperso na fase contínua e aumento no tamanho médio do material particulado.

2.2 Microestrutura óptica na polpa de goiaba



Figura 4- Goiaba sem tratamento.

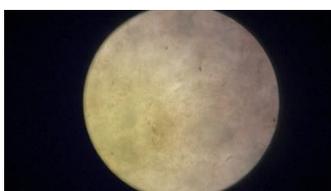


Figura 5- Goiaba CP.



Figura 6- Goiaba MW.

Nota-se que a microestrutura óptica da polpa de goiaba pasteurizada convencionalmente e aquela tratada por micro-ondas possuem distribuição uniforme entre parte contínua e dispersa, quando comparada com a polpa sem tratamento (Figura 4), que apresentou partículas maiores suspensas na polpa.

Ambos os tratamentos de pasteurização promoveram a redução dos tamanhos das partículas, promovendo a sua homogeneização. Resultado similar foi encontrado no estudo de Silva et al., (2010) com a polpa de abacaxi.

2.3 Microestrutura óptica na polpa de maracujá



Figura 7- Maracujá sem tratamento.



Figura 8- Maracujá CP



Figura 9- Maracujá MWP.

Quanto à avaliação da microestrutura óptica da polpa de maracujá sem tratamento térmico, pasteurizada pelo método convencional e micro-ondas. Podemos verificar, através das figuras, que não houve alteração relevante na dispersão das partículas das polpas com os diferentes tratamentos.

3. Avaliação da sedimentação das polpas

Tabela 1: Porcentagem de sedimentação das polpas.

Tratamentos	Maracujá	Laranja	Goiaba
Sem tratamento	15,66 ± 0,68 a	83,22 ± 0,38 a	7,29 ± 0,3 a
Convencional	0,4 ± 0,85 b	71,85 ± 0,21 b	-
Micro-ondas	15,10 ± 1,25 a	84,51 ± 0,25 a	8,11 ± 0,02 a

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

Fonte: Dos Autores (2019).

Segundo Krumreich et al. (2016), um fator decisivo para aceitação de sucos e néctares pelos consumidores é a aparência visual das bebidas, pois elas não devem apresentar sedimentação ou separação de fases. Assim, de acordo com a Tabela 1, na polpa de maracujá, laranja e goiaba a sedimentação com o tratamento por micro-ondas foi estatisticamente semelhante à polpa sem tratamento. Já o tratamento convencional proporcionou uma maior estabilidade nas polpas.

4. Avaliação da turbidez das polpas de frutas

4.1 Avaliação da turbidez da polpa de maracujá

Na Tabela 2 estão apresentados os valores referentes à turbidez das amostras sem tratamento, tratadas por pasteurização convencional e por micro-ondas.

Tabela 2: Avaliação da turbidez da polpa de maracujá.

Tratamentos	Turbidez (NTU)
Sem tratamento	1,58 ± 0,12 a
Convencional	L.E.*
Micro-ondas	1,85 ± 0,02 a

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

Fonte: Dos Autores (2019).

A turbidez das amostras submetidas à aplicação de micro-ondas apresentou valor de 1,85 NTU e não divergiu estatisticamente ($p < 0,05$) das amostras sem tratamento. A turbidez da bebida reflete diretamente do impacto de venda e comercialização da mesma. Portanto, quanto mais próxima do produto fresco, maior a qualidade associada a esse produto. 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).

Nas amostras submetidas à pasteurização por aplicação de calor, não foi possível fazer a leitura da turbidez no equipamento. O resultado muito elevado, extrapolou a leitura, indicando, portanto, um alto coeficiente de turbidez. Esse fato pode ser atribuído ao uso de temperaturas elevadas que desnaturam proteínas comprometendo a estabilidade na mesma, além de reduzir as propriedades nutricionais dos produtos (ADIAMO et al., 2018; TEIXEIRA, 2016).

4.2 Avaliação da turbidez da polpa de laranja

Tabela 3: Avaliação da turbidez da polpa de laranja.

Tratamentos	Turbidez [NTU]
Sem tratamento	0,29 ± 0,01 b
Convencional	0,22 ± 0,01 c
Micro-ondas	0,37 ± 0,01 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Dos Autores (2019).

