

Estudo do processamento de geleia de melancia enriquecida com extratos de jabuticaba e extrato de sementes de chia: características físico-químicas e potencial antioxidante

Study of processing of watermelon jam enriched with jabuticaba extracts and chia seed extract: physico-chemical characteristics and antioxidant potential

Estudio del procesamiento de la mermelada de sandía enriquecida con extractos de jabuticaba y extracto de semilla de chía: características físico-químicas y potencial antioxidante

Recebido: 27/02/2020 | Revisado: 02/03/2020 | Aceito: 26/03/2020 | Publicado: 28/03/2020

Ilana Carneiro Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2588-7827>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: ilanarodrigues.ufg@gmail.com

Eduardo Ramirez Asquieri

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3312-8003>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: asquieri@gmail.com

Aline Gomes de Moura e Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1481-9434>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: aline.gms@gmail.com

Clarissa Damiani

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8507-0320>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: damianiclarissa@hotmail.com

Resumo

Objetivou-se com este trabalho, desenvolver geleia de melancia com três extratos de jabuticaba e extrato de sementes de chia (em substituição a uma parte da pectina) com a finalidade de estudar a capacidade antioxidante dos produtos, antes e após o processamento

térmico, assim como a determinação das características físico-químicas dos produtos obtidos. Foram feitos planejamentos experimentais para o desenvolvimento dos produtos, utilizando o programa Statsoft Statistica e para expressar os resultados em média \pm desvio padrão, o software Sisvar 5.6. Realizou-se a elaboração de quatro geleias: geleia de melancia; geleia enriquecida com extrato de Jabuticaba I - cascas e sementes (Geleia I); extrato de jabuticaba II – polpa sem filtração (Geleia II) e extrato de jabuticaba III - polpa filtrada (Geleia III). As três últimas com extrato de chia em substituição em parte a pectina. As análises realizadas nestes produtos consistiram em composição proximal, análise de pH, sólidos solúveis, acidez, atividade de água, análise colorimétrica e análise de capacidade antioxidante antes e após processamento (método DPPH, ABTS e FRAP). A legislação vigente não especifica parâmetros para as análises físico-químicas. Foram observadas perdas da sua capacidade antioxidantes nos três métodos, com perda significativa para geleia de melancia com 45 e 40%, respectivamente nos métodos DPPH e ABTS e perda de 23,5 a 40% nas geleias enriquecidas, pelo método DPPH. Não houve diferença significativa para as perdas nos ensaios ABTS e FRAP, que não ultrapassaram 10,5% para as geleias enriquecidas. Conclui-se que as geleias enriquecidas perderam quantidades não relevantes de compostos antioxidantes, evidenciando o efeito positivo da inserção dos extratos. Além disso o extrato de chia contribuiu de maneira positiva para a formação do gel e o extrato 1 (cascas e sementes) contribui notadamente no enriquecimento da geleia I, cerca de 309 vezes mais que na geleia de melancia, confirmando a hipótese planteada em nossos objetivos. Sugere-se mais pesquisas acerca da influência de parâmetros como tempo e temperatura e dos métodos *in vitro*, nos compostos bioativos com capacidade antioxidante.

Palavras-chave: Geleias; Capacidade antioxidante; Calor.

Abstract

The objective of this work was to develop watermelon jelly with three jabuticaba extracts and chia seed extract (to replace part of the pectin) in order to study the antioxidant capacity of the products, before and after thermal processing, as well as the determination of the physicochemical characteristics of the products obtained. Experimental plans were made for the development of the products, using the program Statsoft Statistica and to express the results in mean \pm standard deviation, the software Sisvar 5.6. Four jellies were elaborated: watermelon jelly; jelly enriched with Jabuticaba I extract - bark and seeds (Jelly I); jabuticaba II extract - unfiltered pulp (Jelly II) and jabuticaba III extract - filtered pulp (Jelly III). The last three with chia extract partially replacing pectin. The analyses performed on these

products consisted of proximal composition, pH analysis, soluble solids, acidity, water activity, colorimetric analysis and analysis of antioxidant capacity before and after processing (DPPH method, ABTS and FRAP). The current legislation does not specify parameters for physical-chemical analysis. Losses of its antioxidant capacity were observed in the three methods, with significant loss for watermelon jelly with 45 and 40%, respectively in the DPPH and ABTS methods and loss of 23.5 to 40% in enriched jellies, by the DPPH method. There was no significant difference for losses in the ABTS and FRAP tests, which did not exceed 10.5% for enriched jellies. It is concluded that enriched jellies lost non-relevant amounts of antioxidant compounds, highlighting the positive effect of inserting the extracts. In addition, chia extract contributed positively to the formation of the gel and extract 1 (peels and seeds) contributed notably to the enrichment of jelly I, about 309 times more than in watermelon jelly, confirming the hypothesis planted in our objectives. We suggest further research on the influence of parameters such as time and temperature and in vitro methods on bioactive compounds with antioxidant capacity.

Keywords: Jellies; Antioxidant capacity; Heat.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue desarrollar la gelatina de sandía con tres extractos de jabuticaba y extracto de semilla de chía (para sustituir parte de la pectina) con el fin de estudiar la capacidad antioxidante de los productos, antes y después del procesamiento térmico, así como la determinación de las características fisicoquímicas de los productos obtenidos. Se hicieron planes experimentales para el desarrollo de los productos, utilizando el programa Statsoft Statistica y para expresar los resultados en media \pm desviación estándar, el software Sisvar 5.6. Se prepararon cuatro jaleas: gelatina de sandía; gelatina enriquecida con extracto de Jabuticaba I - corteza y semillas (Gelatina I); extracto de jabuticaba II - pulpa sin filtrar (Gelatina II) y extracto de jabuticaba III - pulpa filtrada (Gelatina III). Los últimos tres con extracto de chía reemplazando parcialmente la pectina. Los análisis realizados en estos productos consistieron en la composición proximal, el análisis del pH, los sólidos solubles, la acidez, la actividad del agua, el análisis colorimétrico y el análisis de la capacidad antioxidante antes y después del procesamiento (método DPPH, ABTS y FRAP). La legislación vigente no especifica parámetros para el análisis físico-químico. Se observaron pérdidas de su capacidad antioxidante en los tres métodos, con una pérdida significativa para la gelatina de sandía con 45 y 40%, respectivamente en los métodos DPPH y ABTS y una pérdida de 23,5 a 40% en las gelatinas enriquecidas, por el método DPPH. No hubo una

diferencia significativa para las pérdidas en las pruebas ABTS y FRAP, que no superaron el 10,5% para las jaleas enriquecidas. Se concluye que las gelatinas enriquecidas perdieron cantidades no relevantes de compuestos antioxidantes, lo que pone de relieve el efecto positivo de la inserción de los extractos. Además, el extracto de chía contribuyó positivamente a la formación del gel y el extracto 1 (cáscaras y semillas) contribuyó notablemente al enriquecimiento de la gelatina I, unas 309 veces más que en la gelatina de sandía, confirmando la hipótesis plantada en nuestros objetivos. Sugerimos que se siga investigando la influencia de parámetros como el tiempo y la temperatura y los métodos in vitro en los compuestos bioactivos con capacidad antioxidante.

Palabras clave: Jaleas; Capacidad antioxidante; Calor.

1. Introdução

A maioria das frutas e vegetais, como a jabuticaba, melancia e a chia, contém compostos com potencial antioxidante. Antioxidantes podem controlar a auto oxidação, interrompendo a propagação de radicais livres ou inibindo diretamente sua formação. Esses antioxidantes podem, portanto, reduzir o estresse oxidativo, melhorar a função imunológica e aumentar a longevidade saudável (Tan et al., 2018). Por este motivo, é crescente o interesse em desenvolver e estudar produtos com estes compostos, com base na relação entre saúde e alimentação, destacando o consumo de antioxidantes naturais presentes nos alimentos, mesmo após sofrerem algum tipo de processamento térmico, como é o caso das geleias.

Geleias são produtos preparados com polpa/suco de frutas, açúcar, pectina, ácido e outros ingredientes, que permitem sua conservação por um período prolongado (Basu et al., 2013). Surgiram com o intuito de disponibilizar as frutas durante a entressafra, como produtos estáveis nas prateleiras. Além disso, é uma alternativa para minimizar o desperdício causado pela perecibilidade das frutas, como exemplo, a melancia e a jabuticaba.

