UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MÉRCIA DA SILVA MESQUITA

**Estudo do potencial nutricional e bioativo das sementes e encapsulação
por *spray drying* dos extratos de sementes de mamão (*Carica papaya* L.)
formosa**

Pirassununga

2021

MÉRCIA DA SILVA MESQUITA

**Estudo do potencial nutricional e bioativo das sementes e encapsulação
por *spray drying* dos extratos de sementes de mamão (*Carica papaya* L.)
formosa**

VERSÃO CORRIGIDA

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciência da Engenharia de Alimentos do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos.

Área de Concentração: Ciências da Engenharia de Alimentos.

Orientador(a): Profa. Dra. Carmen Sílvia Fávaro Trindade.

**Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

da Silva Mesquita, Mércia
d111e Estudo do potencial nutricional e bioativo das
sementes e encapsulação por spray drying dos
extratos de sementes de mamão (*Carica papaya* L.)
formosa / Mércia da Silva Mesquita ; orientador
Carmen Sílvia Fávaro Trindade. -- Pirassununga, 2021.
92 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Alimentos) -- Faculdade de Zootecnia
e Engenharia de Alimentos, Universidade
de São Paulo.

1. Microencapsulação. 2. Aproveitamento de
resíduos agroindustriais . 3. Semente de Mamão. 4.
Spray Drying. 5. Compostos bioativos. I. Sílvia
Fávaro Trindade, Carmen, orient. II. Título.

Com imenso prazer dedico esse trabalho à minha família: meus pais Orcino Antônio José de Mesquita e Maria Merça da Silva Mesquita e aos meus irmãos que não mediram esforços e sempre me deram total apoio para tornar esse sonho possível. Dedico também a todos os pós-graduandos(as) que permanecem firmes mesmo diante ao desmonte da educação brasileira.

BIOGRAFIA

Mércia da Silva Mesquita, filha de Maria Merça da Silva Mesquita e Orcino Antonio José de Mesquita, nasceu na cidade de Morada Nova de Minas, interior de Minas Gerais em 28 de março de 1995.

Graduada em Tecnologia em Alimentos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) no ano de 2018. Durante a graduação participou de projetos de extensão na área de microbiologia e profissionalização de manipuladores de alimentos (2015). Na pesquisa científica, atuou por dois anos na área de inovação tecnológica em alimentos, a qual foi premiada na categoria de trabalho destaque no Seminário de Iniciação científica (SIN, 2016), promovido pela instituição de origem. Foi premiada na categoria de proposta destaque na 1ª olimpíada de Inovação do IFTM (2016), na categoria de novos produtos vegetais e na categoria de novos produtos cárneos na VI Feira de Novos Produtos, Processos e Serviços do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) (2017).

No mestrado foi bolsista CAPES e participou do estágio em docência pelo Programa de Aperfeiçoamento de Ensino (PAE) na disciplina de Tecnologia de produtos vegetais. Adquiriu experiência no processo de extração de compostos bioativos e secagem por atomização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela benção da vida e pela oportunidade de conviver em uma família que sempre me deu total apoio.

Agradeço imensamente a minha orientadora Prof.^a Dr.^a Carmen Sílvia Fávaro-Trindade pelos ensinamentos, pelo apoio técnico, paciência, inspiração, apoio emocional e por não desistir de mim nos momentos em que nem eu mesma acreditava mais em mim, por sempre estar lá para me reerguer e orientar. Deixo aqui o meu muito obrigada ♥.

Agradeço a minha família (Pais, irmãos, sobrinhos e primos) pela torcida e carinho, em especial aos meus pais que sempre me apoiaram e não mediram esforços para tornar esse sonho possível.

Agradeço aos professores da graduação em Tecnologia em Alimentos do IFTM, ex-alunos da FZEA-USP, Lucas Arantes Pereira e Carolina Rodrigues da Fonseca pelas orientações e apoio durante todo o processo seletivo do mestrado.

Agradeço ao técnico em laboratório Marcelo Thomazini pelas orientações e auxílio durante toda a execução da parte experimental do projeto de mestrado, pela paciência e por compartilhar seus conhecimentos.

A Priscila Magalhães de Lima e seus pais Achson de Lima e Isa Magalhães de Lima pela intermediação para aquisição das sementes de mamão formosa imaturo.

Ao Prof. Dr. José Humberto de Oliveira Filho do IFTM também pela intermediação para aquisição das sementes verdes de mamão oriundas da empresa Doces Mineiro em Uberaba-MG.

As empresas Doces Mineiro, Doces Colmeia Ltda e Doceria Schmidt Ltda pelas doações das sementes de mamão formosa utilizadas no presente trabalho.

A empresa Ingredion pela doação da maltodextrina DE10 (MOR-REX.®. 1910) a qual foi utilizada como agente carreador para produção dos extratos de sementes de mamão pela técnica de *spray drying*.

As professoras Prof.^a Dr.^a Christianne Elisabete da Costa Rodrigues e Prof.^a Dr.^a Alessandra Lopes de Oliveira pela disponibilização dos laboratórios, realização das análises do óleo de sementes de mamão e equipamentos.

Agradeço as amigas Priscila Dayane de Freitas Santos, Fernanda Thaís Vieira Rubio e Marluci Palazzolli da Silva pelo auxílio em diversas análises laboratoriais e

estatísticas, pelas “coquinhas geladinas” na cantina e descontração pós-expediente, por compartilhar seus conhecimentos, por todo apoio e carinho. Muito obrigada por tudo.

Ao meu namorado Rafael Prado Passareli por sempre estar ao meu lado me incentivando, apoiando e por todo companheirismo.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, seu corpo docente e em especial ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos pela oportunidade de realização desse curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo amparo financeiro à pesquisa por meio da concessão da bolsa de estudo sob código de financiamento 001.

Carlos Ruas

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”

Cora Coralina

RESUMO

MESQUITA, M. da S. **Estudo do potencial nutricional e bioativo das sementes e encapsulação por *spray drying* dos extratos de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) formosa.** 2021. 92 f. Dissertação de mestrado – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2021.

Com o processo de industrialização do mamão são retiradas cascas e sementes, que em conjunto são denominadas de resíduos agroindustriais, que por sua vez podem ter elevado valor nutricional e bioativos. Logo, o presente trabalho teve por objetivo realizar o estudo do potencial nutricional e bioativo das sementes e encapsular por *spray drying* os extratos de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) do tipo formosa e em dois estágios de maturação (0 e 5). Foram avaliados a composição química das sementes, o perfil de ácido graxos dos óleos extraídos, o teor de fenólicos totais, a capacidade antioxidante e antimicrobiana dos extratos hidroetanólicos. Os extratos foram secos em *spray dryer* utilizando concentrações de 0, 15 e 30% de maltodextrina e temperaturas do ar de entrada de 130 e 150 °C. Os pós obtidos foram avaliados em relação a rendimento, umidade, atividade de água, higroscopicidade, solubilidade, parâmetros de cor instrumental, morfologia, diâmetro médio, fenólicos totais, capacidade antioxidante pelos métodos ABTS e FRAP, estabilidade durante estocagem ao longo de 90 dias e liberação dos compostos fenólicos sob fluídos gastrointestinais simulados. As sementes nos 2 estágios de maturação apresentaram bons valores nutricionais, pois eram fontes de proteínas, fibras e lipídeos. Os óleos das sementes são constituídos majoritariamente pelos ácidos graxos oleico, palmítico, linoleico e esteárico. Os extratos das sementes não apresentaram ação antimicrobiana contra *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, porém, foram fonte de compostos fenólicos, com teores de 58,1 mg AGE/g de extrato seco - estágio de maturação 0 - e 36,0 mg AGE/g de extrato seco - estágio de maturação 5 -, além disso, os extratos apresentaram capacidade antioxidante frente aos radicais FRAP e ABTS^{•+}. Extratos secos com adição de maltodextrina apresentaram melhores resultados frente ao diâmetro de partícula, higroscopicidade e solubilidade, quando comparados àqueles secos sem a adição do coadjuvante de secagem. Extratos desidratados na presença de maltodextrina promoveram maior estabilidade dos compostos fenólicos ao longo do tempo de estocagem. Os compostos fenólicos encapsulados foram liberados em maior quantidade na fase oral simulada. Das

condições testadas, aquelas onde se utilizou as sementes do mamão imaturo (estágio 0), adição de 15% de maltodextrina ao extrato antes da secagem e temperatura do ar de secagem de 130 °C apresentaram os melhores resultados de estabilidade fenólica. Assim, a encapsulação dos extratos de sementes de mamão utilizando maltodextrina como agente carreador possui potencial tecnológico, permitindo melhor aplicação em alimentos e como aditivo natural. O aproveitamento das sementes de mamão é uma alternativa viável, pois além de fornecer nutrientes e compostos bioativos, sua utilização contribui para redução do descarte desses resíduos no meio ambiente.

Palavras-chave: Antioxidantes; fenólicos; maltodextrina; estabilidade; digestibilidade, encapsulação.

ABSTRACT

MESQUITA, M. da S. **Study of the nutritional and bioactive potential of seeds and spray drying encapsulation of papaya (*Carica papaya* L.) Formosa seed extracts.** 2021. 92 f. (M.Sc) dissertation – College of Animal Science and Food Engineering, University of São Paulo, Pirassununga, 2021.

With the papaya industrialization process, husks and seeds are removed, which together are called agro-industrial residues, which in turn can have high nutritional and bioactive value. Therefore, this work aimed to study the nutritional and bioactive potential of seeds and encapsulate by spray drying the extracts of papaya seeds (*Carica papaya* L.) of the formosa type and in two stages of maturation (0 and 5). The chemical composition of the seeds, the fatty acid profile of the extracted oils, the total phenolic content, the antioxidant and antimicrobial capacity of the hydroethanolic extracts were evaluated. The extracts were dried in a spray dryer using concentrations of 0, 15 and 30% of maltodextrin and inlet air temperatures of 130 and 150 °C. The powders obtained were evaluated for yield, moisture, water activity, hygroscopicity, solubility, instrumental color parameters, morphology, mean diameter, total phenolics, antioxidant capacity by ABTS and FRAP methods, stability during storage over 90 days and release of phenolic compounds under simulated gastrointestinal fluids. The seeds in the 2 stages of maturation showed good nutritional values, as they were sources of proteins, fibers and lipids. Seed oils are mainly composed of oleic, palmitic, linoleic and stearic fatty acids. The seed extracts did not show antimicrobial action against *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, however, they were a source of phenolic compounds, with levels of 58.1 mg AGE/g of dry extract - maturation stage 0 - and 36.0 mg AGE/g of dry extract - maturation stage 5 -, in addition, the extracts showed antioxidant capacity against FRAP and ABTS●+ radicals. Extracts dried with addition of maltodextrin showed better results regarding particle diameter, hygroscopicity and solubility, when compared to those dried without the addition of drying aid. Extracts dehydrated in the presence of maltodextrin promoted greater stability of phenolic compounds over storage time. Encapsulated phenolic compounds were released in greater quantity in the simulated oral phase. Of the conditions tested, those where immature papaya seeds were used (stage 0), addition of 15% of maltodextrin to the extract before drying and drying air temperature of 130 °C showed

the best results for phenolic stability. Thus, the encapsulation of papaya seed extracts using maltodextrin as a carrier agent has technological potential, allowing better application in food and as a natural additive. The use of papaya seeds is a viable alternative, as in addition to providing nutrients and bioactive compounds, their use contributes to reducing the disposal of these residues in the environment.

Keywords: Antioxidants; phenolic; maltodextrin; stability; digestibility, encapsulation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	24
2.2 MAMÃO	28
2.2.1 <i>Produtos e subprodutos do processamento de mamão.....</i>	<i>30</i>
2.2.2 <i>Semente de mamão</i>	<i>30</i>
2.3 MICROENCAPSULAÇÃO.....	33
2.3.1 <i>Aspectos gerais</i>	<i>33</i>
2.3.2 <i>Microencapsulação por spray drying.....</i>	<i>34</i>
2.3.3 <i>Maltodextrina como material de parede</i>	<i>36</i>
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	38
3.1 MATÉRIAS PRIMAS	38
3.2 MÉTODOS	39
3.2.1 <i>Preparação e desidratação das sementes de mamão</i>	<i>39</i>
3.2.2 <i>Composição Físico-química das sementes de mamão</i>	<i>39</i>
3.2.3 <i>Extração do óleo das sementes de mamão</i>	<i>39</i>
3.2.4 <i>Perfil de ácidos graxos dos óleos de sementes de mamão</i>	<i>40</i>
3.2.5 <i>Preparação dos extratos hidroetanólicos das sementes de mamão</i>	<i>40</i>
3.2.6 <i>Caracterização dos extratos líquidos concentrados</i>	<i>41</i>
3.2.7 <i>Determinação do teor de fenólicos totais do extrato líquido concentrado</i>	<i>41</i>
3.2.8 <i>Capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} dos extratos líquidos concentrados.....</i>	<i>42</i>
3.2.9 <i>Capacidade redutora do ferro (FRAP) dos extratos líquidos concentrados.....</i>	<i>42</i>
3.2.10 <i>Atividade Antimicrobiana dos extratos líquidos concentrados</i>	<i>43</i>

3.2.11	<i>Microencapsulação por spray drying.....</i>	44
3.2.12	<i>Rendimento, teor de umidade e atividade de água dos pós obtidos.....</i>	45
3.2.13	<i>Higroscopicidade dos pós.....</i>	45
3.2.14	<i>Solubilidade dos pós.....</i>	45
3.2.15	<i>Cor instrumental dos pós.....</i>	46
3.2.16	<i>Diâmetro médio das partículas dos pós</i>	46
3.2.17	<i>Morfologia das partículas dos pós</i>	46
3.2.18	<i>Determinação do teor de fenólicos totais e atividade antioxidante dos pós.....</i>	46
3.2.19	<i>Estabilidade das micropartículas durante o armazenamento</i>	47
3.2.20	<i>Liberação dos compostos in vitro.....</i>	47
3.2.21	<i>Análise estatística.....</i>	48
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1	COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS SEMENTES DE MAMÃO	49
4.2	PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DOS ÓLEOS.....	51
4.3	CARACTERIZAÇÃO DO EXTRATO LÍQUIDO CONCENTRADO	54
4.4	ATIVIDADE ANTIMICROBIANA.....	58
4.5	CARACTERIZAÇÃO DOS PÓS SECOS POR <i>SPRAY DRYING</i>.....	60
4.5.1	<i>Rendimento, umidade e atividade de água dos pós obtidos</i>	60
4.5.2	<i>Higroscopicidade.....</i>	61
4.5.3	<i>Solubilidade.....</i>	62
4.5.4	<i>Diâmetro médio de partícula.....</i>	63
4.5.5	<i>Colorimetria</i>	65
4.5.6	<i>Morfologia das partículas</i>	68
4.5.7	<i>Teor de fenólicos totais e atividade antioxidante dos pós</i>	70

4.6	ESTABILIDADE DE COR DOS PÓS DURANTE O ARMAZENAMENTO.....	73
4.7	ESTABILIDADE DOS FENÓLICOS NOS PÓS DURANTE O ARMAZENAMENTO.....	75
4.8	LIBERAÇÃO <i>IN VITRO</i> DOS COMPOSTOS FENÓLICOS	78
5.	CONCLUSÕES.....	80
6.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	81
7.	REFERÊNCIAS	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Classificação de microcápsula e microesfera.....	33
Figura 2. Processo de secagem por <i>spray drying</i>	35
Figura 3. Estágios de maturação dos mamões formosa utilizados	38
Figura 4. Óleos de sementes de mamão em estágios distintos de maturação.....	51
Figura 5. Extratos líquidos concentrados de sementes de mamão em estágios distintos de maturação.....	54
Figura 6. Atividade antimicrobiana dos extratos de sementes de mamão em dois estágios de maturação.....	58
Figura 7. Cor dos pós dos extratos de sementes de mamão secos por <i>spray drying</i>	65
Figura 8. Micrografias dos pós do extrato de sementes de mamão imaturo atomizado a 130°C e 150°C.....	68
Figura 9. Micrografias dos pós do extrato de sementes mamão maduro atomizado a 130°C e 150°C.....	69
Figura 10. Cor dos pós de extratos sementes mamões secos por <i>spray drying</i> após 90 dias de armazenamento.....	74
Figura 11. Liberação dos compostos fenólicos dos extratos encapsulados de sementes de mamão sob fluidos gastrointestinais simulados.....	78