Os resultados na análise de turbidez da laranja são apresentados na Tabela 3. Os tratamentos interferem na turbidez da polpa, sendo evidenciado 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 observou-se maior teor de material disperso na fase contínua e redução do tamanho dos aglomerados de partículas, conforme apresentado na Figura 3.

4.3 Avaliação da turbidez da polpa de goiaba

Tabela 4: Análise de turbidez da polpa de goiaba.

Tratamentos	Turbidez (NTU)
Sem tratamento	0,83 ± 0,04 b
Convencional	2,30 ± 0,57 a
Micro-ondas	1,12 ± 0,10 b

As médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Dos Autores (2019).

Na tabela 4 estão apresentados os resultados referentes a análise de turbidez da polpa de goiaba. A aplicação de micro-ondas não influenciou na turbidez da polpa de goiaba ($p < 0,05$), entretanto, a pasteurização convencional acarretou em aumento da turbidez. Esse fato pode ser atribuído ao uso de temperaturas elevadas que desnaturam proteínas comprometendo a estabilidade na mesma, além de reduzir as propriedades nutricionais dos produtos (ADIAMO et al., 2018). A utilização de micro-ondas na pasteurização leva à redução na degradação térmica do produto (BENLLOCH et al., 2015). Modesta et al., (2004) obtiveram resultados semelhante em seu estudo com suco de abacaxi, demonstrando que a pasteurização convencional é responsável pelo aumento da turbidez.

5. Avaliação físico-química das polpas de frutas

5.1 Avaliação físico-químicas da polpa de maracujá

A pasteurização convencional e por micro-ondas proporcionaram um aumento no teor de sólidos solúveis e diminuição da umidade (Tabela 5), 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). O Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) do suco de maracujá definido pelo MAPA (BRASIL, 2016), estabelece a concentração mínima de sólidos solúveis em 11°Brix e valores de pH entre 2,7 e 3,8. Portanto, as polpas de fruta estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação vigente.

O valor do pH da polpa submetida a diferentes tratamentos térmicos (Tabela 5), são estatisticamente semelhantes e estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. Visto que, é de suma importância a determinação do pH para a formulação de produtos alimentícios pois, quando superior a 4,5 pode favorecer ao crescimento do microrganismo *Clostridium botulinum*, colocando em risco a vida do consumidor (DA SILVA et al., 2005).

Tabela 5: Resultados das análises físico-químicas na polpa de maracujá.

Tratamentos	Sólidos solúveis (°Brix)	Umidade	pH	Acidez titulável (% ác. Cítrico)
Sem tratamento	10,83 ± 0,04 c	86,88 ± 0,03 a	3,10 ± 0,02 a	4,03 ± 0,47 b
Convencional	18,36 ± 0,12 a	79,37 ± 0,08 c	3,10 ± 0,00 a	6,05 ± 0,37 a
Micro-ondas	13,73 ± 0,04 b	86,29 ± 0,04 b	3,11 ± 0,01 a	4,91 ± 0,14 b

As médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, 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 no mínimo 2,5g/100g. A aplicação de micro-ondas não alterou a acidez titulável da polpa de maracujá ($p < 0,05$) (Tabela 5). Por outro lado, a polpa pasteurizada convencionalmente apresentou elevação na acidez, em relação à pasteurizada com micro-ondas. Scremin (2007), obteve resultados semelhantes em trabalho realizado com a caracterização físico-química da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) pasteurizada. Segundo este autor o aumento da acidez pode ser explicado pela ocorrência de reações bioquímicas, inter e intra moleculares, como ligações cruzadas e fixações de grupamentos ácidos, por ocasião da elevação da temperatura.

5.2 Avaliação físico-químicas da polpa de goiaba

Na tabela 6 estão apresentados os resultados referentes às análises físico-químicas da polpa de goiaba.

Tabela 6: Análises físico-químicas da polpa de goiaba.

Tratamentos	Sólidos solúveis (°Brix)	Umidade	pH	Acidez titulável (% ác. Cítrico)
Sem tratamento	5,43 ± 0,15 c	89,45 ± 0,02 a	3,77 ± 0,02 b	0,51 ± 0,04 b
Convencional	14,27 ± 0,23 a	82,16 ± 0,04 b	3,89 ± 0,01 a	0,85 ± 0,06 a
Micro-ondas	6,67 ± 0,11 b	89,05 ± 0,03 a	3,77 ± 0,01 b	0,72 ± 0,05 a

As médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Dos autores (2019).