A melancia (*Citrullus lanatus*) pertence à família das cucurbitáceas, sendo originária do continente Africano. É conhecida por desempenhar um papel eficaz na redução do estresse oxidativo através do licopeno, um tipo de carotenoide, com estrutura química composta por ligações duplas conjugadas, que são responsáveis por sua cor e por algumas de suas funções biológicas. Em estudos com furões e camundongos, os pesquisadores sugeriram que o licopeno, ou os metabólitos da suplementação com licopeno, podem ser agentes terapêuticos com possibilidade de auxiliar na prevenção de cânceres, como câncer de pulmão, câncer de

fígado, tumorigênese da pele e câncer de próstata, por meio de várias vias moleculares (Lim; Wang, 2020).

Pertencente à família *Myrtaceae*, a jabuticaba é uma espécie nativa do Brasil, seu consumo tem sido associado a diversos benefícios à saúde, inerentes à sua composição química, principalmente pelo conteúdo de polifenóis (Donado-Pestana et al., 2018; Wu et al., 2016). É comum sua aplicação em produtos como geleias, compotas e licores. Entretanto, para a elaboração de tais produtos, frações como, epicarpo e sementes são descartadas, representando cerca de 50% do volume total processado, e o fato é que o resíduo de epicarpo de jabuticaba é rico em compostos fenólicos, como antocianinas e derivados de ácido elágico (Morales et al., 2016; Neri-Numa et al., 2018).

A fibra alimentar oferece inúmeras propriedades benéficas para a saúde, seu consumo tem sido associado à prevenção de doenças cardiovasculares, obesidade e câncer e pode ser usada como prebiótico. Dependendo de seu comportamento em soluções aquosas, é classificada em solúvel, como mucilagens, pectinas, gomas, etc., e insolúveis como celulose, lignina entre outros (Lazaro et al., 2018). Devido a esse fato, o uso de fibras alimentares como enriquecedores ou substituintes em alimentos, para formação de gel em geleias, pode ser promissor para a indústria de alimentos. Nesse contexto, a mucilagem da chia ainda é pouco estudada.

A *Salvia hispanica* L., mais conhecida como semente de chia é uma planta oleaginosa anual que se originou da América Central e do Sul e pertence à família Lamiaceae (Anacleto et al., 2016). Sua popularidade cresceu nos últimos anos, devido às suas atividades de promoção da saúde descritas, que incluem efeitos cardioprotetores, antioxidantes, anticâncer e antimicrobianos (Muñoz et al., 2013; Ullah et al., 2016).

Diante disso, objetivou-se com este trabalho, desenvolver geleia de melancia com três extratos de jabuticaba e extrato de sementes de chia (em substituição a uma parte da pectina) com a finalidade de estudar a capacidade antioxidante dos produtos, antes e após o processamento térmico, assim como a determinação das características físico-químicas dos produtos obtidos.

2. Metodologia

2.1 Matérias-primas e reagentes

A melancia (variedade *Top Gun*) e as sementes de chia (*Salvia hispânica* L.) foram adquiridas no comércio varejista da cidade de Goiânia-GO nos meses de dezembro e julho/2019, respectivamente. As jaboticabas (variedade *Pingo de mel*) foram colhidas no mês de outubro/2017 e outubro/2018, 50 dias após o florescimento (fruto no estágio maduro) na Fazenda & Vinícola Jaboticabal, em Nova Fátima, distrito de Hidrolândia-GO a 35,6 km de Goiânia-GO (Latitude: -16.968, Longitude: -49.2317).

Os laboratórios onde foram conduzidos o processamento dos frutos e as análises experimentais foram da Universidade Federal de Goiás: Laboratório de Vegetais e Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia. Os reagentes e equipamentos utilizados foram disponibilizados por cada laboratório.

2.2 Processamento da jaboticaba

As jaboticabas colhidas foram acondicionadas em caixas de polietileno de 30 x 36 x 55 cm (altura, largura e comprimento) e transportadas, para o Laboratório de Vegetais do setor de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás. Os frutos foram selecionados (retirando impurezas e frutos danificados), lavados e sanitizados com solução de hipoclorito de sódio à 200 ppm por 15 minutos. Em seguida, encaminhados à despoldadeira (modelo Macanuda DM- SP1). A separação consistiu em passar os frutos, inteiros pela despoldadeira, com peneiras rotativas que separou a polpa, com a parte fibrosa da casca e semente. As cascas e sementes foram conduzidas à estufa de circulação a ar (modelo Q31M), na temperatura de 50°C até que estivessem secas com umidade de 12%. Logo depois, foram desintegradas em moinho (Tecnal modelo TE-64B), com peneiras de abertura 60 mesh e acondicionadas em sacos plásticos opacos. A polpa, foi colhida e armazenada em galões de polietileno de 20 L e acondicionadas imediatamente a câmara fria na temperatura de 9°C até o transporte ao Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos. Parte da polpa foi concentrada no dia posterior ao processamento e parte foi congelada a -18°C em freezer horizontal (modelo PFZ200B) até o momento de preparo dos extratos.

2.3 Preparação dos extratos

Foram preparados quatro tipos de extratos para enriquecimento da geleia, sendo três deles de jaboticaba e um a partir das sementes de chia. Foram denominados como:

- Extrato de jaboticaba I – cascas e sementes de jaboticaba submetidas à percolação, posteriormente a rotaevaporação e então submetidas a banho ultrassônico.

- Extrato de jabuticaba II – polpa de jabuticaba concentrada em fogão industrial
- Extrato de jabuticaba III – polpa de jabuticaba filtrada e congelada, concentrada em fogão industrial
- Extrato das sementes de chia – gel obtido pela maceração com agitação constante a 80°C e então centrifugadas para separação do gel das sementes.

2.3.1 Extrato de jabuticaba I (cascas e sementes)

A obtenção do extrato de cascas e sementes seguiu o proposto por Borges et al. (2017) com adaptações, usando 400 g da amostra: farinha de cascas e sementes. Antes de iniciar a etapa de percolação/lixiviação, foi necessário realizar o umedecimento homogêneo das amostras em 2 L do solvente (álcool 60%) e deixado por maceração (agitação constante) em um período de 24h à temperatura ambiente (25°C). Após esta técnica, o produto macerado foi adicionado no percolador, acomodado em camadas de algodão e papel filtro e o volume foi completado para 2 L com o solvente. O processo de percolação ocorreu durante 72 horas, e o extrato resultante do processo foi retornado 3 vezes ao percolador iniciando o ciclo novamente. Após o último ciclo, foi adicionado 1 litro do solvente límpido para extração de todo composto bioativo residual presente nas amostras. Os extratos percolados foram concentrados em rotaevaporador a 45°C, até a remoção de 95% do solvente extrator (álcool 60%) e, posteriormente, colocados em banho ultrassônicos a 30°C por 30 min para aumentar a extração dos compostos bioativos. Esta extração ocorreu pela ruptura das paredes celulares, com consequente aumento da transferência de massa do conteúdo celular para o solvente, causado por colapso das bolhas produzidas pelo processo de cavitação (Rodrigues; Pinto, 2007).

2.3.2 Extrato de jabuticaba II (polpa sem filtração)

Este extrato foi preparado a partir da concentração da polpa *in natura*, (frutas da safra de 2018) e concentrada em fogão industrial até os sólidos solúveis atingirem 73 °Brix à temperatura não superior a 98°C. Após a concentração o extrato foi acondicionado em sacos de polietileno e armazenados em freezer a -18°C.

2.3.3 Extrato de jabuticaba iii (polpa com filtração)

A polpa utilizada neste extrato era de frutos colhidos na safra de 2017, advindos de uma pesquisa precedente onde o foco eram as cascas e sementes, resultando como descarte a

polpa. Esta polpa foi filtrada e então congelada, em galões de polietileno revestidos com folha laminada, por cerca de 12 meses. O descongelamento foi feito em resfriamento à 10°C por cerca de 48 horas e posteriormente foi realizada a concentração em fogão industrial até a obtenção de 46 °Brix à temperatura não superior a 98°C.

2.3.4 Extrato das sementes de chia

O procedimento para a extração desta mucilagem foi segundo Muñoz (2012), e consistiu em 800 mL de água destilada aquecida até 80°C, em seguida foi adicionado 100 g de sementes de chia, deixados em agitação constante (\pm 600 rpm) durante 2 horas. Após isso, a mistura (água e sementes de chia) foi centrifugada por 10 minutos a 20°C em uma rotação de 7000 rpm. O extrato das sementes de chia foi envasada em recipientes de vidro e congeladas em freezer a -18°C.