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1. Estágios de maturação do mamão para colheita.....	28
Tabela 1. Composição do mamão formosa por 100 gramas.....	29
Tabela 2. Formulação e condição de secagem dos tratamentos	44
Tabela 3. Composição centesimal das sementes de mamão formosa.....	49
Tabela 4. Perfil ácido graxo dos óleos de sementes de mamão em 2 estágios de maturação.....	52
Tabela 5. Composição dos extratos concentrados de sementes de mamão formosa em 2 estágios de maturação.....	55
Tabela 6. Rendimento, teor de umidade e atividade de água dos pós secos produzidos por spray drying com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como carreador	60
Tabela 7. Higroscopicidade dos pós secos produzidos por spray drying com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como carreador	62
Tabela 8. Solubilidade dos pós secos produzidos por spray drying com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como carreador	63
Tabela 9. Diâmetro médio das partículas cos produzidos por spray drying com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como carreador	64
Tabela 10. Colorimetria dos pós secos produzidos por spray drying com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como carreador	66
Tabela 11. Teor de fenólicos totais e atividade antioxidante dos pós secos por spray drying com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como agente carreador...	71
Tabela 12. Estabilidade de cor dos pós secos por spray drying com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como agente carreador	73
Tabela 13. Estabilidade de fenólicos totais dos pós secos por spray drying com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como agente carreador.....	75
Tabela 14. Estabilidade de fenólicos totais dos pós secos por spray drying com extratos de sementes de mamão maduro e maltodextrina como agente carreador.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

EAG - Equivalente de ácido gálico

BHT - 2,6-diterc-butil-p-creso

DE – Dextrose Equivalente

FAO - Food and Agriculture Organization

FDA - Food and Drug Administration

g - Gramas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

kg - Kilograma

MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura

mg - Miligramas

mL - Mililitros

nm - Nanômetro

°C – Graus Celsius

pH - potencial Hidrogeniônico

rcf - Relative Centrifugal Force

rpm – Rotação por minuto

TBARS - Thiobarbituric acid reactive substances

TBHQ - Tertiary butylhydroquinone

TE – Trolox Equivalente

UHPLC – Ultra High Performance Liquid Chromatography

UR – Umidade Relativa

µg – Micrograma

µm – Micrômetro

µmol – Micromol

DIAGRAMA CONCEITUAL DO TRABALHO

ESTUDO DO POTENCIAL NUTRICIONAL E BIOATIVO DAS SEMENTES E ENCAPSULAÇÃO POR SPRAY DRYING DE EXTRATOS DE SEMENTES DE MAMÃO FORMOSA (*Carica papaya* L.)

Por quê?

- É uma alternativa de aproveitamento dos compostos bioativos extraídos do resíduo oriundo do processamento de mamão
- Verificar se há diferença entre as sementes do mamão imaturo e maduro
- Aumentar a estabilidade dos compostos ativos dos extratos de semente de mamão

Quem já fez?

- Foram encontrados apenas trabalhos que avaliaram o potencial nutricional das sementes maduras de mamão formosa;
- Não foram encontrados trabalhos na literatura sobre a microencapsulação de extratos de sementes de mamão;
- Há trabalhos com outros extratos (pele de amendoim, semente e casca de uva, erva-mate, canela, polpa de pequi, semente de cupuaçu, etc.).

Hipóteses

- É possível dar mais uma destinação ao resíduo industrial do processamento do mamão por meio do aproveitamento de seus coprodutos;
- As sementes são boas fontes de ácidos graxos, proteínas, fibras e minerais;
- O amadurecimento da fruta pode fomentar a presença de bioativos;
- É possível obter extratos com ação antioxidante e fonte de compostos fenólicos;
- É possível que a microencapsulação dos extratos de semente de mamão pela técnica *spray drying* promova proteção contra os fatores ambientais como luz, umidade e oxigênio, contribuindo assim, para maior estabilidade dos compostos durante o armazenamento;
- É possível permitir a liberação controlada dos compostos encapsulados sob condições gastrointestinais simuladas.

Metodologia experimental

- Obtenção das farinhas de sementes de mamão
- Extração e avaliação do perfil de ácidos graxos das sementes de mamão;
- Avaliação das características físico-químicas, teor de fenólicos; totais, atividade antioxidante e atividade antimicrobiana dos extratos;
- Microencapsulação dos extratos de sementes de mamão pela técnica *spray drying*;
- Avaliação das características físico-químicas dos pós obtidos;
- Avaliação da estabilidade de compostos fenólicos totais durante a estocagem;
- Avaliação do processo de liberação dos compostos microencapsulados;

Respostas

- Teor proteico, cinzas, umidade, extrato etéreo, fibras, extrativo não nitrogenado das sementes de mamão;
- Perfil de ácidos graxos das sementes de mamão
- Teor de fenólicos totais dos extratos, capacidade antimicrobiana e atividade antioxidante dos extratos;
- Teor de umidade, higroscopicidade, solubilidade, aspecto morfológico e cor instrumental dos pós obtidos;
- Teor de fenólicos totais durante a estocagem dos pós;
- Teor de fenólicos totais liberados em cada fase da simulação gastrointestinal (oral gástrica e intestinal).

1. INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.), fruto tropical, nativo da América tropical, é bastante cultivado em todo mundo, sendo a espécie *Carica papaya* a mais cultivada (FAO, 2019). Devido à facilidade de cultivo e produção o ano inteiro, o mamão se difundiu por diversas áreas do planeta. A produção mundial de mamão em 2019 atingiu 13 milhões de toneladas, sendo Índia, República Dominicana, Brasil, México, Indonésia, e Nigéria os maiores produtores (FAO, 2019). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, com produção de 1,1 milhão de toneladas em 2019, perdendo apenas para a Índia e República Dominicana, situando-se entre os principais países produtores e exportadores da fruta (FAO, 2019). O fruto é produzido em todos os estados brasileiros, porém Espírito Santo, Bahia, e Ceará destacam-se como maiores produtores, os quais juntos representam 78,5 % da produção brasileira (IBGE, 2019).

Com o processo de industrialização do mamão em fruta cristalizada, néctares, geleias, sucos, compotas, uma grande quantidade de materiais são gerados, denominados resíduos agroindustriais. No processamento são retiradas casca e sementes, o que constitui cerca de 50% do peso total do fruto e as sementes correspondem em média 14%, sendo assim, a quantidade de resíduos produzidos e descartados por ano é consideravelmente elevada (VENTURINI, 2012). Os resíduos podem ter elevado valor nutricional, desde que empregados procedimentos adequados permitindo sua conversão em coprodutos para emprego em processos secundários (PELIZER; PONTIERI; MORAIS, 2007).

Uma forma de reduzir o descarte desses resíduos agroindustriais é o aproveitamento integral de frutas e hortaliças por meio da utilização de partes antes não aproveitadas, sendo reaproveitamento das sementes uma dessas alternativas. Muhamad et al. (2017), ao avaliar os extratos de semente de mamão extraídos por diferentes tipos de solventes, observaram que os mesmos apresentaram atividades antibacterianas contra *Salmonella enteritidis*, *Vibrio vulnificus*, *Proteus mirabilis* e *Bacillus cereus*. Kadiri et al. (2017) observaram que a farinha desengordurada de semente de mamão apresentou atividade antioxidante, tornando as sementes uma fonte promissora de antioxidantes naturais, compostos bioativos que podem ser úteis para a indústria de alimentos. Piovesan et al. (2017) ao avaliar o efeito da adição do extrato de semente de mamão em linguiça de frango, observou que a adição de 1,5% de extrato nas linguiças foi eficaz na redução da oxidação lipídica em comparação ao controle (sem adição de extrato).

Sabe-se que a maioria dos compostos bioativos se degradam com o decorrer do tempo, exposição a calor, pH extremos, luz, oxigênio ou processamento do alimento, perdendo sua atividade. Acredita-se que esse problema pode ser amenizado com o emprego de tecnologias de microencapsulação, esta que é considerada uma tecnologia de empacotamento de sólidos, líquidos ou materiais gasosos em microcápsulas, as quais podem liberar seu conteúdo de forma controlados sob condições específicas (ARSHADY, 1993; FÁVARO-TRINDADE; PINHO; ROCHA, 2008).

A microencapsulação tem por objetivo evitar a interação entre o núcleo e fatores ambientais, promovendo a proteção e conservação dos compostos sensíveis alimentares durante o processamento e período de estocagem, por permitir maior estabilidade desses compostos, o que permite maior período de armazenamento e melhor ação nos alimentos, liberação controlada no organismo de quem os ingere ou nos alimentos, mascarar ou preservar sabores e aromas, e transformar líquidos em ingredientes sólidos de fácil manipulação, incorporação em formulações, estocagem e transporte. Várias técnicas são empregadas para formar microcápsulas, incluindo *spray drying* e o *spray chilling* (FÁVARO-TRINDADE; PINHO; ROCHA, 2008).

A técnica de *spray drying* é um processo de baixo custo, bem conhecido, o qual é utilizado para produzir pós, grânulos ou aglomerados secos, por meio da atomização em câmaras de um produto líquido em uma corrente de gás quente para obter instantaneamente um pó (CHAWLA *et al.*, 1994; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007).

Diante do exposto, o aproveitamento de sementes de mamão na produção de novos produtos é uma alternativa relevante, pois além de fornecer novos ingredientes para as indústrias, visa à redução do descarte deste resíduo. Nesse sentido esse trabalho inova, pois se faz um estudo sobre as sementes de mamão do tipo Formosa, que é muito consumido no Brasil e tanto os seus frutos imaturos como os maduros são industrializados. Com base nisso, o presente estudo teve por objetivo avaliar o potencial nutricional e bioativo das sementes de mamão. Devido à ausência de pesquisas acerca da microencapsulação dos compostos bioativos dos extratos das sementes de mamão, encapsulá-los pela técnica de *spray drying*, a fim de promover maior estabilidade dos compostos bioativos. Além de promover benefícios para indústria, como fornecimento de novos ingredientes e para a saúde do consumidor, proporcionando maior disponibilidade desses compostos bioativos no organismo. Além disso, foi feito o estudo de condições do processo de secagem sobre as características físico-químicas dos pós obtidos, estabilidade dos compostos fenólicos durante

estocagem dos pós e avaliação da liberação dos compostos fenólicos das partículas em condições gastrointestinais simuladas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Ao longo da cadeia produtiva agroindustrial geram-se grandes quantidades de resíduos, que são sólidos, materiais presentes nas emissões atmosféricas e os efluentes líquidos (VALLE, 1995). Esses resíduos necessitam de um descarte adequado no meio ambiente, ou seja, necessitam de tratamento conforme padrões preconizados na legislação ambiental vigente. O acúmulo de grandes volumes não tratados e em locais inapropriados pode criar um ambiente favorável à proliferação de vetores transmissores de doenças, como baratas, ratos, moscas e formigas, os quais podem causar riscos à saúde humana, além de acarretar problemas de contaminação ambiental, principalmente dos recursos hídricos e do solo (AQUARONE, 1990).

No processamento de frutos, dentre os resíduos agroindustriais mais gerados destacam-se as cascas, sementes e bagaço, que podem constituir até 65-70% do peso total dos frutos dependendo de sua variedade e espécie. Desde o início da década de 1970, devido a crescente preocupação com os impactos ambientais e desperdício de alimentos causados pelas indústrias alimentícias, uma alternativa que vem ganhando interesse, é o aproveitamento de resíduos, conversão dessa biomassa a novos produtos como biocombustíveis, obtenção de compostos bioativos, materiais alimentícios, insumos químicos, rações e energia (OLIVEIRA *et al.*, 2002; GARMUS *et al.*, 2009).

Os resíduos contêm diversas substâncias de alto valor nutricional, como proteínas, minerais, carboidratos, fibras e compostos bioativos, desde que sejam empregadas tecnologias adequadas, este material pode ser transformado em matérias-primas para processos secundários e produtos comerciais (LAUFENBERG; KUNZ; NYSTROEM, 2003; UCHÔA THOMAZ *et al.*, 2014). Esses coprodutos poderiam ser utilizados a fim de promover o desenvolvimento de novos alimentos destinados à alimentação humana, também à alimentação animal, agregar valor nutricional e econômico aos produtos, contribuir significativamente com a economia dos países, maximizando lucros e propor uma solução adequada para o destino dos resíduos a fim de minimizar efluentes (UCHÔA THOMAZ *et al.*, 2014).

Com base nisso, diversos pesquisadores vêm estudando estratégias de aproveitamento desses subprodutos. Damasceno *et al.* (2016) ao avaliar o impacto da adição de diferentes concentrações de farinha de casca abacaxi sobre as características físico-químicas e a qualidade sensorial de barras de cereais, observou que a farinha de

casca de abacaxi contribuiu para a qualidade microbiológica e tecnológica das barras. Segundo os autores, a farinha de casca de abacaxi é uma boa opção para ser adicionada em barras de cereal, pois além de agregar valor nutricional às barras, causou uma boa aceitabilidade (superior a 70%) até mesmo na maior concentração de adição de farinha 6%. Damiani *et al.* (2011), ao avaliar doces de corte, formulados com diferentes níveis de casca da manga cv. Haden em substituição à polpa observaram que a casca de manga contribuiu para redução do valor calórico, aumentou os teores de fibras e a atividade antioxidante, elevando os valores nutricionais, além de proporcionar uma boa aceitabilidade entre os consumidores.

Silveira *et al.* (2017) ao analisar o aproveitamento tecnológico das sementes de goiaba (*psidium guajava l.*) como farinha na elaboração de biscoitos, concluíram que a semente de goiaba é uma fonte viável na substituição parcial da farinha de trigo em produtos panificáveis. Os biscoitos adicionados de semente de goiaba obtiveram boa aceitação sensorial pelos avaliadores. Medeiros (2017) observou que a adição de semente de melão promoveu bom rendimento, aumento de cálcio, e diminuição do teor de sódio nos biscoitos tipo *cookies*. Segundo Santos (2018), a adição de farinha mista de casca e semente de mamão em pães de fôrma integral, causou aumento nutricional (proteínas e fibras) e boa aceitação sensorial, se mostrando como uma alternativa de nutrientes e aproveitamento do resíduo oriundo do processamento de mamão.

Garcia (2017) ao avaliar a extração de corante natural do resíduo da uva por meio de extração sólido-líquido com solvente hidroalcoólico, obteve um corante em pó com uma coloração com tons de violeta claro, o qual pode ser utilizado na substituição de corantes sintéticos, a fim de atender as exigências do público consumidor por alimentos mais naturais. Silva (2017) em seu estudo sobre resíduos industriais de tomate (*Solanum lycopersicum l.*): caracterização química e otimização do processo de extração de licopeno, obteve um rendimento de extração de 70% utilizando o solvente etanol e o maior teor de licopeno extraído foi das cascas de tomates isentas de sementes. Demonstrando a importância desses resíduos para extração de corantes e compostos bioativos.