O valor de sólidos solúveis (° Brix) para os diversos tratamentos da polpa de goiaba são considerados estatisticamente diferentes entre si ($p > 0,05$). Seus valores aumentaram de acordo com o tratamento térmico aplicado, visto que este tem influência no teor de sólidos solúveis (CASTRO et al., 2015). Os maiores valores de sólidos solúveis e menor teor de umidade, foram observados nas amostras que sofreram exposição direta ao calor (CP), este fato pode ser atribuído à concentração das amostras,

devido à perda de água durante o processo. Ambas as polpas pasteurizadas (CP e MWP) estão de acordo com os parâmetros de sólidos solúveis exigidos (BRASIL, 2016).

Para a variável pH, a polpa sem tratamento e pasteurizada por micro-ondas possuem resultados estatisticamente semelhantes, sendo superiores ao valor de 3,5 requerido pela legislação (Brasil, 2016).

Os valores de acidez titulável são superiores aos 0,4 g de ácido cítrico/100g de amostra referidos pela legislação, para todos os tratamentos. Entretanto, os valores de acidez da pasteurização convencional e pasteurização por micro-ondas são estatisticamente semelhantes. A acidez titulável é devida ao teor de ácidos orgânicos, predominantemente os ácidos cítrico e málico, em goiabas. Goiabas com maiores conteúdos de ácidos orgânicos são preferidas para uso industrial, devido, os teores de ácidos podem variar de 0,17g/100g a 3,6g/100g expressos em ácido cítrico (MOON et al., 2018), dependendo da variedade, condições de cultivo e estágio de maturação do fruto. Xavier et al. (2017) ao avaliar a caracterização físico-química de polpa de goiaba in natura encontrou valor de 0,26 g/100g de ácido cítrico. Segundo Castro et al., (2015) resultados de pH, acidez titulável e sólidos solúveis abaixo do preconizado pela legislação podem ser devidos à falta de padronização na maturação dos frutos.

5.3 Avaliação físico-químicas da polpa de laranja

Os resultados encontrados mostram que o pH das amostras de polpa de laranja submetidas aos tratamentos de pasteurização convencional e por aplicação de micro-ondas não diferiram estatisticamente entre si, como apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Análises físico-químicas da polpa de laranja.

Tratamentos	Sólidos solúveis (°Brix)	Umidade	pH	Acidez titulável (% ác. Cítrico)
Sem tratamento	7,83 ± 0,06 c	93,36 ± 0,04 a	3,44 ± 0,02 a	1,41 ± 0,02 c
Convencional	15,40 ± 0,20 a	87,55 ± 0,05 c	3,41 ± 0,01 ba	1,51 ± 0,15 b
Micro-ondas	13,80 ± 0,11 b	89,73 ± 0,03 b	3,40 ± 0,01 b	1,98 ± 0,07 a

As médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Dos Autores (2019).

Os valores encontrados no estudo mostram que o teor de sólidos solúveis, bem como o teor de umidade, diferiram estatisticamente em todos os tratamentos, sendo evidenciado, um maior teor de sólidos solúveis e menor umidade, na polpa pasteurizada por aplicação direta de calor. Da mesma forma, Zillo et al. (2014) relatam que a polpa processada não pasteurizada de uvaia apresentou valores médios menores que os encontrados na polpa processada pasteurizada, indicando que houve perda de água durante o processamento térmico e, conseqüentemente, concentração do teor de sólidos solúveis totais. Desta forma, evidenciou-se uma menor perda de água nas amostras pasteurizadas por micro-ondas.

Além disso, os resultados evidenciaram que as amostras sem tratamento e pasteurizadas convencionalmente e por micro-ondas, diferem estatisticamente em relação a variável acidez. Resultados diferentes foram encontrados por Saeeduddin et al. (2015) que não observaram alterações significativas no suco da pera, como resultado da pasteurização convencional em várias temperaturas.

6. Avaliação das análises químicas das polpas

6.1 Vitamina C

Tabela 8: Análise de vitamina C nas polpas de frutas.