2.4 Preparação do suco filtrado de melancia

A escolha pelo uso do suco de melancia filtrado se deve ao fato de que, na polpa encontra-se a parte fibrosa que, compromete a qualidade da geleia, impedindo a translucidez da mesma. Em pré-testes realizados com a polpa, pôde-se constatar este fato. A melancia foi submetida ao processo de lavagem e desinfecção com hipoclorito de sódio a 200 ppm. Após, foi feito o corte na fruta e então as sementes foram separadas manualmente com o auxílio de uma faca inox. A polpa foi pesada e em seguida triturada em liquidificador industrial (Metvisa LQL 4) e filtrada em tela de poliamida (ASTM-HD de 500 micra e com diâmetro de 315 mm e número de fios de 12,3).

2.5 Planejamento experimental da geleia de melancia

Foi feito um planejamento experimental para a melhor formulação da geleia de melancia usando o programa STATSOFT STATISTICA 12.5, consistindo em pontos fatoriais em dois níveis (-1 e 1) e ponto central (0). As quantidades de pectina e ácido e os valores de sólidos solúveis (°Brix) foram escolhidas como variáveis independentes e classificadas em valor mínimo (-1), central ou médio (0) e máximo (1) (Tabela 1). Os níveis selecionados foram baseados em cálculos e conhecimentos disponíveis na literatura.

Tabela 1. Fatores e níveis do planejamento experimental da geleia de melancia.

Fatores	Nível de fator		
	-1	0	1
Sólidos solúveis (° Brix)	68	69	70
Pectina (%)	1	1,2	1,5
Ácido cítrico (%)	0,2	0,4	0,5

O planejamento experimental apresentou as proporções de pectina, ácido e o °Brix final do produto. Foram feitos os 17 tratamentos em laboratório e as proporções de cada ingrediente foram 39,5% de suco filtrado de melancia; 59,3% de sacarose; 1% de pectina e 0,2% de ácido (Tabela 2). Dos testes realizados segundo este planejamento, chegou-se a melhor formulação como sendo a de número 5, que visivelmente mais se assemelhava as características de uma geleia comercial. A formulação foi preparada com base no Planejamento experimental e em dados da literatura (Jackix, 1988).

Tabela 2. Planejamento experimental DCCR da formulação da geleia de melancia.

Tratamentos	Sólidos Solúveis (°Brix)	Pectina (%)	Ácido (%)
1	68,00	1,00	0,20
2	68,00	1,00	0,50
3	68,00	1,50	0,20
4	68,00	1,50	0,50
5	70,00	1,00	0,20
6	70,00	1,00	0,50
7	70,00	1,50	0,20

8	70,00	1,50	0,50
9	69,00	1,20	0,40
10	70,00	1,20	0,40
11	68,00	1,50	0,20
12	69,00	0,50	0,40
13	69,00	1,20	0,40
14	69,00	1,20	0,50
15	69,00	1,20	0,40
16	69,00	1,20	0,40
17	69,00	1,20	0,40

2.6 Produção da geleia de melancia

A melancia passou pelo processo de lavagem e sanitização com hipoclorito de sódio a 200 ppm. Após isso, foi feito o corte na fruta e então as sementes foram separadas manualmente com auxílio de uma faca inox. A polpa foi pesada e em seguida levada ao liquidificador industrial (Skymsem LI-1,5-N) para a trituração. Em seguida, o suco foi filtrado em tela de poliamida (ASTM- HD), de 500 micra e com diâmetro de 315 mm e número de fios de 12,3, com o objetivo de reter as fibras da fruta.

Adicionou-se o suco de melancia, juntamente com um terço da sacarose (calculada previamente), homogeneizou-se a mistura com o auxílio de uma espátula de aço inox, e mediu-se o teor de sólidos solúveis com refratômetro de bancada (Shimadzu Milton Roy), onde foi colocado de 3 a 4 gotas da mistura no prisma do equipamento. Foi adicionado água potável até a redução para 20 °Brix. Neste momento, a solução foi submetida ao aquecimento, até início da ebulição, momento no qual adicionou-se mais um terço da sacarose, previamente homogeneizado com a pectina, com o auxílio de um bastão de vidro. Quando nova ebulição, adicionou-se o restante da sacarose e esperou-se concentrar até 60 °Brix. Em seguida, foi adicionado o ácido cítrico (0,2 %), diluído em água potável, e a concentração da mistura prosseguiu até 70 °Brix. Para o envase da geleia, utilizou-se potes de vidro previamente

lavados com sabão neutro e esterilizados água quente. O produto foi envasado a cerca de 85 °C, e para melhor fechamento, os potes foram invertidos por 5 minutos. O rendimento da geleia de melancia foi de 72% e o tempo de preparo de aproximadamente 17 min.

2.7 Planejamento experimental das geleias enriquecidas

Foi realizado um planejamento experimental para a melhor formulação da geleia de melancia enriquecida usando o programa STATSOFT STATISTICA 12.5, consistindo em pontos fatoriais em dois níveis (-1 e 1) e ponto central (0). As concentrações de extratos de jabuticaba e chia foram escolhidas como variáveis independentes e classificadas em valor mínimo (-1), central ou médio (0) e máximo (1) (Tabela 3). Os níveis selecionados foram baseados em conhecimentos disponíveis na literatura acerca de limites de enriquecimento.

Tabela 3. Fatores e níveis do planejamento experimental da geleia de melancia enriquecida com os extratos de jabuticaba e chia.

Fatores	Nível de fator		
	-1	0	1
Extratos de jabuticaba (%)	1	3	5
Extrato de chia (%)	2	3	4

Tabela 4. Planejamento experimental DCCR da formulação da geleia de melancia enriquecida com os extratos de jabuticaba e chia.

Tratamentos	Extrato de jabuticaba (%)	Extrato de chia (%)
1	1,00	2,00
2	1,00	4,00
3	5,00	2,00
4	1,00	4,00

5	5,00	3,00
6	5,00	3,00
7	3,00	2,00
8	3,00	4,00
9 (C)	3,00	3,00
10 (C)	3,00	3,00
11 (C)	3,00	3,00

2.8 Produção das geleias enriquecidas

A porcentagem indicada no planejamento experimental de extratos de jabuticaba (I, II e III e de chia), foi adicionado no suco filtrado de melancia, o extrato de sementes de chia foi substituída pela quantidade de pectina, todos em relação a formulação original. O procedimento para produção das geleias enriquecidas seguiu-se da mesma forma que para geleia de melancia sem os extratos, e o acréscimo de todos os três extratos de jabuticaba e do extrato de chia em seus respectivos produtos, aconteceu quando o °Brix da mistura atingiram 50 °Brix, antes da inserção do ácido que acontecia quando a mistura dos ingredientes chegasse a 60 °Brix. A todas as geleias elaboradas foram adicionadas extrato de chia, tendo somente o diferencial de cada produtos os extratos de jabuticaba. O primeiro foi denominado Geleia I, o produto enriquecido com o Extrato I (cascas e sementes); o segundo Geleia II, o produto enriquecido com o Extrato II (polpa sem filtração) e o terceiro, Geleia III enriquecida com o Extrato III (polpa filtrada).

Foram feitos em laboratório todos os 11 tratamentos e, visivelmente o que obteve coloração mais intensa e o comportamento do gel mais aparente a de uma geleia comercial foi a formulação 3 (5% de cada Extrato de Jabuticaba e 2% Extrato de chia). O tempo de preparo para cada geleia enriquecida foi o mesmo para a geleia de melancia (cerca de 17 minutos).

2.9 Caracterização físico-químicas da geleia de melancia e das geleias enriquecidas

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa à 105°C, até peso constante. A determinação de cinzas foi realizada pelo método gravimétrico de incineração, em forno mufla a 550°C. A análise de proteínas foi feita pelo método de

Kjeldahl, por determinação do nitrogênio considerando, o fator de conversão para proteína bruta de 6,25. O teor de lipídeos totais foi determinado por meio do Método de Bligh-Dyer (1959), que se baseia na mistura de três solventes: água, metanol e clorofórmio (AOAC, 2010). O teor de carboidratos foi calculado por diferença, por meio da Equação 1:

$$\% \text{ carboidratos} = 100 - (\% \text{ cinzas} + \% \text{ lipídeos} + \% \text{ umidade} + \% \text{ proteínas})$$

(Equação 1)

O valor energético foi calculado por meio da utilização dos coeficientes de ATWATER (carboidratos = 4,0 Kcal/g; lipídeos = 9,0 Kcal/g; proteínas = 4,0 Kcal/g) (Merril; Watt, 1973).