Malacrida e Jorge (2012) ao caracterizar quimicamente o óleo bruto extraído das sementes de maracujá-amarelo e avaliar suas propriedades antioxidantes observaram que o óleo de semente de maracujá além de possuir teores significativos de antioxidantes naturais, o que pode ser utilizado como um aditivo alimentar,

proporcionando o aumento da estabilidade e a qualidade dos produtos alimentícios, pode ser empregado como ingredientes em variados setores industriais.

Santos *et al.* (2015) ao avaliar o desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com silagem de bagaço de laranja, concluíram que o bagaço de laranja se mostrou uma boa fonte econômica para substituição do milho, o qual em concentrações de até 66% de bagaço nas formulações não afetou as características de carcaça.

Resíduos agroindustriais têm mostrado bons resultados como fonte de nutrientes, sendo utilizados como substrato no setor agrícola. Zorzeto, Júnior e Dechen (2016) observaram que substratos a base de fibra de coco granulada e casca de arroz contribuíram para uma maior produção do morangueiro “Oso Grande”. Lopes *et al.* (2015) observou que o substrato de casca de mamoneira compostada promoveu a germinação de 100% das mudas de tomateiro, demonstrando boa eficiência. Silva *et al.* (2016) observou que a aplicação da vinhaça no solo em doses superiores a 50 m³ ha⁻¹, em um período de três anos, contribuiu com a fertilidade do solo, aumentando os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e matéria orgânica, além de promover a redução do teor de alumínio.

Os resíduos vegetais também podem ser utilizados para extração e substrato para produção de enzimas. Abud, Araújo e Almeida (2015), ao avaliar o uso de resíduos da laranja lima e da casca de coco verde como substrato para a produção de enzimas oriunda da fermentação semissólida pelo microrganismo *Aspergillus niger*, observaram que a fermentação semissólida utilizando casca de coco verde como substrato apresentou melhor eficiência de produção das enzimas avicelase e de carboximetilcelulase. Sampaio, Haddad e Wiendl (2018) ao avaliarem a utilização de resíduo de cana de açúcar, resíduo de laranja, resíduo de uva e farelo de trigo como substratos para produção da tanase por meio da fermentação sólida, observaram que a linhagem de fúngica LAB29VW foi eficiente na produção da enzima em todos os resíduos testados. Porém os resíduos de uva e de trigo foram os mais eficientes como substrato para a produção da enzima.

Okino-Delgado e Fleuri (2014) ao avaliarem a obtenção de lipase dos subprodutos do processamento de suco de laranja, os quais investigaram a pele (parte colorida), epicarpo (parte onde possui as glândulas de óleo) e o albedo, concluíram que foi possível extrair lipase de todas as partes avaliadas dos resíduos, sendo o epicarpo o resíduo que apresentou maior teor, 68.5 U / g para o extrato bruto. O uso de resíduos

agroindustriais é uma boa alternativa para produção de enzimas, pois além de dar uma destinação a esses resíduos promove uma redução dos custos de produção.

Esses resíduos podem ser utilizados como matéria-prima em diversos setores, até mesmo na produção de bioenergia. Conforme descrito por Fernando *et al.* (2014), resíduos de manga podem apresentar-se eficientes como substrato para *Saccharomyces cerevisiae* Y2034 em processos de fermentação para produção de bioetanol. Segundo Gomes (2015) é possível produzir etanol com a utilização de casca de mamão como substrato para a *Saccharomices cerevisiae*. Iha *et al.* (2018) avaliaram o potencial das sementes de maracujá e goiaba como fonte para a produção de biodiesel, observaram que é possível extrair óleos de ambos os resíduos e usá-los para a produção de biocombustíveis.

2.2 MAMÃO

Fruto nativo da região tropical, o mamão pertence à família *Caricaceae*, é do gênero *Carica* o qual envolve apenas uma espécie, a *Carica papaya L.* O mamoeiro é uma árvore com única haste, caule verde, possui arranjo espiral de folhas grandes e recortado, que deixa confinado a parte superior do tronco, tem flores amarelas ou brancas e látex leitoso. Possui crescimento rápido, podendo atingir até 8 metros de altura. Formato, tamanho, peso e coloração variam de acordo com a variedade. A casca é resistente, lisa, e de acordo com seu grau de maturação apresenta cor verde quando imaturo ou amarelo-alaranjado quando maduro (GOMES, 1982; LUNA, 1986).

O mamão é considerado um fruto climatérico, para os quais ocorre aumento na taxa respiratória mesmo após a colheita. Com base nisso, o Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura estabeleceu parâmetros de classificação por meio do estágio de maturação do fruto (Quadro 1). A escolha do estágio adequado para colheita dos frutos depende da destinação, forma de consumo, tipo e distância do mercado consumidor (MARIN, 2004). Contudo, frutos colhidos completamente maduros tem *self life* reduzida, possui resistência física baixa, causando dificuldade de manipulação, transporte e armazenamento.

Quadro 1: Estágios de maturação do mamão para colheita

Estágio 0	Fruto crescido e desenvolvido (100% verde)
Estágio 1	Fruto com até 15% da superfície amarela
Estágio 2	Frutos com até 25% da superfície amarela
Estágio 3	Frutos com até 50% da superfície amarela
Estágio 4	Frutos com até 75% da superfície amarela
Estágio 5	Frutos com 76% a 100% da superfície amarela

Fonte: (RITZINGER; SOUZA, 2000; HORTIBRASIL, 2009)

O mamão é um fruto nutritivo, rico em carboidratos, vitamina C e do Complexo B, sais minerais e betacaroteno, este, precursor da vitamina A (Tabela 1).

Tabela 1: Composição do mamão formosa por 100 gramas

Compostos	Teor
Umidade	86,90 g
Carboidratos	11,6 g
Fibra Alimentar	1,8 g
Cinzas	0,6 g
Cálcio	25 mg
Magnésio	17 mg
Vitamina C	80,02 mg
Betacaroteno	546,6 µg
Pectina	0,8 g

Fonte: (TACO, 2011; OLIVEIRA et al., 2011)

Contudo a composição do fruto pode variar em função da época do ano, cultivar, nutrientes presentes no solo e grau de maturação. No geral, os frutos apresentam polpa doce, macia, de cor alaranjada, características sensoriais, físico-químicas e digestivas que contribuem para a fruta ser um alimento saudável para consumidores de todas as faixas etárias.

O fruto é cultivado em todo território de clima tropical, produzido o ano inteiro, porém seu período de safra, onde a produção ocorre em maior escala, ocorre entre os meses de dezembro a maio (HAMM, 2002). As principais variedades comercializadas no Brasil estão baseadas em dois tipos: os do tipo Formosa, que são frutos alongados, polpa amarelo alaranjada, possui peso médio de 1,1 kg e são apropriadas somente à comercialização no mercado interno, e os do tipo Solo (também conhecido como mamão papaya, ou mamão havaí), que são frutos que possuem forma de pera, polpa vermelho alaranjada, peso médio de 500 gramas e são destinados ao mercado interno e externo (FERREIRA, 2010; MARIM, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Devido à facilidade de cultivo e produção o ano inteiro, o mamão se difundiu por diversas áreas do planeta. A produção mundial de mamão em 2019 atingiu 13 milhões de toneladas, sendo Índia, República Dominicana, Brasil, México, Indonésia, e Nigéria os maiores produtores (FAO, 2019). O Brasil é o terceiro maior exportador do fruto, correspondendo a 10 % da exportação mundial e o terceiro maior produtor mundial, com produção de 1 milhão de toneladas em 2019, perdendo apenas para a Índia e República Dominicana e situando-se entre os principais países produtores e

exportadores da fruta (FAO, 2019). O fruto é produzido em todos os estados brasileiros, porém Bahia, Espírito Santo e Ceará destacam-se como maiores produtores, os quais juntos representam mais de 75 % da produção brasileira (IBGE, 2019).

2.2.1 Produtos e subprodutos do processamento de mamão

Além de consumido na forma *in natura*, do fruto do mamoeiro são produzidos diversos produtos, como néctares, geleias, suco, mamão em calda, mamão cristalizado, polpa ou purê, extração de pectina, papaína a partir do látex e óleos (SANCHES; DANTAS, 1999). Com o processo de industrialização gera-se uma grande quantidade de resíduos agroindustriais, estes, que são os elementos considerados não produtivos de forma direta, que são gerados de produtos agrícolas não manufaturados, como frutas, vegetais e grãos durante seu cultivo, criação e preparação (LIRA, 2011).

No processamento do mamão são removidas cascas e sementes, o que constitui cerca de 50% do peso total do fruto, os quais são descartados na maioria das vezes de forma inadequada (VENTURINI, 2012). Os frutos possuem grandes quantidades de sementes, que correspondem em média 14% do peso do fruto. Sendo assim, a quantidade de resíduos do mamão produzidos e descartados por ano é consideravelmente elevada (MARTIN *et al.*, 1989).

2.2.2 Semente de mamão

As sementes de mamão formosa possuem em média cerca de 38% de fibra bruta, 24% de lipídeos, 25% de proteínas e 8% de cinzas, além do alto teor de compostos antioxidantes, ou seja, possuem alto valor nutricional (CRUZ *et al.*, 2019; KADIRI *et al.*, 2017). Segundo Senrayan e Venkatachalam (2018), o óleo de semente de mamão extraído por extração assistida por solvente, possui 21% de ácidos graxos saturados, 73% de monoinsaturados e 5% de poli-insaturados. O ácido oleico foi o ácido graxo predominante no óleo das sementes, correspondendo a 70% dos ácidos graxos. Essa composição está próxima ou superior aos óleos vegetais disponíveis no mercado, como de oliva (75,7 %), canola (65,7%), abacate (60,7%) e girassol (26,2%) (ALVES *et al.*, 2019). O óleo de semente de mamão é uma boa alternativa para extração do ácido oleico, composto que possui aplicações em diversos tipos de indústria, como a

cosmética, farmacêutica e de alimentos. O óleo pode ser também utilizado como matéria prima para a produção de biodiesel (KHALAF; DESA; BAHARUM, 2019).

As sementes são fontes de glucosinolatos, principalmente o glucosinato de benzila, este que é um composto encontrado em todas as partes do mamão, o qual é responsável primeiramente pelo desenvolvimento do fruto, é uma substância de reserva e de defesa da planta (ROSSETTO *et al.*, 2008). Segundo Li *et al.* (2012), o composto pode ser produzido na casca e polpa do mamão quando imaturo e armazenado nas sementes após o amadurecimento do fruto com objetivo de armazenamento de enxofre e proteção das sementes.

O glucosinato de benzila é o precursor do isotiocianato de benzila, que é obtido por meio da enzima mirosinase, presente no próprio vegetal. A enzima mirosinase tem sua atividade iniciada pela maturação, injúrias e ação fúngica (BONES; ROSSITER, 1996). O isotiocianato de benzila possui ação contra a célula H69 de câncer de pulmão e pode inibir o desenvolvimento de câncer de pâncreas (LI *et al.* 2012; KOROIWA *et al.*, 2006).

Castro-Vargas, Baumann e Parada - Alfonso (2016) observaram que o isolado de isotiocianato de benzila possui boa eficiência contra a oxidação lipídica em óleo vegetal, apresentando ação antioxidante maior que os antioxidantes sintéticos BHT e TBHQ, o qual inibiu a formação de hexanal, hidroperóxidos de ácido linoléico e TBARS.

Cruz *et al.*, (2019), ao avaliar a adição de sementes de mamão em geleias de mamão, observou aumento da atividade antioxidante nesses produtos quando comparado o tratamento sem adição de sementes. Os extratos de sementes de mamão podem também ser utilizados para reduzir a oxidação de óleos vegetais e em alimentos (JORGE; MALACRIDA, 2008; SOFI *et al.*, 2016). O extrato apresentou alto índice de compostos fenólicos quando comparado a outros resíduos, 6,7 mg AGE/g de extrato. Já Rivera-Ochoa *et al.*, (2016), ao avaliar o teor de fenólicos totais nas sementes de mamão, encontraram 5,3 mg AGE/ g de sementes, concluindo que as sementes são boas fontes de compostos fenólicos, os quais podem ser acrescidos em diferentes alimentos.

Estudos tem mostrado que o extrato de semente de mamão possui atividade antimicrobiana. Conforme Tumpa, Hossain e Ishika (2015), o extrato metanólico de semente de mamão possui atividade antimicrobiana contra as bactérias gram-negativas *Escherichia coli* e *Salmonella typhi* e maior atividade contra as bactérias gram-positivas *Bacillus cereus* e *Bacillus subtilis*. O extrato também apresentou atividade

antimicrobiana contra *Salmonella enteritidis*, *Vibrio vulnificus*, *Proteus mirabilis* (MUHAMAD *et al.*, 2017). O óleo essencial de semente de mamão possui ação antifúngica contra *Candida spp*, se mostrando um promissor antifúngico natural (HE *et al.*, 2017).

As sementes de mamão possuem ação antiparasitária contra helmintos intestinais em frangos. Segundo Nideou (2017) a incorporação de semente de mamão em pó na alimentação de frangos, além de melhorar o ganho de peso, foi mais eficiente na redução da carga parasitária de *Trichostrongylus sp*, *Heterakis sp*, *Ascaridia sp* e *Syngamus sp* que o antiparasitário comercial Citrato de piperazina. Demonstrando que as sementes podem ser empregadas como alternativa anti-helmíntica natural em granjas avícolas.

Com base nisso, o consumo dessas sementes promove um desenvolvimento sustentável de baixo custo, oferece diversos compostos bioativos e nutrientes a humanos e animais. Porém, faz-se necessário a criação de estratégias que possibilitem de forma mais acessível o consumo.

2.3 MICROENCAPSULAÇÃO

2.3.1 Aspectos gerais

Empregada na área de cosméticos, fármacos, agroquímica e de alimentos, e considerada uma tecnologia inovadora, a técnica de microencapsulação é uma tecnologia de embalagem (empacotamento), a qual consiste na imobilização de um ou mais compostos (sólidos, líquidos ou materiais gasosos) em microcápsulas, constituídas por um ou mais materiais de parede (encapsulante). Tem por intuito proteger o composto encapsulado contra fatores externos, como, ação enzimática, pH extremos, luz, oxigênio, calor e umidade durante o processamento e período de estocagem. Permite a liberação controlada de seu conteúdo sob condições específicas, como a liberação no estômago ou intestino, liberação de ingredientes (aromatizantes e saborizantes), possibilita a transformação de líquidos em ingredientes sólidos de fácil de manipulação, incorporação em formulações, fácil estocagem e transporte (ARSHADY, 1993; FÁVARO-TRINDADE; PINHO; ROCHA, 2008).

As partículas obtidas pela técnica de microencapsulação são denominadas com base em sua morfologia, em microcápsulas ou microesferas (Figura 1).

Figura 1. Classificação de microcápsula e microesfera

Fonte: Adaptado de SILVA *et al.*, 2003 e GHARSALLAOUI *et al.*, 2007

Nas microcápsulas o agente encapsulante (material de parede) envolve totalmente o composto a ser encapsulado originando um ou mais núcleos de material ativo, pode-se também produzir partículas com diversas paredes. Já as microesferas são formadas por matriz polimérica homogênea ou heterogênea, a qual o composto de interesse situa-se dissolvido ou distribuído em toda a estrutura da partícula, até mesmo na superfície (GHARSALLAOUI *et al.*, 2007).

As partículas podem apresentar formato irregular. Em relação ao tamanho, o qual pode variar com base no material encapsulante e técnica de encapsulação usada, as partículas são classificadas como nano ($<0,2 \mu\text{m}$), micro ($0,2 - 5000 \mu\text{m}$) e macro ($>5000 \mu\text{m}$) (RISCH; REINECCIUS, 1995).