Tratamentos	Maracujá	Laranja	Goiaba
Sem tratamento	31,34 ± 0,25 a	65,01 ± 0,71 a	77,06 ± 1,03 a
Convencional	7,41 ± 1,04 c	7,22 ± 1,64 c	26,58 ± 2,44 c
Micro-ondas	15,81 ± 0,58 b	39,93 ± 1,07 b	32,57 ± 1,07 b

As médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Dos autores (2019).

Segundo Bertin, Schulz e Amante (2016), as vitaminas são compostos sensíveis, podendo ser degradadas pela temperatura, presença de luz, oxigênio, umidade e pH. Assim, de acordo com a Tabela 8 podemos verificar que nas polpas de maracujá, laranja e goiaba os tratamentos são estatisticamente diferentes entre si. No entanto, é importante ressaltar que o tratamento por micro-ondas degradou menos a vitamina C, em relação a pasteurização convencional.

6.2 Carotenoides

Tabela 9: Teor de carotenoides nas polpas de frutas.

Tratamentos	Maracujá	Laranja	Goiaba
Sem tratamento	8,12 ± 0,91 a	0,92 ± 0,06 a	36,91 ± 1,21 a
Convencional	0,42 ± 0,01 c	0,14 ± 0,01 b	5,05 ± 0,08 c
Micro-ondas	1,33 ± 0,21 b	0,14 ± 0,02 b	9,59 ± 0,79 b

As médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Dos autores (2019).

Segundo Benlloch et al. (2015), a principal causa de perda de carotenoides é a degradação oxidativa, a qual depende da disponibilidade de oxigênio e é estimulada por vários fatores incluindo a presença de calor. Assim, de acordo com a Tabela 9, é possível verificar que com aplicação da pasteurização nas polpas de frutas, reduziu o teor de carotenoides. Entretanto, nas polpas de maracujá e goiaba o tratamento por micro-ondas proporcionou menor redução no teor de carotenoides se comparado com a pasteurização térmica convencional.

CONCLUSÕES:

A aplicação de micro-ondas não alterou significativamente a característica de turbidez da polpa de goiaba e maracujá, mas alterou a turbidez da polpa de laranja. Na análise de microestrutura óptica os tratamentos térmicos: convencional e micro-ondas apresentaram distinções significativas na polpa de goiaba e laranja, mas não apresentaram distinções na polpa de maracujá. Já análise de sedimentação das polpas, o tratamento por micro-ondas foi estatisticamente semelhante ao da polpa sem tratamento, tanto na polpa de maracujá, quanto na polpa laranja e goiaba.

Quanto as análises físico-químicas de sólidos solúveis, umidade, pH e acidez titulável, nas polpas de laranja, maracujá e goiaba, todas as análises diferiram entre si em relação ao tratamento aplicado. Com exceção da análise do pH na polpa de maracujá que foi semelhante com os diferentes tratamentos.

O teor de vitamina C, bem como o teor de carotenoides foi estatisticamente diferente em todos os tratamentos. Porém, com a aplicação de micro-ondas houve uma menor redução desses componentes se comparado com a pasteurização convencional.

Deste modo, com relação a 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 goiaba, laranja e maracujá, se comparado com a pasteurização térmica convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

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, 2005/1990. 1715 p.

BENLLOCH-TINOCO, M.; KAULMANN, A.; COTER-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**, v. 187, p. 254–262, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2000. 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: 24 junho 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria nº 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: 24 de junho de 2019.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília: IICA/MAPA/SPA. v.7, 2007. 102 p.

BUZRUL, S.; ALPAS, H.; LARGETEAU, A.; DEMAZEAU, G. Inactivation of Escherichia coli and Listeria innocua in kiwifruit and pineapple juices by high hydrostatic pressure. **International Journal of Food Microbiology**, v. 124, n. 3, p. 275-278, 10 jun. 2008.

CASTRO, T. M. N. et al. Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas. **Rev. Instituto Adolfo Lutz**. 30 dez. 2015.

CHEMAT, F.; HUMA, Z.; KHAN, M.K. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. **Ultrasonic Sonochemistry**, v. 18, n. 4, p. 813–835, jul. 2011.

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, 11 (3): 2126, dez. 2005.

DEDE, S.; ALPAS, H.; BAYINDIRLI, A. High hydrostatic pressure treatment and storage of carrot and tomato juices: Antioxidant activity and microbial safety. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 5, p. 773-782, 15 Apr. 2007.