A determinação do pH foi feita com potenciômetro digital (Micronal B474). O aparelho foi calibrado com solução tampão de pH 4,0 e 7,0. A medida de pH consistiu em pesar 10 g de cada amostra e transferir para um erlenmeyer com auxílio de 100 mL de água recentemente fervida. O conteúdo do frasco foi agitado manualmente até que as partículas ficassem uniformemente suspensas. A agitação manual continuou ocasionalmente por 30 minutos, logo após a medição foi realizada por imersão do bulbo na solução. A medição dos sólidos solúveis foram por refratometria, utilizando refratômetro (Milton Ray). O equipamento foi calibrado com água destilada e em seguida transferiu-se pequena quantidade das amostras para o prisma do equipamento. A leitura dos °Brix foi feita diretamente na escala do refratômetro. Acidez total titulável foi fundamentada na reação de neutralização de ácidos com solução de álcali, até o ponto de equivalência com o uso de indicador fenolftaleína. Para determinar a atividade de água nas amostras, foi utilizado o medidor de atividade de água Aqualab (modelo Lab-Swift). As análises foram feitas em triplicata a uma temperatura de 25°C. Todas as análises foram feitas conforme AOAC (2010).

A cor foi determinada usando o colorímetro Minolta CR-400, no modo CIE L*, a* e b*. A coordenada L* representa quão mais claro ou mais escuro está a amostra, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco). A partir da coordenada a* e b* foram calculados o ângulo Hue e Croma usando as seguintes equações:

$$^{\circ}\text{Hue} = \text{arctang}(a, b) * 180/\pi \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{Croma} = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (\text{Equação 3})$$

2.10 Capacidade antioxidante dos extratos obtidos, do suco de melancia filtrado, da geleia de melancia e das geleias enriquecidas

Todos os extratos (Extrato I, II e III de jabuticaba e o Extrato de chia), o suco de melancia filtrado, a geleia de melancia e as três geleias enriquecidas foram analisadas quanto à sua capacidade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP), a fim de comparar o quanto o tratamento térmico influencia na perda de antioxidantes. O etanol 70% foi utilizado para os extratos das amostras.

2.10.1 Método DPPH

A medida da atividade sequestrante do radical DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazida) foi realizada de acordo com Roesler et al. (2007). O padrão utilizado foi o Trolox e o radical livre usado foi feito com o DPPH (0,004% m/v). A capacidade de sequestrar radicais livres foi calculada com base no decréscimo da absorbância observada. A leitura da absorbância foi realizada a 517 nm. A curva padrão foi construída a partir dos valores calculados da porcentagem de inibição do Trolox versus concentração do Trolox. O resultado foi expresso em valores μMol de equivalentes de Trolox/g de amostra. A amostra foi preparada em etanol 70% na concentração de 10 mg ou $\mu\text{L/mL}$, foi levada ao banho ultrassônico a 10 °C durante 30 minutos. Posteriormente, foram diluídas em diferentes concentrações (extrato puro + 12 diluições seriadas, tomadas 0,5 mL de cada diluição + 0,5 mL de etanol em tubos do tipo eppendorff). A reação da amostra aconteceu pipetando 200 μL de cada eppendorff com 1000 μL de DPPH, deixando em repouso por 30 minutos sem incidência de luz. Após isso, foram feitas as leituras em espectrofotômetro a 517 nm e escolhida a melhor absorbância da amostra que se encontrava no centro da curva padrão e então, efetuou-se os cálculos.

2.10.2 Método ABTS

A análise do potencial antioxidante por ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico), conforme descrito por Leite et al. (2011). O padrão utilizado foi o Trolox e a atividade antioxidante foi determinada através do ensaio com ABTS^+ , obtido pela reação com persulfato de sódio, com repouso de 16 horas. A capacidade de sequestrar radicais livres foi calculada com base no decréscimo da absorbância observada. A leitura da absorbância foi realizada a 734 nm. O resultado foi expresso em valores de TEAC (Capacidade Antioxidante

Equivalente a Trolox), definidos em μMol de equivalentes de Trolox/g de amostra. A amostra foi preparada em etanol 70% na concentração de 10 mg ou $\mu\text{L}/\text{mL}$, foi levada ao banho ultrassônico a 10 °C durante 30 minutos. Posteriormente, foram diluídas em diferentes concentrações (extrato puro + 12 diluições seriadas, tomadas 0,5 mL de cada diluição + 0,5 mL de etanol em eppendorffs). A reação da amostra aconteceu pipetando 200 μL de cada eppendorff com 1000 μL de ABTS, deixando em repouso por 6 minutos sem incidência de luz. Após, foram feitas as leituras em espectrofotômetro a 734 nm e escolhida a melhor absorbância da amostra que se encontrava no centro da curva padrão e então, efetuou-se os cálculos.

2.10.3 Método FRAP

A análise de antioxidante pelo método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) – (Poder antioxidante de redução do ion Ferro) foi feita conforme Szydłowska- Czerniak et al. (2008), empregando mistura de tampão acetato a 300 mM, solução 10 mM/L de TPTZ , 40 mM de ácido clorídrico e 20 mM/L de solução aquosa de cloreto férrico. Esse sistema foi mantido aproximadamente a 37 °C por 30 minutos e a absorbância medida a 595 nm. Para quantificação foi gerada uma curva de calibração utilizando Trolox como padrão, em concentrações de 100 a 2.000 mM/L. A amostra foi preparada em etanol 70% na concentração de 10 mg ou $\mu\text{L}/\text{mL}$, foi levada ao banho ultrassônico a 10 °C durante 30 minutos. A reação da amostra aconteceu pipetando 90 μL de cada amostra, 270 μL de água e 2,7 mL do reagente FRAP. Agitou-se em vórtex, em seguida as amostras foram levadas ao banho-maria a 37 °C por 30 min, e as leituras realizadas em espectrofotômetro a 734 nm, em seguida escolhida a melhor absorbância da amostra que se encontrava no centro da curva padrão e então, efetuou-se os cálculos. Os resultados expressos em μMol Trolox/g.

2.11 Análise Estatística

Todos os resultados foram expressos em média \pm desvio padrão. Foi aplicada análise de variância (ANOVA), seguido de teste de t Student para avaliação física entre duas amostras, onde foi utilizado software o Sisvar 5.6. Já para análise de três amostras, utilizou-se o teste Tukey, onde o software utilizado também foi o software o Sisvar 5.6. Considerou-se estatisticamente significativa o valor de $p < 0,05$.

3. Resultados e Discussão

3.1 Caracterização físico-química da geleia de melancia e das geleias enriquecidas

Na Tabela 5, estão dispostos os resultados da caracterização físico-química da geleia de melancia e das geleias enriquecidas.

Tabela 5. Composição proximal da geleia de melancia e das geleias enriquecidas com extrato de Jabuticaba I - cascas e sementes (Geleia I); extrato de jabuticaba II – polpa sem filtração (Geleia II) e extrato de jabuticaba III – polpa filtrada (Geleia III). As três últimas com extrato de chia em substituição em parte a pectina.

Parâmetros	Amostras			
	Geleia de melancia	Geleia I	Geleia II	Geleia III
Umidade (%)	21,1±0,72 ^{ab}	21,91±0,44 ^a	20,87±0,67 ^{ab}	20,06±0,52 ^b
Cinzas (%)	0,20±0,01 ^b	0,23±0,02 ^b	0,23±0,006 ^b	0,32±0,02 ^a
Proteínas (%)	0,54±0,005 ^c	0,51±0,04 ^c	0,84±0,02 ^a	0,6±0,02 ^b
Lipídeos (%)	0,07±0,02 ^b	0,17±0,02 ^a	0,16±0,03 ^a	0,17±0,02 ^a
Carboidratos (%)	78,08±0,72 ^{ab}	77,17±0,5 ^b	78,16±0,7 ^{ab}	78,93±0,4 ^a
Valor Energético (Kcal/100g)	315,14±2,97 ^{ab}	312,25±1,78 ^b	317,5±2,64 ^{ab}	319,62±1,97 ^a
pH	4,25±0,06 ^c	4,64±0,02 ^b	4,78±0,01 ^a	4,04±0,01 ^d
S.S (°Brix)	70,03±0,05 ^c	69,67±0,3 ^c	72,27±0,15 ^a	71,07±0,11 ^b

Aw	0,74±0,0 ^b	0,80±0,005 ^a	0,65±0,005 ^c	0,66±0,0 ^c
Acidez	0,31±0,01 ^c	0,29±0,02 ^c	0,4±0,01 ^b	0,71±0,005 ^a

* Média e desvio padrão de três repetições. Letras iguais nas colunas não se diferenciam em Teste Tukey com nível de significância $p < 0,05$.