A escolha do material encapsulante (material de parede) depende de variados fatores, como a não reatividade com o material a ser encapsulado, ser compatível com o composto a ser encapsulado, possuir baixa viscosidade em elevadas concentrações de sólidos, baixa higroscopicidade, o processo empregado para a obtenção das microcápsulas e o mecanismo de liberação ideal (FÁVARO-TRINDADE; PINHO; ROCHA, 2008; CHAMPAGNE; FUSTIER, 2007). No setor de alimentos a técnica é muito utilizada para encapsulação de aromas, pigmentos, óleos essenciais, ingredientes bioativos e microrganismos. Os agentes encapsulantes devem ser de grau alimentício e promover a proteção do composto encapsulado (ONWULATA, 2012).

2.3.2 Microencapsulação por *spray drying*

Conhecida como uma das técnicas de microencapsulação mais antigas, a secagem por atomização, mais conhecida como *spray drying*, é utilizada para produzir pós, grânulos ou aglomerados secos pela indústria de processos em geral. Atualmente a técnica é bastante conhecida e empregada na indústria de alimentos e farmacêutica. É considerada uma técnica de baixo custo, utiliza-se equipamento (*spray dryer*) de fácil acesso e manuseio, o qual se tornou o principal equipamento de secagem de materiais sensíveis ao calor, por preservar a atividade de diversos compostos alimentares e biológicos, devido ao baixo tempo de permanência dos produtos na câmara de secagem e resultar em partículas de boa qualidade (CHAWLA *et al.*, 1994; ROSA; TSUKADA; FREITAS, 2006; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007).

A encapsulação por meio de secagem por atomização é um método físico e contínuo que consiste em três etapas principais: dispersão, atomização e separação.

Primeiramente a substância a ser encapsulada é dissolvida, emulsionada ou dispersa e homogeneizada com o agente encapsulante (material de parede). Em seguida a solução homogeneizada é bombeada para os atomizadores do equipamento, onde será pulverizada dentro da câmara de secagem formando pequenas gotículas. Nessa etapa inicia-se a desidratação, as gotículas entram em contato com o fluxo de ar quente, causando uma evaporação instantânea do solvente, o que contribui para manter baixa temperatura no núcleo das partículas ($<40^{\circ}\text{C}$), evitando possíveis degradações dos compostos encapsulados. Posteriormente as partículas secas e finas (menos densas) são separadas do ar úmido no ciclone e coletadas, já as partículas mais densas são coletadas na base da câmara de secagem (Figura 3) (GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; TANAKA, 2007).

Figura 2. Processo de secagem por *spray drying*

Fonte: Adaptado de Sosnik e Seremeta, 2015

O produto final obtido pode apresentar características físico-químicas que variam conforme as variáveis utilizadas no processo, como temperatura do ar de secagem, pois temperaturas elevadas podem causar desidratação excessiva originando

partículas com membranas quebradiças e redução da atividade do agente encapsulado. Já baixas temperaturas podem causar evaporação inadequada do solvente, resultando em partículas mais úmidas. O diâmetro do bico atomizador deve ser devidamente regulado a fim de garantir que todas as partículas ao serem aspergidas na câmara de secagem alcancem desidratação almejada, pois grande diâmetro do bico pode resultar numa desidratação inadequada (KANDANSAMY; SOMASUNDARAM, 2012; CALOMENI, 2017).

As partículas produzidas por *spray drying* são classificadas como matriciais, e em sua maioria produzem microesferas ocas e possuem núcleo distribuído na forma de micropartículas na matriz seca do material encapsulante (Figura 2) (AZEREDO, 2008). Como agentes carreadores, no processo de encapsulação por *spray drying*, utilizam-se mais comumente os polissacarídeos goma arábica e a maltodextrina.

2.3.3 Maltodextrina como material de parede

Produto oriundo da hidrólise parcial do amido por meio de ação enzimática ou de ácidos, a maltodextrina é um carboidrato e são classificadas com base no grau de dextrose equivalente (DE), unidade de medida usada para determinar a extensão da hidrólise do amido e indica suas características e funcionalidades. Maior grau de hidrólise, maior DE, assim como maior higroscopicidade, solubilidade em água e menor peso molecular. Baixo teor de DE, proporciona maior coesividade, viscosidade e maior peso molecular. As maltodextrinas possuem DE entre 5 a 20 (BEMILLER; HUBER, 2010).

Na forma de pó, possuem cor branca, baixa densidade, são solúveis em água, possuem baixa viscosidade em altas concentrações, baixo custo e não possuem propriedades emulsificantes. Esse carboidrato tem sido bastante utilizado como agente carreador (material de parede) na forma pura ou em combinação com gomas pela técnica de encapsulação por *spray drying*, pois além de não conferir sabor doce quando aplicados aos alimentos, podem proporcionar proteção aos compostos encapsulados, principalmente compostos voláteis (BEMILLER; HUBER, 2010; CORTÉS-ROJAS; SOUZA; OLIVEIRA, 2014.).

Estudos sobre a utilização da maltodextrina como agente carreador têm demonstrado boa proteção aos compostos encapsulados. Calomeni *et al.* (2017) ao avaliarem as propriedades de extratos de pele de amendoim secos por pulverização,

observaram que a utilização de 30% de maltodextrina contribuiu para maior estabilidade dos compostos fenólicos, atividade antioxidante e antimicrobiana contra as bactérias *S. aureus*, *L. monocytogenes* e *S. aureus* durante o período de armazenamento.

Souza *et al.* (2015) ao utilizar maltodextrina como agente carreador no desenvolvimento de pigmentos em pó de subprodutos (cascas e sementes) de uva, produzidos pela técnica de *spray drying*, observaram que o agente carreador promoveu maior estabilidade da cor e no teor de antocianinas durante a estocagem. Concluindo, o carreador contribui para maior estabilidade das antocianinas e atividade antimicrobiana dos pós atomizados em comparação aos liofilizados.

Kang *et al.* (2019) ao avaliar a influência de diferentes carreadores sobre a estabilidade da clorofila, observaram que a clorofila encapsulada somente com maltodextrina contribuiu para maior estabilidade durante o armazenamento e melhores características físico-químicas do que as microcápsulas revestidas de misturas de goma arábica com maltodextrina, demonstrando ser o agente carreador ideal para esse composto e técnica de encapsulação.

Costa *et al.* (2018) observaram que a utilização de maltodextrina como agente carreador para encapsulação das epicatequina e quercetina extraídas das sementes de cupuaçu, foi eficiente na proteção durante o armazenamento, além de contribuir para melhor liberação dos compostos fenólicos sob condições gastrointestinais simuladas. A utilização de maltodextrina como agente carreador contribui para redução da umidade e maior solubilidade das partículas (CALOMENI *et al.*, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATÉRIAS PRIMAS

Como matéria prima para a realização deste trabalho foram utilizadas sementes de mamão do tipo Formosa, imaturo, em estágio de maturação 0 (Fruto crescido e desenvolvido, 100% da superfície verde) (Figura 3. A, B e C), obtidas das docerias “Doces Mineiro”, localizada no município de Uberaba, Minas Gerais, Brasil e “Doces Colmeia Ltda”, localizada no município de Caldas, Minas Gerais, Brasil, e sementes de mamão maduro, em estágio de maturação 5 (Frutos com 76% a 100% da superfície amarela), (Figura 3. D, E, F), obtidas da Doceria Schmidt Ltda, no Distrito de Engenheiro Schmitt, município de São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. Todas as sementes foram oriundas da produção de doces cristalizados e em calda.

Figura 3. Aparência dos mamões e sementes que foram utilizados no desenvolvimento desse trabalho.

Nesta figura, A (mamão verde); B (Corte longitudinal do mamão verde); C (Sementes verde). D (mamão maduro); E (Corte longitudinal do mamão maduro); F (Sementes maduras). Fonte: Própria autoria

Maltodextrina DE10 (MOR-REX.®. 1910. Produtor Ingredion®, Mogi Guaçu, Brasil) foi utilizada como agente carreador na secagem por *spray drying*.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Preparação e desidratação das sementes de mamão

As sementes imaturas e maduras de mamão foram lavadas para remoção de resíduo de polpa e em seguida foram desidratadas em desidratador com circulação de ar forçada da marca Pardal, modelo PE 60 (Pardal Tec, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil), a 65 °C por 18 horas. Após a secagem, as sementes desidratadas foram trituradas em liquidificador doméstico Philips Walita modelo Viva Problend RI2134, peneiradas em peneiras de 20 mesh.

3.2.2 Composição Físico-química das sementes de mamão

As sementes imaturas e maduras de mamão foram caracterizadas em relação aos teores umidade, cinzas (massa mineral (MM)), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE) segundo metodologia descrita pela A.O.A.C(2005). O teor de carboidrato total foi determinado por meio da equação 1:

$$100 - (MM\% + PB\% + FB\% + EE\%) \quad (1)$$

3.2.3 Extração do óleo das sementes de mamão

Para extração do óleo de semente de mamão utilizou-se a proporção de 1:5 (m/v), adicionando-se 1 parte de sementes de mamão seca e triturada a 5 partes do solvente (hexano P.A) baseada na metodologia descrita por Bruni *et al.* (2014) com adaptações. Essa mistura se manteve sob agitação mecânica a 600 rpm por 30 minutos em temperatura média de 25°C. Transcorrido esse período, a solução foi filtrada em papel filtro Whatman nº3 com auxílio de bomba a vácuo para separação das sementes. A solução filtrada foi resfriada e concentrada sob nitrogênio para evaporação do hexano em concentrador de nitrogênio (TE-019 Concentrador, Tecnal, Piracicaba). O óleo obtido foi armazenado em vidro âmbar sob refrigeração a 4 °C até o momento da utilização.

3.2.4 Perfil de ácidos graxos dos óleos de sementes de mamão

Para avaliação do perfil de ácidos graxos, realizou-se primeiramente a conversão dos ácidos graxos presentes nos óleos de semente de mamão em ésteres metílicos por meio de reações de transesterificação de acordo com o método oficial Ce2-66 da AOCS (1998). Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram analisados por GC-MS utilizando cromatógrafo gasoso (Shimadzu, modelo 2010AF, Kyoto, Japão), com injetor automático (Shimadzu, modelo AOC 20i, Kyoto, Japão) e detector de ionização de chama (FID) com base no método Ce1-62. A análise foi realizada nas seguintes condições experimentais: coluna capilar SP-2560 0,20 μm de espessura, 100 m x 0,25 mm de diâmetro interno (Supelco, Bellefonte, PA, USA), hélio como gás de arraste a 0,74 mL/s, temperatura do injetor de 250 °C, temperatura do FID de 260 °C e volume de injeção de 1 μL (Proporção de 100:1). As amostras foram mantidas a 140 °C por 5 minutos, depois aquecidas até 240 °C a 4 °C/min e mantidas nesta temperatura por 15 minutos.

Os ácidos graxos foram identificados por meio da comparação com padrões externos adquiridos da Supelco (Bellefonte, PA, USA). A quantificação foi realizada com base nas relações de área de cada ácido graxo com a área do padrão interno Tridecanoato de metila C13: 0 da Sigma-Aldrich (Bellefonte, PA, EUA) utilizando os fatores de correção de resposta do detector de ionização de chama e de conversão de ésteres metílicos de ácidos graxos para ácido graxo (ZENEBON *et al.*, 2008).

3.2.5 Preparação dos extratos hidroetanólicos das sementes de mamão

Para a preparação dos extratos hidroetanólicos de sementes de mamão utilizou-se as sementes oriundas da extração do óleo. As sementes separadas da solução de hexano por meio da filtração foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 65°C por 18 horas para evaporação do solvente hexano.

As condições de extração do etanol foram definidas com base em testes preliminares, onde definiu a condição que apresentou melhor extração de fenólicos totais. Posteriormente, utilizou-se a proporção 1:10 (m/v), adicionando-se 1 parte de sementes de mamão a 10 partes de solvente (etanol aquoso a 40% v/v). Essa mistura se manteve sob agitação mecânica a 600 rpm em banho-maria (Ultra Cleaner 1400, Unique) a 60°C por 45 minutos. Transcorrido esse período, os extratos foram

centrifugados em centrífuga (Eppendorf, Hamburg, Alemanha) a temperatura de 25 °C e 7000 rpm por 5 minutos para separação dos sólidos. O extrato foi filtrado em papel filtro Whatman nº3 com auxílio de bomba a vácuo e o filtrado foi concentrado em rotoevaporador (TE-211, Tecnal, Piracicaba, Brasil) a temperatura de 45°C até 40% do volume produzido após a extração.

3.2.6 Caracterização dos extratos líquidos concentrados

O extrato concentrado foi caracterizado em relação ao teor de umidade utilizando o analisador de umidade modelo MB 35 da marca Ohaus (Ohio, Estados Unidos). O teor de sólidos solúveis totais por meio da mensuração em refratômetro analógico, no qual a leitura é dada por meio da refração da luz e expressa em °Brix. O valor de pH foi mensurado em potenciômetro (modelo MB-10, Marte, Piracicaba, Brasil).

3.2.7 Determinação do teor de fenólicos totais do extrato líquido concentrado

Os teores totais de compostos fenólicos foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu, descrito por Singleton, Orthofer e Lamula-Raventós (1999) com adaptações sugeridas por Souza *et al.* (2014). Os extratos líquidos foram diluídos em diferentes concentrações. Uma alíquota de 0,25 mL de cada extrato diluído foi adicionada a 2 mL de água destilada e 0,25 mL do reagente de Folin–Ciocalteu. Os tubos foram acondicionados por 3 minutos em ambiente isento da incidência de luz. Em seguida, adicionou-se a mistura 0,25 mL de solução saturada de carbonato de sódio (Na_2CO_3), sendo homogeneizado em agitador de tubos por 10 segundos. Os tubos foram acondicionados em banho-maria e isentos de luz a 37°C por 30 minutos para completar a reação. A absorbância foi mensurada a 740 nm em espectrofotômetro (Ultrospec 2000, Pharmacia Biotech). O resultado foi expresso em mg de ácido gálico equivalente / g de extrato (mg de EAG / g), calculados por meio de uma curva de calibração $Y = 0,1708X + 0,0048$, utilizando ácido gálico como padrão, onde Y é a absorbância e X é a concentração de ácido gálico; $R^2 = 0,9989$, construída por meio de concentrações de ácido gálico que variam de 0 a 6 µg/mL.

3.2.8 Capacidade antioxidante pelo método ABTS^{•+} dos extratos líquidos concentrados

A capacidade antioxidante dos extratos líquidos foi determinada por meio da captura do radical livre ABTS^{•+}, segundo metodologia descrita por Rufino *et al.*, (2006). A solução do radical ABTS^{•+} foi produzida por meio da reação de 5 ml da solução estoque de ABTS^{•+} a 7 mM com 88 µl da solução de persulfato de potássio a 140 mM. A solução permaneceu isenta de luz e a temperatura ambiente por 16 horas para estabilização da solução e reação completa. Posteriormente, diluiu-se essa solução com álcool etílico (P.A) até obter absorvância de $0,7 \pm 0,05$ a 734 nm. Os extratos líquidos foram diluídos em diferentes concentrações para possibilitar uma absorvância dentro dos intervalos da curva de calibração. Em ambiente escuro, transferiu-se para tubos de ensaio 30 µl de cada diluição de extratos e adicionou-se 3 ml do radical ABTS^{•+}, os quais foram homogeneizados em agitador de tubos por 10 segundos. Os tubos foram mantidos em ambiente escuro por 6 minutos para completar a reação, posteriormente a absorvância foi mensurada a 734 nm em espectrofotômetro (Ultrospec 2000, Pharmacia Biotech) utilizando-se o álcool etílico (P.A) como branco. O resultado foi expresso em µM de trolox / g de extrato, calculados por meio de uma curva de calibração $Y = -0,0465x + 0,8551$, utilizando o reagente Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido-carboxílico, Marca Sigma, código 218940050) como padrão, onde Y é a absorvância e X é a concentração de trolox; $R^2 = 0,9960$, construída por meio de concentrações finais de solução de trolox que variam de 100 a 2000 µM.