ELMNASSER, N.; DALGALARRONDO, M.; ORANGE, N.; BAKHROUF, A.; HAERTLÉ, T.; FEDERIGHI, M.; CHOBERT, J. M. Effect of pulsed-light treatment on milk proteins and lipids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 6, p. 1984-1991, 2008.

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

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

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.

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

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

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.

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.

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, V. M. et al. Efeito da homogeneização na estabilidade da polpa de abacaxi. **Revista Internacional de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 45 (10) (2010) , pp. 2127 – 2133.

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

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

XAVIER, L. P. A. et al. **Análise Físico-Química e Sensorial da Polpa de Goiaba**. p. 8, 2017.

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.

Publicações:

A divulgação dos resultados obtidos no presente projeto foi feita através de publicações em eventos científicos dos anos de 2018 e 2019. Foram publicados 04 resumos expandidos apresentados na forma de poster no X Jornada de IC do IFMG e no Congresso Mineiro de Engenharia de Alimentos – CMEA.

- MANGANELLI, K. T. et al. **Avaliação Microbiológica e Físico-Química da Polpa De Maracujá**. XI Jornada Científica. Anais. In: XI JORNADA CIENTÍFICA. 7 nov. 2018. Disponível em: <https://sistemas.bambui.ifmg.edu.br/open_conference/index.php/jornadacientifica/jc2018/paper/viewFile/109/42>. Acesso em: 24 jun. 2019.
- MANGANELLI, K. T. et al. **Efeito dos Diferentes Tratamentos Térmicos nas Características Físicas da Polpa de Maracujá**. XI Jornada Científica. Anais. In: XI JORNADA CIENTÍFICA. 7 nov. 2018. Disponível em: <https://sistemas.bambui.ifmg.edu.br/open_conference/index.php/jornadacientifica/jc2018/paper/viewFile/125/46>. Acesso em: 24 jun. 2019.
- MENDONÇA, C. C. A. DE et al. **Avaliação de Parâmetros Físico -Químicos e Microbiológicos de Polpa de Goiaba (*Psidium guajava* L.)**. XI Jornada Científica. Anais. In: XI JORNADA CIENTÍFICA. 7 nov. 2018. Disponível em: <https://sistemas.bambui.ifmg.edu.br/open_conference/index.php/jornadacientifica/jc2018/paper/view/115>. Acesso em: 24 jun. 2019.

- SOUSA, M. R. DE et al. **Parâmetros de Qualidade da Polpa de Laranja**. XI Jornada Científica. Anais. In: XI JORNADA CIENTÍFICA. 7 nov. 2018. Disponível em: https://sistemas.bambui.ifmg.edu.br/open_conference/index.php/jornadacientifica/jc2018/paper/view/File/131/48>. Acesso em: 24 jun. 2019.
- MANGANELLI, Kênia Teixeira et al. **Utilização de Ondas Ultrassônicas na Conservação de Polpa de Maracujá**. Congresso Mineiro de Engenharia de Alimentos - UFLA. 2019.
- MANGANELLI, Kênia Teixeira et al. **Efeitos de Novas Tecnologias de Conservação nas Características Físico-Químicas da Polpa de Maracujá**. Congresso Mineiro de Engenharia de Alimentos - UFLA. 2019.
- MENDONÇA, C. C. A. DE et al. **Características Físicas da Polpa de Goiaba (*Psidium guajava* L.) Submetida à Pasteurização Convencional e Pasteurização por Micro-Ondas**. Congresso Mineiro de Engenharia de Alimentos - UFLA. 2019.
- MENDONÇA, C. C. A. DE et al. **Efeito da Pasteurização Convencional e por Micro-Ondas sobre as Características Físico-Químicas e Microbiológicas da Polpa de Goiaba (*Psidium guajava* L.)**. Congresso Mineiro de Engenharia de Alimentos - UFLA. 2019.
- SOUSA, M. R. DE et al. **Estudo Comparativo dos Efeitos da Pasteurização Convencional e por Micro-ondas nos Parâmetros Físicos da Polpa de Laranja**. Congresso Mineiro de Engenharia de Alimentos - UFLA. 2019.
- SOUSA, M. R. DE et al. **Sonicação e Pasteurização Convencional da Polpa de Laranja: Alterações Físico-Químicas**. Congresso Mineiro de Engenharia de Alimentos - UFLA. 2019.