A legislação brasileira vigente para produtos de frutas, estabelecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2005), não estabelece valores para umidade em geleias. Com o maior valor de umidade (21,91%) a geleia I, diferiu estatisticamente da geleia III e ambas não possuem diferença estatística da geleia de melancia e da geleia II. Todos os valores encontrados foram inferiores ao valor encontrado por Carvalho et al. (2012) que foi de 32,8% em geleia de sapota, e por Yuyama et al. (2008) em geleia de cubiu (29,52%).

Segundo Fellows (2006), apenas o conhecimento do teor de umidade não é suficiente para prever a estabilidade de um alimento. Alguns alimentos podem ser instáveis com um baixo teor de umidade (0,6%), enquanto outros alimentos são estáveis com teores de umidade relativamente altos (20%). A disponibilidade da água para a atividade microbológica, enzimática ou química é que determina a vida útil de um alimento, e isso é medido pela atividade de água, onde é possível melhorar o processo de conservação e desidratação de muitos alimentos, além de planejar novos produtos mais estáveis (Ordóñez, 2005). A atividade de água ideal para geleias deve estar dentro a faixa de 0,60 – 0,84 onde não há crescimento de bactérias patogênicas, nem fungos e leveduras (Jay, 1973; Brian, 1997; Ianfes 1991; Lewis, 1993). Os valores de atividade de água para a geleia II e III são diferentes estatisticamente da geleia I e geleia de melancia ao nível de significância de 5%. Porém todos os valores de atividade de água, inclusive o maior valor encontrado para a geleia I de 0,80 estão dentro a faixa imposta pelos autores.

Quanto aos valores da análise de cinzas, a geleia III obteve o maior valor (0,32%), diferindo estatisticamente das demais. Possivelmente, o ponto de concentração deste produto foi maior em relação aos outros, elevando os valores de carboidratos e assim consequentemente aumentaram os minerais presentes na amostra. Este valor encontrado para a geleia III é relativamente semelhante ao valor encontrado por Paludo (2013) em geleia de jabuticaba (0,31%). Valores próximos às demais geleias foram encontrados por Miguel et al. (2008) em geleia de morango (0,19%) e Yuyama et al. (2008) em geleia de cubiu (0,22%).

A maior quantidade de proteínas foi encontrada na geleia II (0,84%), que obteve diferença significativa da geleia III (0,6%) e ambas diferiram estatisticamente das demais. Esse fato pode ser explicado, pela diferença na preparação dos extratos I, II e III adicionados nas geleias. O extrato II foi feito com a polpa bruta, sem a etapa de filtração, a qual passaram os outros e o suco de melancia utilizado na preparação da geleia de melancia. A filtração pode ter retido uma certa quantidade de proteínas.

Os valores de lipídeos para todas as geleias enriquecidas não tiveram diferença, ao nível de significância de 5%. Estes valores ficaram entre 0,16 e 0,17%, maiores que o valor encontrado para a geleia de melancia (0,07%). A inserção do extrato de chia nas geleias I, II e III pode ter sido a causa do aumento dos valores de lipídeos, isso porque a chia possui uma quantidade significativa de lipídios, de cerca de 40% (Coelho; Salas-Mellado, 2014).

Lee et al. (2010) encontraram valores de carboidratos que variaram de 54,2 – 62,80% em geleias elaboradas com pó de casca de banana. Esta faixa de valores é inferior aos valores encontrados para todas as geleias analisadas que variaram de 77,17 – 78,93%. Isto pode-se explicar devido à natureza dos produtos utilizados, refere-se aos extratos para o enriquecimento do produto. Existe uma diferença significativa entre a Geleia I e Geleia III com o maior valor de 78,93. Este maior valor pode ser devido a que a Geleia I utiliza o extrato percolado onde perde a maioria dos nutrientes no processo de percolação, entretanto a Geleia III utiliza o extrato filtrado onde tem mais componentes nutricionais como carboidratos minerais e proteínas que o primeiro.

Quanto ao valor energético, observa-se que a geleia III obteve o maior valor (319,62 Kcal), em relação as outras geleias, por possuir maiores quantidades de carboidratos e um dos maiores valores de lipídeos. Santos et al. (2012), encontrou um valor inferior para geleia de cagaita (254,10 Kcal/100g).

Sabe-se que a acidez e o pH das geleias devem ser controlados. A acidez total não deve exceder a 0,8%, e o mínimo indicado é de 0,3%. Quanto ao pH, sugere-se um pH máximo de 3,4, sendo que, abaixo de 3,0 ocorre uma tendência à sinérese (Jackix, 1988). As geleias (Tabela 5) apresentaram valores dentro a faixa estipulada pelo autor para a acidez e um valor acima do recomendado para o pH, no entanto, não foi observado prejuízo na formação do gel. Negrete (2001) comprovou que o aumento do pH na fabricação de geleia de acerola não prejudicou a qualidade da geleia, pois teve boa aceitação na análise sensorial.

A faixa de valores para sólidos solúveis das geleias ficou entre 69,67- 72,27 °Brix. Sabe-se que esse parâmetro representa o conteúdo, principalmente de açúcares e ácidos orgânicos, apresentando uma relação direta com o grau de doçura do produto. A presença de grandes quantidades de açúcares em produtos onde se deseja preservar compostos bioativos com capacidade antioxidante é desejável. Isso porque o alto teor de açúcar e pectina com baixo grau de esterificação durante o processamento térmico, reduz as reações adversas no envase e interage com os componentes funcionais por meio de hidrogênio ou ligação hidrofóbica (Shinwari; Rao, 2018).

3.2 Capacidade antioxidante dos extratos obtidos, do suco de melancia filtrado, da geleia de melancia, das geleias enriquecidas e perda da capacidade antioxidante das geleias após o processamento térmico

Diferentes técnicas têm sido desenvolvidas a fim de determinar a atividade antioxidante *in vitro*. No entanto, esta diversidade de metodologias gera resultados numéricos difíceis de serem comparados, uma vez que não há um método universal capaz de medir a capacidade antioxidante de todas as amostras com precisão, já que os mecanismos antioxidantes se demonstram diferentes (Prior et al., 2005). Os resultados da atividade antioxidante e a perda (%) da capacidade antioxidante (C.A), realizados pelo método DPPH, ABTS e FRAP encontram-se na Tabela 6. A porcentagem de perda da capacidade antioxidante das geleias I, II e III foram calculadas a partir do somatório das capacidades antioxidantes realizadas previamente no suco filtrado de melancia e nos extratos de jabuticaba utilizados em cada uma. Para a perda real da geleia de melancia, faz-se necessário considerar a umidade do produto (21,1% - descrito na Tabela 5) e do suco de melancia (90,5% - Embrapa (2006).

Tabela 6. Perda da capacidade antioxidante das geleias de melancia, geleia I, geleia II e geleia III após o aquecimento à temperatura de 100 °C por 17 minutos.