3.2.9 Capacidade redutora do ferro (FRAP) dos extratos líquidos concentrados

A capacidade antioxidante dos extratos líquidos foi determinada pelo método de redução do ferro (FRAP) por meio de metodologia descrita por Rufino *et al.*, (2006). A solução do reagente FRAP foi produzida por meio da combinação de 25 ml de tampão acetato a 0,3 M, 2,5 ml de solução TPTZ ((2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina), Marca Sigma, código T1253) a 10 mM e 2,5 ml de solução aquosa de cloreto férrico hexahidratado a 20 mM. Os extratos líquidos foram diluídos em diferentes concentrações para possibilitar uma absorvância dentro dos intervalos da curva de calibração. Em ambiente escuro, transferiu-se para tubos de ensaio uma alíquota de 90 µl de cada diluição de extratos, adicionou-se 270 µl de água destilada e 2,7 ml do reagente FRAP. Os tubos

foram homogeneizados em agitador de tubos por 10 segundos e foram mantidos em ambiente escuro e em banho-maria a 37 °C por 30 minutos para completar a reação. Posteriormente a absorbância foi mensurada a 595 nm em espectrofotômetro (Ultrospec 2000, Pharmacia Biotech) utilizando-se o reagente FRAP como branco. O resultado foi expresso em μM de sulfato ferroso/g de extrato, calculados por meio de uma curva de calibração $Y = 0,0868x - 0,1623$, utilizando-se o reagente sulfato ferroso a 2 mM como padrão, onde Y é a absorbância e X é a concentração de trolox; $R^2 = 0,9976$, construída por meio de concentrações finais de solução de sulfato ferroso que variam de 500 a 2000 μM .

3.2.10 Atividade Antimicrobiana dos extratos líquidos concentrados

A atividade antimicrobiana dos extratos de sementes de mamão em 2 estágios de maturação foi avaliada por meio da técnica de difusão em disco (HECHT *et al.*, 2003). Foram testadas as bactérias *Salmonella enteritidis* ATCC13076, *Escherichia coli* INCQS0017 e *Staphylococcus aureus* ATCC25923. A tetraciclina e gentamicina foram utilizadas como controle positivo e o caldo BHI e água destilada como controle negativo. Para repicagem das bactérias testadas, incubou-se cada bactéria em 10 ml de caldo BHI a 37°C por 18 horas. Após a encubação foi necessário a padronização das suspensões bacterianas em espectrofotômetro ajustando a escala de MacFarland 0,5 que corresponde a 0,08 a 0,10 de absorbância ($ABS = 1$ a 2×10^8 UFC/ml). Posteriormente a padronização, realizou-se a inoculação de cada bactéria por meio de swab, realizando a semeadura por esgotamento em placas de Petri contendo ágar Muller Hinton.

Posteriormente, nas placas já secas foram acondicionados os discos de papel filtro contendo 20 μL do controle negativo (extrato puro), os controles positivos (antibióticos tetraciclina a uma concentração de 30mcg e gentamicina a uma concentração de 10mcg), água destilada e caldo BHI. As placas foram incubadas em estufa bacteriológica a 35°C por 24 horas. Posteriormente verificou-se a formação de halo de inibição.

3.2.11 Microencapsulação por *spray drying*

As partículas foram obtidas utilizando a maltodextrina DE10 (MOR-REX.®. 1910. Produtor. Ingredion®) como agente carreador. A massa do agente carreador adicionada foi calculada com base na massa fixada de solução final, assim como a massa de extrato adicionado (Tabela 2) a fim de obter o mesmo peso para todas as formulações e mesmo tempo de atomização.

A mistura foi homogeneizada com auxílio de UltraTurrax (Ika, Alemanha) a 10000 rpm por 3 minutos e retirou-se alíquotas de 1 ml para determinação do teor de fenólicos totais e umidade. A secagem por atomização foi realizada em um *spray dryer* piloto modelo MSD 5.0 da marca Labmaq do Brasil Ltda (Ribeirão Preto, Brasil), que operou com bico injetor de 2,0 mm de diâmetro, vazão de ar de 40 L/min e pressão de atomização de 2 bar. A vazão de alimentação da mistura foi de 10 mL/min. Foi realizado um experimento fatorial 2x3 determinado segundo um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) para cada tipo de semente (imatura e madura). As variáveis testadas foram temperatura do ar de secagem na entrada (130 e 150 °C) e concentração de agente carreador (0, 15 e 30% de maltodextrina) somando 6 tratamentos (Tabela 2) com duas repetições, num total de 12 ensaios para cada tipo de semente.

Tabela 2. Formulação e condição de secagem dos tratamentos.

Tratamento	Tipo de semente	Temperatura do ar de secagem (°C)	Agente carreador (%)	Água (g)	Maltodextrina (g)	Extrato (g)	Peso Final da solução (g)
V1	Imatura	130	0	0	0	300	300
V2	Imatura	150	0	0	0	300	300
V3	Imatura	130	15	34,6	34,6	230,8	300
V4	Imatura	150	15	34,6	34,6	230,8	300
V5	Imatura	130	30	0	69,2	230,8	300
V6	Imatura	150	30	0	69,2	230,8	300
M1	Madura	130	0	0	0	300	300
M2	Madura	150	0	0	0	300	300
M3	Madura	130	15	34,6	34,6	230,8	300
M4	Madura	150	15	34,6	34,6	230,8	300
M5	Madura	130	30	0	69,2	230,8	300
M6	Madura	150	30	0	69,2	230,8	300

Fonte: Própria autoria

3.2.12 Rendimento, teor de umidade e atividade de água dos pós obtidos

O rendimento nos processos de secagem foi calculado pela relação entre a massa seca de pó obtido e a massa seca da mistura que foi alimentada, de acordo com a equação 2.

$$\text{Rendimento \%} = \frac{ms \text{ pó}}{ms \text{ mistura}} \times 100 \quad (2)$$

Em que: *ms pó* é a massa seca dos pós obtidos.
ms mistura é a massa seca da mistura alimentada.

O teor de umidade foi avaliado utilizando radiação infravermelha por meio de analisador de umidade modelo MB35 (Ohaus, Switzerland) e os resultados foram expressos em porcentagem. A atividade de água nas amostras foi determinada por meio do equipamento AQUALAB (Decagon Devices, Pullman, WA).

3.2.13 Higroscopicidade dos pós

A higroscopicidade foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Cai e Corke (2000) com adaptações. Placas de Petri contendo alíquotas de 0,2 g das amostras foram acondicionadas em dessecador contendo solução saturada de NaCl (UR de 75,2%), por uma semana em câmara BOD a 25°C. A higroscopicidade foi medida por meio da massa de água absorvida pela amostra e expressa em gramas de água absorvida por 100 g de matéria seca.

3.2.14 Solubilidade dos pós

A determinação da solubilidade foi realizada por meio do método gravimétrico, descrito por Eastman e Moore (1984) com modificações por Cano-Chauca *et al.* (2005). Adicionou-se 0,2 g das amostras em erlenmeyers contendo 20 mL de água destilada, em seguida foram homogeneizadas com auxílio de mesa agitadora orbital tipo shaker (modelo TE-420, TECNAL, Piracicaba, Brasil) a 100 rpm por 30 minutos a 25°C. Posteriormente a solução foi centrifugada a 3000 rpm por 5 minutos a 25°C. Uma alíquota de 10 ml do sobrenadante foi retirada e acondicionada à estufa a 105°C, até peso constante. Determinou-se a solubilidade com base na massa inicial da amostra

solubilizada na alíquota de 10 mL do sobrenadante. O resultado foi expresso em porcentagem.

3.2.15 Cor instrumental dos pós

A cor das amostras foi mensurada com auxílio de colorímetro (Modelo Mini Scan XE, Hunter Lab, Reston, Estados Unidos) e expressa por meio do sistema de cor CIELAB (L^* , a^* , b^*). O equipamento foi calibrado utilizando uma placa de cor branca e uma de cor preta.

3.2.16 Diâmetro médio das partículas dos pós

O diâmetro médio das partículas foi determinado em um aparelho com difração a laser (modelo SALD / 201V, Shimadzu, Kyoto, Japão) com faixa de medição entre 0,5 a 500 micrômetros. Os pós secos foram dispersos em álcool etílico (P.A) e cada amostra foi submetida a três leituras.

3.2.17 Morfologia das partículas dos pós

A morfologia das partículas foi obtida por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV), pelo microscópio de modelo TM 3000, Tabletop Microscope Hitachi (Tóquio, Japão), com o programa TM 3000.

3.2.18 Determinação do teor de fenólicos totais e atividade antioxidante dos pós

Os pós obtidos foram diluídos em diferentes concentrações para possibilitar uma absorbância dentro dos intervalos da curva de calibração. A determinação dos teores de fenólicos totais dos pós foi obtida conforme item 3.2.6.1. A determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS foi obtida por meio de metodologia descrita no item 3.2.6.2 e pelo método FRAP descrita no item 3.2.6.3.

3.2.19 Estabilidade das micropartículas durante o armazenamento

As amostras dos pós foram armazenadas conforme descrito por Tonon, Brabet e Hubinger (2010). Massa de 0,6 g de cada amostra (pó) foram armazenadas em frascos de vidro e colocados em dessecadores contendo solução saturada de cloreto de magnésio $MgCl_2$ (UR de 32,8%). Os dessecadores foram mantidos em temperatura ambiente por 90 dias. As amostras foram avaliadas a cada 15 dias com relação ao teor de fenólicos totais conforme descrito no item 3.2.8.4.

A análise de cor foi realizada ao fim da estabilidade conforme descrito no item 3.10.2 e avaliou-se a diferença total de cor (ΔE^*) obtida por meio da equação 3.

$$\Delta E^*=[(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (3)$$

Onde: $\Delta L^*= L^*$ tempo inicial – L^* tempo final; $\Delta a^*= a^*$ tempo inicial – a^* tempo final; $\Delta b^*= b^*$ tempo inicial – b^* tempo final.

3.2.20 Liberação dos compostos *in vitro*

A liberação dos compostos das partículas foi analisada de acordo com protocolo preconizado por Minekus *et al.* (2014), assim como a atividade enzimática da pepsina e da pancreatina. Para preparação do fluido salivar simulado (SSF), fluido gástrico simulado (SGF) e fluido intestinal simulado (SIF) utilizou-se soluções estoque de KCl, KH_2PO_4 , $NaHCO_3$, NaCl, $MgCl_2(H_2O)_6$ e $(NH_4)_2CO_3$ e mantidas a 37°C para utilização.

Na fase oral adicionou-se em tubos falcon de 50 ml 1 g de amostra a 0,7 ml de SSF, 5 μ L de $CaCl_2$ 0,3 M e 0,295 mL de água deionizada e foram incubados com agitação por 2 minutos a 37 ° C. Posteriormente para a fase gástrica adicionou-se nos tubos contendo a fase oral, 1,5 ml de SGF, 1 μ L de $CaCl_2$ 0,3 M, corrigiu-se o pH para 3 utilizando HCl 6 M e adicionou-se nos tubos água deionizada até atingir um volume final de 4 ml em cada tubo, em seguida adicionou-se 0,32 mL de solução de pepsina 25000 U/mL, após a homogeneização os tubos foram incubados a 37°C por 120 minutos. Após os 120 minutos de incubação, para fase intestinal adicionaram-se nos tubos contendo a fase gástrica, 2,2 ml de SIF e homogeneizou, adicionou-se 0,5 mL de solução de bile 160 mM e 8 μ L de $CaCl_2$ 0,3 M. Em seguida corrigiu-se o pH para 7 com solução de NaOH 5 M e adicionou-se água deionizada até atingir um volume final

de 8 mL em cada tubo de ensaio. Posteriormente foi adicionado aos tubos 1 mL de solução de pancreatina 800 U/mL, foram homogeneizados e incubados a 37°C por 120 minutos.

Pra fins de avaliação, foram removidas alíquotas (tubos contendo a amostra) ao final da fase oral (2 min), da fase gástrica meio (60 min) e fim (120 min) (adicionou-se a cada tudo solução de NaOH 5 M para atingir pH 7 e cessar a atividade da pepsina), da fase intestinal meio (60 min) e fim (120 min) (adicionou-se a cada tudo solução de HCl 6 M para atingir pH 5 e cessar a atividade da pancreatina). Os tubos foram centrifugados a 6867 rcf por 5 minutos, e removeu-se alíquotas do sobrenadante para análise de compostos fenólicos totais conforme item 2.4.7.

3.2.21 Análise estatística

Para todas as análises, as amostras foram avaliadas em triplicatas. Os resultados foram avaliados por meio da análise de variância (ANOVA) e quando aplicável, o teste de média Tukey com intervalo de confiança de 95% ($p \leq 0,05$) utilizando o Software Statística (STATISTICA, versão 10, Statsoft. Inc.).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS SEMENTES DE MAMÃO

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos para a composição centesimal das sementes de mamão formosa em dois estágios distintos de maturação.

Tabela 3. Composição centesimal em base seca das sementes de mamão formosa.

Parâmetro (%)	Estágio de maturação 0	Estágio de maturação 5	P
Umidade	6,8 ± 0,1	4,4 ± 0,1	0,001
Cinzas	8,4 ± 0,3	7,2 ± 0,1	0,031
Proteína Bruta	26,1 ± 0,1	26,9 ± 0,5	0,234
Fibra Bruta	27,2 ± 0,3	33,5 ± 0,2	0,001
Extrato etéreo	20,5 ± 0,3	28,6 ± 0,3	0,001
Carboidratos	17,8 ± 0,3	3,8 ± 0,6	0,007

± Médias seguidas do desvio padrão. Médias na mesma linha com $p \leq 0,05$ diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste ANOVA.

Observa-se redução em relação ao teor de umidade conforme se comparou a transição do estágio 0 (6,8 ± 0,1) para o 5 (4,4 ± 0,1) de maturação. Resultado já esperado devido às sementes perderem água pela síntese de outros compostos. Os teores de cinzas obtidos estão próximos aos encontrados na literatura, aproximadamente 7,1% segundo Silva *et al* (2007) para sementes de frutos em estágio 0 de maturação, e 8,1% segundo Rosário (2019), 6,4% segundo Azevedo e Campagnol (2014) para sementes de frutos em estágio 5 de maturação. Teores superiores quando comparados a outras sementes, como sementes de melancia com 3% (TABIRI *et al*, 2016), sementes de goiaba 1% (SILVEIRA *et al.*, 2017) e sementes de abóbora 4,2% (SEVERINO *et al.*, 2019), o que demonstra o potencial de utilização das sementes verdes e maduras de mamão como alternativa de fonte mineral.

O teor proteico não alterou no decorrer da maturação. De forma geral, os teores proteicos das sementes de frutos tendem a serem estáveis durante a maturação (SARTORI *et al.*, 2002). Os teores estão similares aos encontrado por Azevedo e Campagnol (2014) com (25%). As sementes de mamão mostram-se boas fontes proteicas, tornando-se uma alternativa relevante para extração de proteínas a serem utilizadas na alimentação humana e animal.

Observa-se redução no teor de carboidratos e aumento dos teores de fibras e lipídeos conforme ocorre o amadurecimento dos frutos. As sementes de mamão possuem percentagem de fibras considerável, $(27,2 \pm 0,3) \%$ nas sementes em estágio de maturação 1 e $33,5\% \pm 0,2$ nas sementes em estágio de maturação 5. Mesquita *et al.* (2017) ao aplicar farinha de semente de mamão formosa em geleias de morango constatou aumento significativo nos teores de fibras nas geleias. Santos *et al.* (2018) ao avaliar a adição de farinha de subprodutos do mamão em pão de forma observou aumento no valor nutricional e melhora na aceitabilidade dos pães.

As fibras são compostos importantes na alimentação, pois seu consumo adequado pode contribuir para redução de distúrbios gastrointestinais (PETRUZZIELLO *et al.*, 2006). Por exemplo, o consumo de fibras pode minimizar a constipação intestinal, uma vez que elas podem reter água e o aumentar o bolo fecal. Com o volume aumentado do bolo fecal e pela capacidade de retenção de água, ocorre o amolecimento das fezes, estimulando assim, os movimentos peristálticos intestinais e promovendo maior frequência de evacuações, da excreção de sais biliares e gorduras, logo possui efeitos similares aos medicamentos que aumentam a evacuação (LACERDA; PACHECO, 2006). Além disso, as fibras atuam na redução da obesidade por possuírem capacidade de aumentar a saciedade por meio da formação de géis (FARIAS *et al.*, 2018), auxílio na normalização da glicemia por possuírem capacidade de reduzir a absorção de glicose e redução do colesterol sanguíneo devido a ligação com ácidos biliares, promovendo a redução do poder da reabsorção dessas moléculas (BERTONHI; DIAS, 2018). Segundo a Food and Drug Administration (FDA) a ingestão recomendada de fibra alimentar é de cerca de 25 gramas (g) diárias, dos quais cerca de 6 g (de 25%) devem ser fibras solúveis.

Com base nisso, constata-se a importância desse resíduo para enriquecimento nutricional e auxílio na redução do desenvolvimento de doenças, uma vez que os resultados obtidos evidenciaram que as sementes de mamão nos 2 estágios de maturação podem ser consideradas para a incorporação em alimentos ou consumo direto.

Obteve-se teores de lipídeos de 20,5% para sementes em estágio de maturação 0 e 28,6% para sementes de frutos em estágio de maturação 5. Os teores são superiores ao óleo da semente da fruta do conde (7,52%) (GARCIA; FAVARO; RODRIGUES, 2021) e do óleo das sementes de uva (12%) SILVA *et al.*, 2020). Teor semelhante ao óleo de semente de maracujá amarelo (28%) (ARAÚJO *et al.*, 2019) e sementes de melão

amarelo (25%) (MALACRIDA *et al.*, 2007). Apesar das sementes em estágio de maturação 5 possuírem teores lipídicos superiores às sementes do estágio 0, observa-se que as sementes de mamão da variedade formosa nos 2 estágios de maturação são boas fontes de lipídeos, possuem potencial economicamente viável para extração industrial, aplicação em alimentos, fármacos e cosméticos.

4.2 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DOS ÓLEOS

Na Figura 4 é possível observar os óleos obtidos. Os óleos de sementes de mamão em ambos os graus de maturação apresentaram coloração amarela. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos para o perfil de ácidos graxos das sementes de mamão formosa em dois estágios de maturação, que confirma a presença de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados.

Figura 4. Óleos de sementes de mamão em estágios distintos de maturação.

Nesta figura: A: Óleo de semente em estágio de maturação 0; B: Óleo de sementes maturação 5.

Fonte: Própria autoria

Os principais ácidos graxos extraídos dos óleos de sementes de mamão em estágio de maturação 0 e 5 respectivamente, foram o ácido oleico com (70,3% e 72,4%), ácido palmítico (15,5% e 13,03%), ácido linoleico (7,3% e 8,9%) e o ácido esteárico (4,2% e 3,5%). Os ácidos mirístico, palmitoleico, heptadecanóico, araquídico, eicosanóico, linolênico, behênico e lignocérico foram identificados em teores menores.

As quantidades extraídas e determinadas estão similares às encontradas na literatura (MALACRIDA; KIMURA; JORGE, 2011; SENRAYAN; VENKATACHALAN, 2018).

Tabela 4. Perfil de ácidos graxos (em massa %) dos óleos de sementes de mamão em 2 estágios de maturação

	ESTÁGIO DE MATURAÇÃO 0	ESTÁGIO DE MATURAÇÃO 5	
Componente	% Massa	% Massa	P
C14:0 – Mirístico	0,20 ± 0,02	0,12 ± 0,01	0,037
C16:0 – Palmítico	15,5 ± 0,7	13,0 ± 0,6	0,059
C16:1 ω7 – Palmitoleico	0,33 ± 0,02	0,24 ± 0,03	0,091
C17:0 - Ácido margarico	0,10 ± 0,01	ND	0,002
C18:0 – Esteárico	4,24 ± 0,03	3,55 ± 0,08	0,008
C18:1 ω9 – Oleico	70,35 ± 0,07	72,40 ± 1,2	0,210
C18:2 ω6 – Linoleico	7,30 ± 0,3	8,87 ± 1,4	0,266
C20:0 – Araquídico	0,38 ± 0,01	0,33 ± 0,02	0,067
C20:1 ω11 – Ácido gadolêico	0,46 ± 0,02	0,40 ± 0,04	0,178
C18:3 ω3 – Linolênico	0,78 ± 0,01	0,77 ± 0,5	0,979
C22:0 – Behênico	0,24 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,423
C24:0 – Lignocérico	0,09 ± 0,01	0,05 ± 0,07	0,508
SFA	20,79	17,31	
MUFA	71,14	73,03	
PUFA	8,04	9,64	

ND = Não detectado. ± Médias seguidas do desvio padrão. Médias na mesma linha com $p \leq 0,05$ diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste ANOVA. Fonte: Própria autoria.

Os óleos de sementes verdes e maduras, respectivamente, são compostos por 20,8% e 17,3% de ácidos graxos saturados (SFA), 8% e 9,6% por ácidos graxos polinsaturados (PUFA) e os ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) compõem a maior fração com 71,1% e 73% da composição total dos óleos. Houve alterações significativas nos teores de ácidos graxos majoritários nos óleos com o decorrer da maturação dos frutos. Contudo, as sementes em diferentes estágios de maturação possuem alto potencial para fornecimento de gorduras monoinsaturadas na dieta.

Óleos de sementes de mamão são alternativas ao consumo dos óleos tradicionais e utilização na indústria, por possuírem alto teor de ácido oleico, composto

predominante nas sementes de mamão e que possui aplicações em diversos tipos de indústrias. Seus teores são próximos ou superiores aos óleos vegetais disponíveis no mercado, como de oliva (75,7%), canola (65,7%), polpa de abacate (60,7%) e girassol (26,2%) (ALVES *et al.*, 2019).

As sementes de mamão são descartes da indústria processadora, e o aproveitamento desse resíduo pode ser utilizado na produção de óleo vegetal de alta qualidade, sendo fonte de nutrientes e compostos bioativos, além de contribuir para redução do descarte de resíduos no meio ambiente (SENRAYAN; VENKATACHALAN, 2018). Segundo Khalaf, Desa e Baharum (2019), o óleo das sementes é rico em ácido oleico, contudo os óleos de sementes de mamão podem ser uma alternativa saudável a outros óleos vegetais convencionalmente utilizados na culinária. Os óleos possuem quantidades significativas de ácidos graxos monoinsaturados, o qual pode ser utilizado também como matéria prima para a aplicação em produtos emolientes e produção de biodiesel.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO EXTRATO LÍQUIDO CONCENTRADO

Na Figura 5 podem ser observados os extratos concentrados de sementes de mamão em estágios distintos de maturação.

Figura 5. Aparência dos extratos líquidos concentrados de sementes de mamão em estágios distintos de maturação.

Nesta figura: A: Extrato líquido concentrado de sementes de mamão em estágio de maturação 5; B: Extrato líquido concentrado de sementes de mamão em estágio de maturação 0. Fonte: Própria Autoria

Foi realizada a caracterização físico-química, determinação do teor fenólico total e atividade antioxidante dos mesmos, gerando os resultados apresentados na Tabela 5. Os extratos concentrados das sementes de mamão possuem elevados teores de umidade. Observa-se aumento no teor de umidade conforme o amadurecimento do fruto, acompanhada de redução dos teores de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$). Esses resultados podem estar associados à complexação ou polimerização de compostos, que resulta em polímeros menos solúveis. Um exemplo seria a formação de polifenóis a partir da polimerização de taninos e outras substâncias fenólicas. Ainda, segundo Brummell & Labavitch (1997), essa redução pode estar associada à despolimerização das substâncias pécnicas, que são polissacarídeos estruturais da parede celular do vegetal, que passam por alterações durante o amadurecimento dos frutos influenciando na solubilização e a

polimerização de outros compostos durante a maturação, causando alterações na solubilidade dos mesmos, os quais são menos solúveis ao solvente de extração.

Os valores de pH dos extratos estão em torno de 5 e não houve influência do amadurecimento nesse parâmetro.

Tabela 5. pH, ° Brix, teor de umidade, de fenólicos totais e valores para ABTS e FRAP dos extratos concentrados de sementes de mamão formosa em estágios distintos de maturação.

Parâmetro	Estágio de maturação 0	Estágio de maturação 5	p
pH	5,0 ± 0,1	5,1 ± 0,0	0,013
° Brix	5,2 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,002
Umidade (%)	94,8 ± 0,1	97,8 ± 0,2	0,001
Fenólicos totais* (mg EAG/g de extrato)	58,1 ± 0,9	36,0 ± 0,6	0,003
ABTS* (µM de trolox/g de extrato)	899,1 ± 1,8	789,8 ± 1,9	0,001
FRAP* (µM de sulfato ferroso/g de extrato)	338,8 ± 3,0	357,0 ± 2,0	0,0019

± Médias seguidas do desvio padrão. Médias na mesma linha com $p \leq 0,05$ diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste ANOVA. Fonte: Própria autoria.

Os compostos fenólicos são uma ampla classe de compostos bioativos oriundos do metabolismo secundário das plantas, são necessários para o seu desenvolvimento e reprodução, também se formam sob condições de estresse como, infecções, injúrias, fatores climáticos, dentre outros, e são considerados o principal grupo de interruptores de radicais livres, podendo desempenhar função antioxidante (NACZK; SHAHIDI, 2004; SHAHIDI; JANITHA; WANASUNDARA, 1992). Os compostos fenólicos estão associados a benefícios à saúde humana, como prevenção do envelhecimento, obesidade e diabetes, aumento da imunidade e redução do risco de doenças cardiovasculares (WIJESOORIYA; DERANIYAGALA; HETTIARACHCHI, 2019).

Os compostos fenólicos estão presentes em teores significativos nas sementes de mamão verde e maduro, sendo em maior quantidade nas sementes do fruto imaturo. Os

teores encontrados foram superiores aos obtidos por Ovando-Martinez *et al.* (2018) que indicaram um teor de 26,6 mg EAG/g de extrato.

Observa-se redução significativa nos teores de fenólicos dos extratos de semente de mamão conforme amadurecimento do fruto, essa redução pode ser associada a diversos fatores, como sua polimerização, formando polifenólicos, que são menos solúveis. De fato, de acordo com Naczki e Shahidi (2006), pode ocorrer a polimerização de compostos fenólicos durante a maturação dos frutos, alterando sua solubilidade, logo o rendimento na extração solvente hidroetanólico. Outra hipótese é do reagente Folin-Ciocalteu ter interagido com esses compostos, influenciando na quantificação. Segundo IKAWA *et al.* (2003) o reagente Folin-Ciocalteu sofre interferências de algumas substâncias redutoras como proteínas, ácido ascórbico e açúcares redutores.

Ainda, por ocorrer a degradação dos fenólicos durante a maturação, aumento dos teores lipídicos e de fibras nas sementes maduras, este ser mais um fator que contribuiu para diminuição da biossíntese dos compostos fenólicos nas sementes maduras (OVANDO-MARTINEZ *et al.*, 2018).

Os resultados obtidos para teor de fenólicos nos extratos corroboram com os valores da capacidade antioxidante obtidos por meio dos ensaios FRAP e ABTS. A capacidade antioxidante pelo método ABTS consiste na captura do radical $ABTS^{\bullet+}$, este que possui coloração azul esverdeado, diante de substâncias antioxidantes presentes nos extratos, ocorre a redução do $ABTS^{\bullet+}$ a ABTS causando a perda da coloração do meio reacional. O resultado é expresso em μM de trolox equivalente/g de extrato, com base nisso, maior o teor de trolox equivalente, maior a atividade antioxidante. Observa-se boa atividade antioxidante nos dois extratos de sementes de mamão. O extrato em estágio de maturação 0 possui maior teor de compostos antioxidantes que os extratos em estágio de maturação 5, com o decorrer do amadurecimento dos frutos, ocorre a redução da capacidade antioxidante dos extratos. As capacidades antioxidantes encontradas no presente estudo são superiores aos encontrados na literatura, $623 \pm 2,4$ e $2,1 \pm 0,3$ (μM Trolox/g extrato seco) para extratos de sementes de mamão (SOFI *et al.*, 2016; ZHOU *et al.*, 2011).

A capacidade antioxidante pelo método de redução do ferro (FRAP) consiste na redução do complexo férrico (Fe^{3+}) em complexo ferroso, originando a formação de cor azul intensa, a qual está diretamente relacionada com o poder antioxidantes dos extratos. A capacidade antioxidante do extrato de sementes de mamão em estágio de maturação 5 foi superior ao extrato de sementes de mamão em estágio de maturação 0. As

capacidades antioxidantes dos extratos estão inferiores aos encontrados por Zhou *et al.*, (2011), com teor de $1027 \pm 17,5 \mu\text{M}$ de sulfato ferroso / g de extrato seco. Essas diferenças nos teores de compostos fenólicos e capacidades antioxidantes em relação à literatura estão relacionadas ao clima, adubação, variação química e tipo de solo, índice de precipitação e nutrição das plantas (BEZERRA *et al.*, 2013).

Todavia, ainda que tenha sido detectado menor teor de fenólicos totais no extrato obtido da fruta madura, a capacidade antioxidante pelo método FRAP foi superior, corroborando com a teoria de que houve polimerização dos fenólicos, formando substâncias polifenólicas, que possivelmente são agentes antioxidante mais potentes para o complexo férrico (Fe^{3+}), embora com menor poder antioxidante pelo método ABTS.

Cruz *et al.* (2019) ao avaliarem a adição de sementes de mamão em geleias de mamão, observaram aumento da capacidade antioxidante nesses produtos quando comparado o tratamento sem adição de sementes. Os extratos de sementes de mamão podem também ser utilizados para reduzir a oxidação de óleos vegetais e em alimentos (JORGE; MALACRIDA, 2008; SOFI *et al.*, 2016). Todos os resultados encontrados no presente estudo corroboram com a alternativa de utilização de subprodutos do processamento do mamão na produção de alimentos sujeitos à oxidação. Com base no exposto, a obtenção de extratos das sementes de mamão representa uma alternativa promissora, pois são fontes de compostos bioativos com potencial uso para a produção de cosméticos, combustíveis, alimentos e fármacos.

Com a obtenção dos extratos de sementes de mamão ainda ocorre a geração de resíduos, que em geral é descartado. Contudo, sugere-se maiores investigações nutricionais e toxicológicas desse resíduo da extração a fim de se promover a aplicação em rações animal, por exemplo, reduzindo ainda mais o descarte desse resíduo no meio ambiente.

4.4 ATIVIDADE ANTIMICROBIANA

Nesse teste teve-se por objetivo avaliar a capacidade do extrato de inibir a multiplicação de bactérias patogênicas. Durante a incubação os extratos difundem-se nos discos de papel para o meio de cultura onde foram incubados os microrganismos patogênicos. Se o extrato possuir ação antimicrobiana ocorre o surgimento de zona de inibição (halo) ao redor do disco. O diâmetro da zona de inibição é mensurado e expresso em mm.