Ingredientes / Amostra	DPPH ($\mu\text{Mol/g}$)	ABTS ($\mu\text{Mol/g}$)	FRAP ($\mu\text{Mol/g}$)	Perda (%) da C.A. após aquecimento		
				DPPH	ABTS	FRAP
Extrato de chia	12,8 \pm 0,8	2,74 \pm 0,13	1,74 \pm 0,01	-	-	-
Suco filtrado	0,10 \pm 0,01	0,7 \pm 0,01	0,38 \pm 0,01	-	-	-

de melancia

Extrato I	134,4 ± 1,59	101,6 ± 1,7	210,9 ± 1,37	-	-	-
Extrato II	29,11 ± 0,94	26,94 ± 1,13	66,74 ± 2,72	-	-	-
Extrato III	37,86 ± 2,07	22,2 ± 1,0	90,06 ± 0,40	-	-	-
Geleia melancia	0,19 ± 0,01	0,44 ± 0,03	0,67 ± 0,03	45 ± 2,4 ^a	15 ± 0,5 ^b	40 ± 3,9 ^a
Geleia I	59,1 ± 1,5 ^a	10,2 ± 0,5 ^a	13,3 ± 0,41 ^a	40 ± 2,7 ^a	9,7 ± 0,6 ^b	6,2 ± 0,1 ^b
Geleia II	12,6 ± 0,50 ^b	2,2 ± 0,1 ^b	5,2 ± 0,07 ^b	30 ± 0,5 ^a	7,2 ± 0,6 ^b	7,6 ± 0,3 ^b
Geleia III	11,9 ± 1,17 ^b	2,7 ± 0,01 ^b	5,8 ± 0,15 ^b	23 ± 2,6 ^a	10,5 ± 0,2 ^b	6,4 ± 0,2 ^c

* Média e desvio padrão de três repetições. Letras iguais nas colunas não se diferenciam em Teste Tukey com nível de significância $p < 0,05$. Para as perdas letras iguais nas linhas não se diferenciam em Teste Tukey com nível de significância $p < 0,05$.

Em relação as amostras enriquecidas (geleias I, II e III), a perda de antioxidantes pelo método DPPH se mostrou maior em relação aos outros métodos. Isto pode ser possivelmente devido as frações polares dos antioxidantes que o método tem mais afinidade, como compostos fenólicos, flavonóis, antocianinas, antocianidinas, carotenoides, entre outros (Leja et al., 2007; De Lima et al., 2007). Estes grupos podem estar presentes nos extratos I, II e III usados como enriquecedores nas geleias I, II e III, respectivamente. Além disso, a significativa perda pelo DPPH, pode estar relacionada segundo alguns autores com a estabilidade destes compostos quando submetidos a temperaturas acima de 70 °C, como foi o caso das geleias. O calor gera uma certa pressão na amostra de forma a causar efeitos desintegradores, logo danos na parede e ruptura das membranas celulares. Com isso, esses compostos podem ser liberados para o meio e as altas temperaturas causam mudanças bioquímicas e degradações nos mesmos (Guido; Moreira, 2017; Xu et al., 2018). Foi o que pode ter ocorrido para a geleia de melancia, que teve a maior perda para o DPPH.

Por outro lado, o menor valor de perda atribuído ao método ABTS, segundo Prior et al (2005) pode estar no fato de que os compostos reagem diferente aos tempos de reação. Assim, usando um desfecho de curta duração (4 ou 6 min como ocorreu), pode-se estar lendo antes que a reação seja finalizada e resultar em valores mais baixos. Van den Berg et al (1999) concluíram que "a avaliação quantitativa da capacidade antioxidante usando para ABTS pode ser problemática ou mesmo impossível, mas pode ser usada para fornecer uma ordem de

classificação dos antioxidantes". Alguns autores relatam que as particularidades de cada método pode ser a explicação para as diferenças na quantificação da capacidade antioxidante. Huang (2005), afirmou em seu estudo que os métodos de determinação da capacidade antioxidante se diferenciam em relação ao mecanismo de reação, às espécies-alvo, às condições reacionais, etc. Por isso a necessidade de se avaliar a capacidade antioxidante por diferentes métodos, com fundamentos e mecanismos de ação diferentes. Perdas significativas de compostos bioativos como ácido ascórbico e carotenoides no método DPPH são elucidados por Rababah et al (2011) em seus estudos com geleias. Estes autores descobriram que o processamento térmico (80 – 105°C) de compotas de morango, cereja, damasco, figo e laranja resultaram em perdas de 23,13,41,39 e 11% respectivamente da capacidade antioxidante.

As perdas das geleias I, II e III pelos métodos ABTS e FRAP, em sua forma geral, não apresentaram diferença significativa a um nível de significância de 5%. De acordo com Prior et al. (2005), como o potencial redox do Fe(III)-TPTZ é comparável ao do ABTS⁺, compostos semelhantes reagem tanto nos ensaios ABTS como no ensaio FRAP. As condições de reação diferem entre os métodos como é o caso do ABTS que é realizado em pH neutro e o ensaio FRAP é realizado em pH ácido 3,6 para manter a solubilidade do ferro. No entanto, cada um deles apresentam sua particularidade. O método ABTS [2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico)] é um método espectrofotométrico que pode ser aplicado para a quantificação de antioxidantes hidrofílicos e hidrofóbicos (Silva et al., 2018), enquanto o método FRAP promove a redução do íon ferro por meio de doação de elétrons do composto antioxidante para esse íon (Prior et al., 2005). Essas particularidades reveladas em cada método, pode ser a explicação para as diferentes perdas reais na geleia de melancia.

Diante isso, a maior relevância baseia-se na elucidação das menores perdas da capacidade antioxidante das geleias enriquecidas, após o processamento térmico por dois métodos diferentes (FRAP e ABTS). Essa comprovação pode corroborar com alguns autores que relatam significativas perdas de compostos bioativos com capacidade antioxidante quando expostos ao calor, à temperaturas superiores a 80 °C. Multari et al. (2018) afirmaram que a temperatura pode diminuir a capacidade redutora devido os compostos fenólicos livres, ou seja, aqueles que não estão ligados a componente estruturais, possuindo uma natureza lábil. No entanto, Mamathan et al. (2011) afirmaram que esse comportamento vai depender da natureza e da morfologia da matriz alimentícia estudada.

Shinwari e Rao (2018), quando estudaram a estabilidade dos compostos bioativos de doces e geleias durante o processamento térmico, afirmaram que a perda de antioxidantes durante o processamento destes produtos pode ser elevada ou retardada pela composição dos produtos, como açúcar, tipo e concentração de pectina, fruto, seu cultivar e o pH. Os dados estatísticos revelaram que, todas as geleias enriquecidas, com 1% de pectina em sua formulação, com alta concentração de sólidos solúveis, se degradaram menos após o processamento térmico, seja no método ABTS ou no método FRAP. O mesmo foi observado por Poiana et al. (2013), em seu estudo com geleia de amora, um aumento de 13 a 17% de antocianinas monoméricas totais com o aumento do conteúdo da pectina de 0,3 para 1%, o que pode ser devido ao aumento das interações eletrostáticas entre os cátions das antocianinas e os grupos carboxila dissociados das cadeias de pectina. Ainda segundo Shinwari e Rao (2018), dois fatores que podem auxiliar na menor taxa de degradação dos componentes bioativos com capacidade antioxidante nestes produtos, que são a presença de alta concentração de sacarose, que reduz a atividade de água, dificultando as reações deletérias que ocorrem durante o armazenamento e a temperatura de refrigeração em comparação com a temperatura ambiente no momento da estocagem.

A respeito do aumento de antioxidantes proporcionado pelos Extratos I, II e III nas geleias I, II e III, percebe-se que este incremento é maior na geleia I (enriquecida com Extrato I), independentemente do método utilizado. Do produto usado como parâmetro (geleia de melancia) para a geleia I, nota-se que a capacidade antioxidante cresceu no método DPPH, de 0,191 $\mu\text{Mol/g}$ de amostra para 59,1 $\mu\text{Mol/g}$ de amostra, cerca de 309 vezes mais que na geleia de melancia. Nos outros métodos, o Extrato I proporcionou para a geleia I um ganho de 23 e 19 vezes, respectivamente para os métodos ABTS e FRAP. Esse salto se deve a forma como foi preparado o Extrato I com resíduos da jabuticaba (epicarpo e sementes), percolado com álcool e sem altas temperaturas. No entanto para os extratos (II e III), as polpas foram submetidas às condições de concentração com temperaturas de 100°C. Terzi (2004) afirmou que, as antocianinas da jabuticaba se concentram na casca, o que lhe confere uma cor rocha escura. Quando elas são adicionadas aos alimentos, além do poder de coloração, também previnem contra a auto-oxidação e peroxidação de lipídios em sistemas biológicos (ANVISA, 2010). As possibilidades de utilização das antocianinas, principalmente na indústria de alimentos, deixam claro a importância de estudos sobre estes pigmentos (LOPES et al., 2002). Não há limite máximo na sua aplicação nos alimentos, estando seu uso vinculado a quantidade necessária para se atingir o efeito desejado (ANVISA, 2010). Sabe-se que as

antocianinas atuam como fortes antioxidantes, sendo que essas propriedades bioativas já foram demonstradas com estudos *in vitro* e *in vivo* (GALVANO et al., 2004). Santos & Meireles, (2009) mostram em seu artigo de revisão que, o consumo das antocianinas pode promover vários benefícios à saúde como redução do risco de doença cardiovascular, diabetes, câncer, efeito protetor contra danos gástricos e hepáticos, degradação do colágeno e aumento do desempenho cognitivo entre outros.