Com base na Figura 6, observa-se que os extratos de sementes de mamão nos 2 estágios de maturação não apresentaram ação antimicrobiana frente aos microrganismos testados, devido a não formação de zona de inibição no ágar quando comparados com os antibióticos sintéticos tetraciclina e gentamicina (Controles positivos). Devido à ausência de estudos da atividade antimicrobiana nos extratos de sementes de mamão da variedade Formosa, a comparação na literatura com outros estudos não foi possível.

Figura 6. Atividade antimicrobiana dos extratos de sementes de mamão em 2 estágio de maturação.

Imagem A (Teste para *Salmonella enteritidis* (ATCC13076)). Imagem B (Teste para *Escherichia coli* (INCQS00179)). Imagem C (Teste para *Staphylococcus aureus* (ATCC25923)). T (Tetraciclina); G (Gentamicina); A (Água destilada); C (Caldo BHI); VP (Extrato de sementes de mamão em estágio 0 de maturação); V10 (Extrato de sementes de mamão em estágio 0 de maturação diluído 10X); MP (Extrato de sementes de mamão em estágio 5 de maturação); M10 (Extrato de sementes de mamão em estágio 5 de maturação diluído 10X). Fonte: Própria autoria.

Porém, para outros tipos de mamões, os resultados obtidos são divergentes aos encontrados na literatura, nos quais os extratos etanólico da cultivar Sekaki e extrato aquoso das sementes da cultivar Red Lady apresentaram atividade antimicrobiana

contra *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli*, *Vibrio vulnificus*, *Proteus mirabilis* e *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus subtilis* (MUHAMAD *et al.*, 2017; WIJESOORIYA; DERANIYAGALA; HETTIARACHCHI, 2019). Tais diferenças podem ter relação com a composição das plantas, as quais variam em relação ao clima, região, nutrição, cultivar, variação química e tipo de solo (BEZERRA *et al.*, 2013), o que pode ter causado a ausência de compostos antimicrobianos nas sementes do mamão Formosa.

Ainda, a ausência de atividade antimicrobiana apresentada pelos extratos pode estar relacionada às concentrações dos compostos extraídos dos extratos, podendo estar abaixo da concentração mínima inibitória (CMI) para evitar a multiplicação de bactérias patogênicas. Faz-se necessário maiores estudos para avaliar a influência de outros solventes, proporção extrato:solvente, temperaturas e tempo de extração no preparo dos extratos a fim de obter-se extratos com maior teor de compostos que possuem atividade antimicrobiana.

4.5 CARACTERIZAÇÃO DOS PÓS SECOS POR *SPRAY DRYING*

4.5.1 Rendimento, umidade e atividade de água dos pós obtidos

As respostas para as análises de rendimento, umidade e atividade de água dos pós estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Rendimento de processo, umidade e atividade de água dos pós secos produzidos por *spray drying* com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como carreador

Estágio de maturação da fruta	Concentração de Maltodextrina	Temperatura de secagem	
		130°C	150°C
Rendimento de processo(%)			
0	0%	71,6 ± 0,1 ^{A,a}	71,7 ± 1,8 ^{A,a}
0	15%	74,7 ± 0,3 ^{A,a}	76,1 ± 1,3 ^{A,a}
0	30%	71,7 ± 1,6 ^{A,a}	71,1 ± 1,4 ^{A,a}
5	0%	62,4 ± 0,1 ^{A,a}	52, 9 ± 10,4 ^{A,a}
5	15%	67,4 ± 1,7 ^{A,a}	66,6 ± 9,0 ^{A,a}
5	30%	65,0 ± 4,7 ^{A,a}	60,1 ± 3,5 ^{A,a}
Umidade (%)			
0	0%	4,2 ± 0,3 ^{A,a}	3,6 ±0,3 ^{A,a}
0	15%	5,2 ± 0,2 ^{A,a}	4,7 ± 1,1 ^{A,a}
0	30%	4,0 ± 0,5 ^{A,a}	3,6 ± 0,2 ^{A,a}
5	0%	6,4 ± 0,6 ^{A,a}	6,3 ± 1,7 ^{A,a}
5	15%	4,5 ± 0,7 ^{A,a}	4,2 ± 1,0 ^{A,a}
5	30%	4,6 ± 0,4 ^{A,a}	4,5 ± 0,5 ^{A,a}
Atividade de água (aW)			
0	0%	0,224 ± 0,0 ^{AB,a}	0,182 ± 0,0 ^{B,a}
0	15%	0,294 ± 0,0 ^{A,a}	0,319 ± 0,0 ^{A,a}
0	30%	0,175 ± 0,0 ^{B,a}	0,208 ± 0,0 ^{A,a}
5	0%	0,304 ± 0,01 ^{A,a}	0,338 ± 0,1 ^{A,a}
5	15%	0,222 ± 0,1 ^{A,a}	0,194 ± 0,1 ^{A,a}
5	30%	0,188 ± 0,0 ^{A,a}	0,181 ± 0,0 ^{A,a}

± Médias seguidas do desvio padrão. Médias na mesma coluna seguidas por letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% (p<0,05) de probabilidade pelo teste de Tukey e médias na mesma linha seguidas por letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% (p<0,05) de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Própria autoria

Com base nos resultados, os valores de rendimento e umidade não foram afetados pelas diferenças de concentrações de maltodextrina (0%, 15% e 30%), o que foi um resultado inesperado, uma vez que a presença do carreador costuma influenciar positivamente no rendimento, em razão do maior teor de sólidos na alimentação. As temperaturas diferentes (130 °C e 150 °C) do ar de entrada também não influenciaram nesses parâmetros.

Os pós de extrato de sementes verdes possuem maior rendimento que os pós de extrato de sementes maduras, contudo os dois tipos de extrato apresentaram bons índices de rendimento, todos acima de 50%. Para o parâmetro A_w os pós de extratos de sementes verdes secos a 130 °C sofreram influência da concentração de maltodextrina, pois os valores foram inferiores quanto maior a concentração do coadjuvante de secagem na alimentação. Na temperatura de 150 °C o aumento da concentração do agente carreador não alterou claramente os valores de A_w para o extrato obtido da fruta imatura, para o obtido da fruta madura observou-se o mesmo efeito que na secagem a 130 °C.

Os valores de umidade e atividade de água dos pós obtidos podem ser considerados baixos para pós obtidos por secagem em *spray dryer*. Ainda, os valores baixos de A_w permitem concluir que os pós obtidos são estáveis do ponto de vista microbiológico, uma vez que não há possibilidade de multiplicação de microrganismos em materiais cuja atividade de água seja inferior a 0,6. (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2018).

4.5.2 Higroscopicidade

Os valores obtidos para a análise de higroscopicidade dos pós secos produzidos por *spray drying* com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como carreador estão apresentadas na Tabela 7.

Observa-se que os extratos puros são bem mais higroscópicos e que a presença de maltodextrina contribuiu significativamente para a redução da higroscopicidade dos pós. As temperaturas de secagem não afetaram a higroscopicidade dos pós nos dois tipos de extratos de sementes de mamão. Esse resultado pode ser relacionado ao fato da maltodextrina ser menos higroscópica que o extrato.

Tabela 7. Higroscopicidade dos pós secos produzidos por spray drying com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como carreador

Estágio de maturação da fruta	Concentração de Maltodextrina	Temperatura de secagem	
		130°C	150°C
Higroscopicidade (g de água absorvida/100g de pó)			
0	0%	25,0 ± 2,2 ^{A,a}	25,0 ± 0,5 ^{A,a}
0	15%	15,0 ± 2,4 ^{B,a}	14,1 ±1,0 ^{B,a}
0	30%	12,1 ± 1,0 ^{B,a}	12,8 ± 1,8 ^{B,a}
5	0%	31,5 ± 0,9 ^{A,a}	30,6 ± 1,6 ^{A,a}
5	15%	14,5 ± 1,1 ^{B,a}	15,2 ± 1,3 ^{B,a}
5	30%	12,3 ± 0,4 ^{B,a}	11,4 ± 1,5 ^{B,a}

± Médias seguidas do desvio padrão. Médias na mesma coluna seguidas por letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% (p<0,05) de probabilidade pelo teste de Tukey e médias na mesma linha seguidas por letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% (p<0,05) de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Própria autoria

Resultados semelhantes foram encontrados por Calomeni *et al* (2017), para pós de extratos de pele de amendoim obtidos por *spray drying*, os quais observaram que o aumento da concentração de maltodextrina produziu pós com baixa higroscopicidade. A baixa higroscopicidade da maltodextrina confirma sua viabilidade e importância como agente carreador em processos de secagem por *spray drying* (COMUNIAN *et al.*, 2011).

4.5.3 Solubilidade

Os valores obtidos na análise de solubilidade dos pós secos produzidos por *spray drying* com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como carreador estão apresentadas na Tabela 8.

Para o parâmetro de solubilidade, observou-se que o aumento da concentração do agente carreador aumentou a solubilidade dos pós obtidos, a qual variou de 82% (0% de maltodextrina) a 93% (15 e 30% de maltodextrina) para extrato seco de sementes imaturas e de 87% (0% de maltodextrina) a 96% (15 e 30% de maltodextrina) para os extratos secos de sementes maduras. Extratos secos sem adição de agente carreador foram menos solúveis, evidenciando assim, que a maltodextrina contribui para maior solubilidade do produto devido ser um polímero com alta solubilidade em água e possuir muitas hidroxilas (BHANDARI *et al.*, 1997).

Tabela 8. Solubilidade dos pós secos produzidos por *spray drying* com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como carreador

Estágio de maturação da fruta	Concentração de Maltodextrina	Temperatura de secagem	
		130°C	150°C
Solubilidade (%)			
0	0%	82,4 ± 0,7 ^{B,b}	86,0 ± 1,1 ^{B,a}
0	15%	91,0 ± 0,3 ^{A,a}	91,0 ± 1,9 ^{A,a}
0	30%	93,0 ± 1,3 ^{A,a}	93,4 ± 2,0 ^{A,a}
5	0%	89,2 ± 0,9 ^{B,a}	87,1 ± 0,9 ^{B,a}
5	15%	94,2 ± 2,0 ^{A,a}	94,5 ± 2,1 ^{A,a}
5	30%	94,3 ± 0,8 ^{A,a}	96,6 ± 0,4 ^{A,a}

± Médias seguidas do desvio padrão. Médias na mesma coluna seguidas por letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade pelo teste de Tukey e médias na mesma linha seguidas por letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Própria autoria

Pós de extrato de sementes imaturas secos a temperatura de 150 °C possuem maior solubilidade que pós secos a 130°C. Nas demais concentrações e nos pós de extrato de sementes maduras não houve alterações significativas. Souza *et al.* (2015) ao utilizar maltodextrina como agente carreador no desenvolvimento de pigmentos em pó de subprodutos (cascas e sementes) de uva pela técnica de *spray drying*, observou que o agente carreador promoveu maior solubilidade que os extratos apenas liofilizados, atingindo solubilidades média em torno de 96%, teores próximos ao encontradas no presente estudo.

4.5.4 Diâmetro médio de partícula

Os diâmetros médios das partículas secas por *spray drying* estão representados na Tabela 9. O tamanho de partículas dos pós obtidos por *spray drying* é um parâmetro importante na definição da aplicação em alimentos, pois dependendo do tamanho da partícula pode influenciar negativamente na aceitação sensorial dos produtos (SILVA *et al.*, 2018).

Tabela 9. Diâmetro médio das partículas produzidas por *spray drying* com extratos de sementes de mamão em dois estágios de maturação e maltodextrina como carreador

Estágio de maturação da fruta	Concentração de Maltodextrina	Temperatura de secagem	
		130°C	150°C
Diâmetro médio ponderado por volume (µm)			
0	0%	16,1 ± 0,3 ^{A,a}	26,8 ± 2,7 ^{A,b}
0	15%	6,6 ± 2,0 ^{B,a}	6,4 ± 2,0 ^{B,a}
0	30%	9,1 ± 2,5 ^{AB,a}	11,7 ± 0,4 ^{B,a}
5	0%	109,5 ± 8,1 ^{A,a}	130,0 ± 5,7 ^{A,a}
5	15%	11,0 ± 1,7 ^{B,a}	7,0 ± 2,0 ^{B,a}
5	30%	16,3 ± 2,1 ^{B,a}	14,8 ± 3,2 ^{B,a}

± Médias seguidas do desvio padrão. Médias na mesma coluna seguidas por letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade pelo teste de Tukey e médias na mesma linha seguidas por letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Própria autoria

Observou-se que as amostras secas sem adição do agente carreador apresentaram maiores diâmetros de partícula, isso pode estar relacionado com a higroscopicidade das amostras. Para ambos os extratos a higroscopicidade foi superior nas amostras sem adição de maltodextrina, essa maior higroscopicidade pode ter aumentado a capacidade de aglomeração dessas amostras, conforme pode ser observado com a análise de morfologia (Figura 8 e 9), formando partículas com diâmetros maiores. O extrato seco de sementes de mamão verde (livre) apresentou menor diâmetro (16,1 µm seco a 130°C e 26,8 secos a 150 °C) em relação ao extrato seco (livre) de sementes de mamão maduro (109,05 µm seco a 130°C e 130 µm seco a 150°C). Esse resultado pode estar relacionado ao teor de fibras das sementes, uma vez que as sementes maduras usadas no presente estudo possuem maior teor de fibras, podendo ter sido extraídas com o processo de produção do extrato. Contudo faz-se necessário maiores estudos para identificação e avaliação do tamanho de cadeia dessas fibras nos extratos.

O diâmetro médio dos pós obtidos a partir dos extratos das sementes maduras sem adição de maltodextrina são maiores a 50 µm, o que pode influenciar negativamente na textura dos alimentos, demonstrando assim, a importância da utilização do agente carreador. Amostras adicionadas de maltodextrina apresentaram diâmetros médios inferiores a 50 µm.

A temperatura de secagem influenciou significativamente apenas no extrato seco de sementes de mamão verde sem adição de maltodextrina, o que pode ser explicado pelo fato de a temperatura de 150 °C causar maior caramelização, conforme pode ser observado com a análise de cor (Figura 7), promovendo maior aglomeração das partículas. Souza *et al.* (2014) observou que o aumento da temperatura não afetou os diâmetros de partículas das amostras de pós de subprodutos de uva obtidas por *spray drying* adicionadas de maltodextrina.

4.5.5 Colorimetria

As respostas para a análise de colorimetria dos pós secos produzidos por *spray drying* com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como carreador estão apresentadas na Figura 7 e na Tabela 10.

Figura 7. Aparência dos pós dos extratos de sementes de mamão secos por *spray drying*

Nesta imagem as identificações dos tratamentos encontram-se descritos na Tabela 2.

Fonte: Própria autoria.