3.3 Análise dos parâmetros de cor das geleias

Na Tabela 7, encontram-se os valores dos resultados colorimétricos feito nas geleias.

Tabela 7. Parâmetros colorimétricos da geleia de melancia e das geleias I, II e III

<i>Amostra</i>	<i>L*</i>	<i>•Hue</i>	<i>Croma</i>
<i>Geleia melancia</i>	32,8 ± 0,30 ^a	40,35 ± 0,76 ^a	13,39 ± 0,56 ^a
<i>Geleia I</i>	25,35 ± 0,25 ^c	18,89 ± 3,47 ^b	1,55 ± 0,12 ^{bc}
<i>Geleia II</i>	26,97 ± 9,41 ^b	23,31 ± 3,16 ^b	2,1 ± 0,19 ^b
<i>Geleia III</i>	25,67 ± 0,23 ^c	8,35 ± 2,60 ^b	0,98 ± 0,13 ^c

* Média e desvio padrão de três repetições. Letras iguais nas colunas não se diferenciam em Teste Tukey com nível de significância $p < 0,05$.

A adição dos extratos teve influência sobre os parâmetros colorimétricos analisados. Portanto, a geleia de melancia, que não teve nenhum tipo de extrato adicionado, se mostrou diferente de todas as outras amostras, com valores maiores de L^* , a^* , b^* , $^{\circ}Hue$ e $Croma$, ao nível de significância de 5%. Isso se deve a tonalidade escura dos extratos incorporados nas geleias I, II e III, decisivo para a mudança nos parâmetros.

A luminosidade (L^*) pode variar de 0 a 100 e está relacionada com a claridade. É a capacidade de cada cor de refletir ou transmitir a intensidade da luz que recebe, especifica a quão clara ou escura é a amostra (Konica Minolta, 1998). Os resultados mostraram que, a geleia de melancia é a amostra mais clara, com L^* de 32,8, maior valor em relação as demais amostras, que apresentaram-se mais escuras, provavelmente devido a presença de antocianinas, composto presente em alimentos como a jabuticaba e o repolho roxo, usados

como fonte comercial para a extração deste pigmento de cor roxo escuro (Malacrida e Motta, 2006; Lopes et al., 2006).

Não houve diferença estatística entre as geleias I e III, porém ambas se mostraram diferentes da geleia II. A preparação do extrato II é o que o diferencia o parâmetro L^* desta amostra. Este extrato não foi filtrado, antes da cocção, tendo em sua composição todo o material fibroso da polpa de jabuticaba. As fibras não incorporaram com êxito na mistura durante a preparação da geleia, de forma a influenciar na claridade da mesma. Moro et al. (2013) em seu estudo com geleias de uvas comerciais, encontrou para L^* um valor de 25,34. Este valor se encontra próximo aos valores encontrados para as geleias I, II e III. Já Damiani et al. (2008) elaborou geleia de manga com substituição de 75% de casca e encontrou um valor de 29,28 para este parâmetro.

Matiz (tom, ° Hue) é a característica qualitativa da cor e especifica os termos vermelho, azul, violeta, verde, amarelo, etc. Esse conceito é relacionado ao estado puro da cor, sem o branco ou o preto agregado, sendo associado ao comprimento de onda dominante. De acordo com o ângulo dado neste parâmetro a geleia de melancia se encontrava na região do vermelho alaranjado e as demais geleias (I, II e III) se encontravam na região do violeta. O pigmento responsável pela cor vermelha da geleia de melancia é o licopeno, um carotenoide considerado antioxidante com possível ação contra doenças degenerativas (Lim; Wang, 2020).

Em relação ao croma (saturação), a geleia de melancia tendeu a uma cor mais viva, translúcida enquanto as demais tiveram sua cor aproximada ao opaco. A saturação está ligada diretamente à concentração do elemento corante e representa um tributo quantitativo para intensidade. Quanto maior o croma maior a saturação das cores perceptíveis aos humanos. Cores neutras possuem baixa saturação, enquanto cores puras possuem alta saturação e, portanto, mais brilhantes na percepção humana (Pathare et al., 2013).

As características peculiares de cor da geleia de melancia e das geleias I, II e III apresentaram-se satisfatórias, sendo definidas em cores mais vivas e cores mais atenuadas, respectivamente. Segundo Kirca, Ozkan e Cemeroglu (2007), a cor é o parâmetro decisivo de compra para os consumidores.

4. Conclusões

- A substituição de uma parte da pectina pelo extrato de sementes de chia, contribuiu positivamente, pois o mesmo apresentou comportamento semelhante ao da pectina nas geleias, além disso contribuiu para o enriquecimento de compostos biotivos.
- As geleias enriquecidas perderam quantidades não relevantes de compostos antioxidantes, mesmo após o processamento térmico, evidenciando o efeito positivo da inserção dos extratos.
- A geleia 1, elaborada com extrato de cascas e sementes de jaboticaba (Extrato I), apresentou a maior capacidade antioxidante (cerca de 309 vezes mais que a geleia controle), destacando a importância de utilização de resíduos de frutas.
- Sugere-se mais pesquisas acerca da influência de parâmetros, como tempo e temperatura, nos compostos bioativos com capacidade antioxidante e mais estudados aprofundados sobre os métodos *in vitro*, usados para determinação de antioxidantes.

Referências

Anacleto, S; Ruiz, G; Rana, J; Gordillo, G; West, H; Sharma, M; & Liu, X. (2016). Chia Crop (*Salvia hispanica* L.): its History and Importance as a Source of Polyunsaturated Fatty Acids Omega-3 Around the World: a Review. *Journal of Crop Research and Fertilizers*, 1, 1-9.

AOAC (2010). Association Of Official Analytical Chemists (2010). Official methods of analysis. Ed. Washington: AOAC.

ANVISA (2020). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2010). Acessado em: 21 jan 2020.

http://portal.anvisa.gov.br/anvisaesclarece?p_p_id=baseconhecimentoportlet_WAR_baseconhecimentoportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_baseconhecimentoportlet_WAR_baseconhecimentoportlet_assuntoId=12&_baseconhecimentoportlet_WAR_baseconhecimentoportlet_conteudoId=2713&_baseconhecimentoportlet_WAR_baseconhecimentoportlet_view=detalhamentos.

BRASIL. (2020) Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº 12, Brasília, DF, 02 de janeiro de 2005. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 10 fev. 2020.

Basu, S; Shivhare, U.S. & Singh, TV. (2013). Effect of substitution of stevioside and sucralose on rheological, spectral, color and microstructural characteristics of mango jam. *Journal of Food Engineering*, 114 (4), 465-476.

Bligh, E.G. & Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37 (7), 911-917.

Carvalho, V.S.; Damiani, C; Asquieri, E.R.; Orsi, D.C. & Nishi, A.C.F. (2012). Desenvolvimento e capacidade antioxidante de geleia da polpa de sapota (*Quararibea cordata Vischer*). *Ciência e Agrotecnologia*, 36 (3), 341-347.

Coelho, M.S. & Salas-Mellado, M. (2014). Revisão: Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia (*Salvia hispanica L*) em alimentos/Review: Chemical composition, functional properties and technological applications of chia (*Salvia hispanica L*) seeds in foods. *Brazilian Journal of Food Technology*, 17 (4), 259.

Damiani, C. et al. (2008). Análise física, sensorial e microbiológica de geléias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. *Ciência Rural*, 38 (5), 1418-1423.

De Lima, A.A.; Sussuchi, E.M. & De Giovani, W.F. (2007). Electrochemical and antioxidant properties of anthocyanins and anthocyanidins. *Croatica chemica acta*, 80 (1) 29-34.

Donado-Pestana, C.M.; Moura, M.H.C.; De Araujo, R.L.; De Lima S; De Moraes B.H.R.; & Genovese, MI. (2018). Polyphenols from Brazilian native Myrtaceae fruits and their potential health benefits against obesity and its associated complications. *Current opinion in food science*, 19, 42-49.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Acessado em: 02. fev. 2020.
[.http://www.cpatas.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelancia/quimica.htm](http://www.cpatas.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelancia/quimica.htm)

Fellows, P. J. (2006). Tecnologia do Processamento de Alimentos. Princípios e Prática. 2ª Edição, Porto Alegre: Ed. Artmed.

Galvano, F.; La Fauci, L.; Lazzarino, G.; Fogliano, V.; Ritieni, A.; Ciappellano, S.; Battistini, N.C.; TavazzI, B. & Galvano, G. (2004). Cyanidins: metabolism and biological properties. *The Journal of Nutritional Biochemistry* v. 15 (1), p. 2–11.

Guido L.F., & Moreira M.M (2017). Techniques for extraction of brewer's spent grain polyphenols: a review. *Food Bioprocess Tech* 10: 1192-1209.

Huang, D. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays: reviews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 53, n. 6, p.1841- 1856.

Jackix, M.H. (1988). *Doces, geleias e frutas em calda*. Campinas: Ed. UNICAMP, 1988. 171 p.

Kirca, A; Özkan, M; & Cemeroğlu, B. (2007). Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. *Food Chemistry*, 212-218.

Konica Minolta. (1998). Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação. Seoul: Konica Minolta, 53p. Disponível em: <www.konicaminolta.com/sensingusa/support/product_applications>. Acesso em: 15 jan. de 2020.

Lazaro, H.; Puente, L; Zúñiga, M.C.; & Muñoz, LA. (2018). Assessment of rheological and microstructural changes of soluble fiber from chia seeds during an *in vitro* micro-digestion. *LWT - Food Science and Technology*, 95, 58-64.

Lee, E.H; Yeom, H-J; H.A, M.S;& Bae, D.H. (2010). Development of banana peel jelly and its antioxidant and textural properties. *Food Science Biotechnology*, 19 (2), 449455.

Leite, A.V.; Malta, L.G.; Riccio, M.F.; Eberlin, M.N.; Pastore, G.M.; & Marostatica Junior, M.R. (2011). Antioxidant potential of rat plasma by administration of freeze-dried jaboticaba peel (*Myrciaria jaboticaba* Vell Berg). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59.

Leja, M; Mareczek, A; Wyzgolik, G; Klepacz-Baniak, J; & Czekonska, K. (2007). Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species. *Food Chemistry*, 100 (1), 237-240.

Lim, J.Y; & Wang, X.D. (2020). Mechanistic understanding of β -cryptoxanthin and lycopene in cancer prevention in animal models. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 158652.

Lopes, T.J; Quadri, MB; & Quadri, M.G.N. (2006). Estudo experimental da Adsorção de Antocianinas comercial de Repolho-roxo em argilas no processo de batelada. *Brazilian Journal of Food Techonology*, 9, 49-56.

Lopes, T. J. (2002) Adsorção de antocianinas de repolho-roxo em argila. Tese de Mestrado. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina. P. 140.

Malacrida, C.R.; & Motta, S. (2006). Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. *B. CEPPA*, 24 (1), 59-82.

Merril, AL; Watt, BK (1973). Valor energético dos alimentos: base e derivação. Washington: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, 105p.

Miguel, A.C.A; Albertini, S; Spoto, M.H.F. (2008). Cinética da degradação de gelejada de morango. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29 (1), 142-147.

Morales, P; Barros, L; Dias, M.I.; Santos-Buelga, C; Ferreira, I.C; Asquiere, E.R; Berrios, J.D.J. (2016). Non-fermented and fermented jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Mart.) pomaces as valuable sources of functional ingredients. *Food chemistry*, 208, 220-227.

Moro, G.M.B. et al. (2013). Avaliação da rotulagem e qualidade físico-química de geleias de uva comercializadas na cidade do Rio Grande - RS. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 7 (1), 897–910.

Multari, S; Neacsu, M; Scobbie, L; Cantlay, L; Duncan, G; Vaughan, N; Stewart, D; Russell, WR. (2018). Identification and quantification of avenanthramides and free and bound phenolic acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66, 2900-2908.

Muñoz, L.A; Cobos, A; Diaz, O; Aguilera, J.M. (2013). Chia seed (*Salvia hispanica*): an ancient grain and a new functional food. *Food reviews international*, 29 (4) 394-408.

Muñoz, L. A.; COBOS, A.; DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. (2012). Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of food Engineering*, v. 108, n. 1, p. 216-224.

Neri-Numa, I.A; Sancho, R.A.S; Pereira, A.P.A; Pastore, G.M. (2018). Small Brazilian wild fruits: Nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. *Food Research International*, 103, 345-360.

Ordóñez, J.A. (2005). Carboidratos. In: _____. *Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos*. Porto Alegre: Artmed, 1 (5), 63-80.

Paludo, M.C. Extração e determinação da capacidade antioxidante (in vitro) das antocianinas e compostos fenólicos totais da jabuticaba Sabará Myrciaria jabuticaba (Vell.) Berg e sua geleia. Dissertação de mestrado. Campinas, Universidade Estadual de Campinas. 123 p, 2013.

Pathare, P.B.; Opara, U.L.; Al-Said, F.A. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technol.*, 6, 36–60.

Poiana, M. A.; Alexa, E.; Mateescu, C. (2013) Tracking antioxidant properties and color changes in low-sugar bilberry jam as effect of processing, storage and pectin concentration. *Chemistry Central Journal*, 6(1):4.

Prior, R.L.; Wu, X.L.; Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (10), 4290–4302.

Rababah, T.M.; Al-Mahasneh, M.A; Kilani, I; Yang, W.; Alhamad, M.N; Ereifej, K. (2011). Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 1096–1102.

Renna, M.; Pace, B.; Cefola, M.; Santamaria, P.; Serio, F; Gonnella, M. (2013). Comparison of two jam making methods to preserve the quality of coloured carrots. *LWT- Food Science and Technology*, 53, 547–554.

Roesler, R; Malta, LG; Carrasco, LC; Holanda, RB; Souza, CAS; Pastore, GM. (2007). Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, 27, 53-60.

Santos, P.R.G.; Cardoso, L.D.M.; Bedetti, S.D.F.; Hamacek, F.R.; Moreira, A.V.B.; Martino, H.S.D.; Pinheiro-Sant'ana, H.M. Geleia de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.): desenvolvimento, caracterização microbiológica, sensorial, química e estudo da estabilidade. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*, 71(2), 281-290, 2012.

Santos, D. T.; Meireles, M. A. A. Jabuticaba as a source of functional pigments. *Pharmacognosy Reviews* v. 3 (5), p. 127–132, 2009.

Shinwari, K.J.; Rao, P.S. (2018). Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 181-193.

Silva, M.J.D.; Endo, L.H.; Dias, A.L.T.; Silva, G.A.; Santos M.H.; Silva, M.A. (2012). Avaliação da atividade antioxidante e antimicrobiana dos extratos e frações orgânicas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (Mimosaceae). *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, v.33, p.267-274.

Szydłowska-Czerniak, A; Dianoczki, C; Recseg, K; Karlovits, G; Szłyk E. (2008). Determination of antioxidant capacities of vegetable oils by ferric-ion spectrophotometric methods. *Talanta*, 76 (4), 899-905.

Tan, B.L.; Norhaizan, ME; Liew, WPP; Sulaiman, R. (2018). Antioxidant and oxidative stress: A mutual interplay in age-related diseases. *Frontiers in pharmacology*, 9, 1162.

Ullah, R; Nadeem, M; Khalique, A; Imran, M; Mehmood, S; Javid, A; Hussain, J. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. *Journal of food science and technology*, 53 (4), 1750-1758.

Wu, C.C.; Hung, C.N.; Shin, Y.C; Wang, C.J; Huang, H.P. (2016). *Myrciaria cauliflora* extracts attenuate diabetic nephropathy involving the Ras signaling pathway in streptozotocin/nicotinamide mice on a high fat diet. *Journal of food and drug analysis*, 24 (1), 136-146.

Yuyama, L.K. et al. (2008). Desenvolvimento e aceitabilidade de geleia de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28 (4), 929-934.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Ilana Carneiro Rodrigues – 30%

Eduardo Ramirez Asquieri – 30%

Aline Gomes de Moura e Silva – 30%

Clarissa Damiani – 10%