Tabela 10. Parâmetros instrumentais de cor dos pós secos produzidos por *spray drying* com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como carreador

Estágio de maturação da fruta	Concentração de Maltodextrina	Temperatura de secagem	
		130°C	150°C
Parâmetro instrumental de cor L*			
0	0%	50,6 ± 1,1 C,a	43,5 ± 1,1 B,a
0	15%	66,0 ± 0,0 B,a	68,7 ± 1,1 A,a
0	30%	72,8 ± 1,0 A,a	69,7 ± 1,1 A,a
5	0%	33,3 ± 1,0 B,a	30,8 ± 0,5 C,a
5	15%	72,5 ± 1,7 A,a	74,4 ± 0,8 B,a
5	30%	75,3 ± 2,7 A,a	77,1 ± 0,5 A,a
Parâmetro instrumental de cor a*			
0	0%	6,7 ± 0,4 A,b	9,5 ± 0,0 A,a
0	15%	2,7 ± 0,2 B,a	2,5 ± 0,0 B,a
0	30%	2,1 ± 0,2 B,a	2,4 ± 0,0 B,a
5	0%	11,6 ± 0,1 A,a	12,0 ± 0,0 A,a
5	15%	2,3 ± 0,0 B,a	2,3 ± 0,6 B, a
5	30%	2,0 ± 0,5 B,a	2,0 ± 0,0 B,a
Parâmetro instrumental de cor b*			
0	0%	24,8 ± 0,8 A,b	28,1 ± 0,5 A,a
0	15%	14,9 ± 0,4 B,a	16,3 ± 0,4 B,a
0	30%	13,3 ± 0,7 B,b	15,2 ± 1,0 B,a
5	0%	27,2 ± 0,2 A,a	21,7 ± 5,7 A,a
5	15%	13,8 ± 0,2 B,a	14,8 ± 1,4 AB,a
5	30%	12,6 ± 1,0 B,a	12,8 ± 0,1 B,a

± Médias seguidas do desvio padrão. Médias na mesma coluna seguidas por letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% (p<0,05) de probabilidade pelo teste de Tukey e médias na mesma linha seguidas por letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% (p<0,05) de probabilidade pelo teste de Tukey. Fonte: Própria autoria

Ao avaliar o parâmetro de cor L* (luminosidade) das amostras, observou-se que as amostras produzidas sem o agente carreador possuem valores menores de luminosidade, estas que tendem a coloração mais escura quando comparadas as com adição de maltodextrina. O aumento da concentração de maltodextrina promoveu o aumento da luminosidade das amostras, devido à diluição dos pigmentos presentes

originalmente no extrato ou que foram produzidos durante a secagem; assim sendo, quanto maior a concentração do carreador, maior a luminosidade das amostras.

A temperatura de secagem não afetou a luminosidade das amostras. Os pós secos de extrato de sementes de mamão imaturo sem adição de maltodextrina apresentaram maior luminosidade que os pós secos do extrato de sementes de mamão maduro, devido ao fato de apresentarem colorações originais menos intensas, ou menor quantidade de substâncias capazes de absorver luz e refletir na região do espectro que resulta em cores mais intensas. Esse efeito pode ser visualizado na Figura 7.

Observa-se que em relação ao parâmetro a^* , o qual mensura a intensidade de cor verde (-) ao vermelho (+), todas as amostras possuem valores positivos, as quais tendem a coloração vermelha. A adição de maltodextrina reduziu os valores da intensidade de cor vermelha devido à diluição dos pigmentos presentes originalmente no extrato ou ainda por evitar a caramelização dos carboidratos durante a secagem.

Souza *et al.* (2015) também encontrou em seu trabalho que o extrato seco de resíduos da vinificação da uva bordô sem agente carreador apresentou maior intensidade de cor vermelha do que as amostras com concentrações maiores de maltodextrina.

A temperatura de secagem apresentou influencia apenas no extrato seco de sementes de mamão imaturo, o aumento da temperatura causou aumento na intensidade de cor vermelha, o que pode ser explicado pelo fato de ter ocorrido a caramelização de açúcares presentes no extrato, promovendo a formação de corante caramelo.

Em relação ao parâmetro b^* , o qual mensura a intensidade de cor azul (-) ao amarelo (+), todas as amostras possuem valores positivos, as quais tendem a coloração amarela. O aumento da concentração de maltodextrina causou a redução da intensidade de cor amarela nos pós obtidos.

O aumento da temperatura de secagem causou aumento na intensidade de cor amarela nas amostras de pós de extratos de sementes imaturas com 0% e 30% de maltodextrina, devido essas concentrações sofrerem maior caramelização da glicose presente na maltodextrina. Em contrapartida, a temperatura de secagem não afetou a intensidade de cor amarela dos pós de extratos de sementes maduras.

4.5.6 Morfologia das partículas

As micrografias dos pós produzidos neste estudo foram obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e estão representadas nas Figuras 8 e 9.

Figura 8. Micrografias dos pós do extrato de sementes de mamão imaturo (Estágio 0) atomizado a 130°C e 150°C.

Nesta figura, (A: amostra com 0% de maltodextrina e seca a 130°C); (B: amostra com 0% de maltodextrina e seca a 150°C); (C: amostra com 15% de maltodextrina e seca a 130°C); (D: amostra com 15% de maltodextrina seca a 150°C); (E: amostra com 30% de maltodextrina e seca a 130°C); (F: amostra com 30% de maltodextrina e seca a 150°C). Fonte: Própria autoria

Figura 9. Micrografias dos pós do extrato de sementes mamão maduro (Estágio 5) atomizado a 130°C e 150°C.

Nesta figura, (G: amostra com 0% de maltodextrina e seca a 130°C); (H: amostra com 0% de maltodextrina e seca a 150°C); (I: amostra com 15% de maltodextrina e seca a 130°C); (J: amostra com 15% de maltodextrina e seca a 150°C); (K: amostra com 30% de maltodextrina e seca a 130°C); (L: amostra com 30% de maltodextrina e seca a 150°C). Fonte: Própria autoria

Observa-se que as micropartículas de forma geral possuíam diâmetros variáveis, formato esférico, superfície rugosa e apresentavam-se aglomeradas. É importante se obter partículas na forma esférica para maior facilidade de aplicação de pó e melhores propriedades de fluxo (PELISSARI *et al.*, 2016).

As amostras secas sem adição de maltodextrina apresentaram maior aglomeração em ambos os extratos quando comparado com as amostras adicionadas do agente carreador, assim como o aumento da temperatura, os quais extratos secos a 150 °C na forma livre, possuem maior diâmetro e maior aglomeração. O extrato seco de sementes maduras (livre) apresentou maior aglomeração das partículas em relação ao extrato seco de sementes verdes (livre), o que pode ser justificado pelo fato dessas amostras apresentarem maior higroscopicidade, proporcionando maior absorção de água e formação de pontes entre as partículas, logo sua aglomeração.

O aumento da concentração de maltodextrina não afetou visualmente a morfologia das partículas. Contudo, em razão do extrato e de maltodextrina formarem uma solução na alimentação, eles também formaram a parede das partículas, que possivelmente são ocas. Partículas assim constituídas são do tipo matriz e podem ser chamadas também de microesferas, mas não de microcápsulas. O mesmo foi observado por Calomeni (2015) em partículas de extrato de pele de amendoim obtidas por *spray drying* utilizando maltodextrina como agente carreador.

4.5.7 Teor de fenólicos totais e atividade antioxidante dos pós

Os pós obtidos por *spray drying* com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como agente carreador também foram caracterizados quanto ao teor de fenólicos totais e atividade antioxidante, conforme apresentado na Tabela 11.

O extrato seco de semente de mamão verde apresentou 63,5 mg de EAG / g de pó (130°C) e 71,55 mg de EAG / g de pó (150 °C) e para extrato seco de sementes maduras e 44 mg de EAG / g de pó (130 °C) e 44,2 mg de EAG / g de pó (150 °C). Em ambos os extratos a temperatura de secagem não influenciou significativamente nos teores de fenólicos, em contrapartida o aumento da concentração de maltodextrina causou redução desses teores, o qual está relacionado à concentração do agente carreador, ou seja, a maltodextrina causou a diluição desses compostos. Essa redução

também foi observada nos valores determinados para a capacidade antioxidante pelos métodos ABTS e FRAP e nos parâmetros de coloração.

Tabela 11. Teor de fenólicos totais e atividade antioxidante dos pós secos por *spray drying* com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como agente carreador

Estágio de maturação	Concentração de Maltodextrina	Temperatura de secagem	
		130°C	150°C
Fenólicos totais (EAG/g de pó)			
0	0%	63,5 ± 0,1 ^{A,a}	71,55 ± 0,1 ^{A,a}
0	15%	16,6 ± 1,0 ^{B,a}	16,4 ± 0,1 ^{B,a}
0	30%	8,9 ± 0,3 ^{C,a}	10,3 ± 0,5 ^{C,a}
5	0%	44,0 ± 0,1 ^{A,a}	44,2 ± 0,5 ^{A,a}
5	15%	5,5 ± 0,1 ^{B,a}	5,4 ± 0,1 ^{B,a}
5	30%	3,2 ± 0,1 ^{C,a}	3,1 ± 0,1 ^{C,a}
ABTS ^{•+} (µM de trolox/g de pó)			
0	0%	735,95 ± 4,7 ^{A,b}	783,81 ± 10,7 ^{A,a}
0	15%	102,4 ± 2,0 ^{B,a}	106,02 ± 5,7 ^{B,a}
0	30%	76,4 ± 2,3 ^{C,a}	81,45 ± 0,5 ^{C,a}
5	0%	442,5 ± 3,7 ^{A,b}	486,7 ± 0,1 ^{A, a}
5	15%	71,2 ± 2,0 ^{B,a}	70,5 ± 1,3 ^{B,a}
5	30%	44, 1 ± 0,1 ^{C,a}	43,8 ± 0,0 ^{C,a}
FRAP (µM de sulfato ferroso/g de pó)			
0	0%	269,5 ± 1,0 ^{A,b}	292,2 ± 6,9 ^{A,a}
0	15%	64,3 ± 3,8 ^{B,a}	63,1 ± 0,6 ^{B,a}
0	30%	37,9 ± 0,1 ^{C,a}	38,7 ± 0,4 ^{C,a}
5	0%	360,6 ± 5,2 ^{A,b}	388,7 ± 0,8 ^{A,a}
5	15%	53,5 ± 0,9 ^{B,a}	53,7 ± 1,1 ^{B,a}
5	30%	27,8 ± 0,3 ^{C,a}	28,2 ± 1,0 ^{C,a}

± Médias seguidas do desvio padrão. Médias na mesma coluna seguidas por letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% (p<0,05) de probabilidade pelo teste de Tukey e médias na mesma linha seguidas por letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% (p<0,05) de probabilidade pelo teste de Tukey. Fonte: Própria autoria

O extrato seco de sementes verdes possui maior teor fenólico do que o extrato de sementes maduras, o que pode ser explicado devido o amadurecimento do fruto, onde pode ocorrer a degradação dos fenólicos e/ou sua polimerização. A degradação implica em perda e a polimerização pode alterar a solubilidade, afetando diretamente a eficiência de extração. Sabe-se que os compostos fenólicos possuem ação antioxidante. Neste trabalho observou-se que os pós que possuem maiores teores destes compostos

apresentaram maiores valores de capacidade antioxidante, evidenciados pelos resultados obtidos para o ABTS. Contudo, cabe ressaltar que a capacidade antioxidante é distinta para cada composto e dependente de outros fatores, como solubilidade no meio e afinidade com o radical livre, logo algumas moléculas são mais potentes que outras, dessa forma, não é possível afirmar categoricamente, para todo extrato, que a atividade antioxidante é sempre proporcional à concentração de fenólicos, como ocorreu neste trabalho, para o extrato obtido das sementes das frutas imaturas.

Todavia, ainda que tenha sido detectado menor teor de fenólicos totais no pó do extrato obtido de sementes de fruto maduro, a atividade antioxidante pelo método FRAP foi superior quando comparado com o pó do extrato obtido de sementes de fruto verde, indicando que restaram compostos responsáveis pela redução do complexo férrico (Fe^{3+}). Os extratos secos de sementes de mamão apresentaram atividade antioxidante pelo método ABTS superior as polpas de outras frutas, tais como a goiaba (15.31 μM de trolox / g de polpa) (BATISTA *et al.*, 2018), maracujá e manga (25 e 18,7 μM de trolox / g de polpa (base seca)) (PRADO, 2009) até mesmo na maior concentração de maltodextrina. Contudo, até onde se sabe e até o momento, este é o primeiro estudo que realizou a encapsulação dos extratos de sementes de mamão pela técnica de *spray drying*, o que impede a comparação com outros estudos.

4.6 ESTABILIDADE DE COR DOS PÓS DURANTE O ARMAZENAMENTO

A diferença total de cor (ΔE^*) das amostras foi avaliada ao fim da estocagem (90 dias) a 25°C e 32,8% de umidade relativa. Os resultados apresentados na Tabela 12 indicam que a adição de maltodextrina causou menor perda total de cor dos extratos quando comparado ao extrato sem adição do veículo, ou seja, a ação do agente carreador teve efeito encapsulante, promovendo a preservação da cor dos pós.

Tabela 12. Estabilidade de cor dos pós secos por spray drying com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como agente carreador

Estágio de maturação	Concentração de maltodextrina	Temperatura de secagem	
		130°C	150°C
Diferença total de cor (ΔE^*)			
0	0%	47,6 $\pm$ 0,1 ^{A,a}	41,4 $\pm$ 4,0 ^{A,a}
0	15%	17,1 $\pm$ 1,3 ^{B,a}	21,7 $\pm$ 1,7 ^{B,a}
0	30%	22,1 $\pm$ 1,9 ^{B,a}	21,6 $\pm$ 0,6 ^{B,a}
5	0%	29,0 $\pm$ 2,0 ^{B,a}	18,0 $\pm$ 2,8 ^{B,b}
5	15%	20,8 $\pm$ 2,9 ^{A,a}	22,0 $\pm$ 0,6 ^{AB,a}
5	30%	21,8 $\pm$ 3,4 ^{A,a}	25,0 $\pm$ 0,5 ^{A,a}

$\pm$ Médias seguidas do desvio padrão. Médias na mesma coluna seguidas por letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade pelo teste de Tukey e médias na mesma linha seguidas por letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% ($p < 0,05$) de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Própria autoria

A temperatura de secagem para o extrato de sementes imaturas não afetou a perda total da cor dos pós. Resultados similares foram encontrados por Callomeni (2015) ao avaliar a influência do agente carreador sobre a estabilidade de cor de extratos seco de pele de amendoim por *spray drying*, a maltodextrina protegeu os pigmentos dos extratos quando comparados às amostras liofilizadas.

Outro fator observado nas amostras sem adição de maltodextrina em ambos os extratos foi a ocorrência do fenômeno *caking* ou empedramento. As amostras sofreram escurecimento, enrugamento, empedramento e aglomeração das partículas após 90 dias de armazenamento, conforme pode ser observado na Figura 10.

Figura 10. Cor dos pós de extratos sementes mamão secos por *spray drying* após 90 dias de armazenamento.

Nesta imagem as identificações dos tratamentos encontram-se apresentados na Tabela 2.

Fonte: Própria autoria.

Ao contrário dos pós constituídos pelo extrato puro, aqueles secos com adição do agente carreador não sofreram *caking*. Esse resultado pode ser justificado devido à elevada higroscopicidade dos pós constituídos pelo extrato puro, a qual está associada à capacidade de absorver a umidade do ambiente pelos grupamentos polares expostos. A absorção de água leva ao *caking*.

4.7 ESTABILIDADE DOS FENÓLICOS NOS PÓS DURANTE O ARMAZENAMENTO

Os teores de fenólicos totais das amostras foram avaliados a cada 15 dias durante o armazenamento por 90 dias à temperatura de 25 °C e 38,2% de umidade relativa, os resultados estão expressos na Tabela 13 e 14.

Tabela 13. Estabilidade de fenólicos dos pós secos por *spray drying* com extratos de sementes de mamão e maltodextrina como agente carreador

Fenólicos totais (mg EAG/g de pó)				
Estágio de maturação	% de maltodextrina	Dias	Temperatura de secagem	
			130°C	150°C
0	0	0	63,5 ± 0,2 ^{A,b}	71,5 ± 0,2 ^{A,a}
		15	57,8 ± 0,5 ^{B,b}	64,3 ± 1,8 ^{B,a}
		30	57,9 ± 0,8 ^{B,a}	64,3 ± 2,3 ^{B,a}
		45	57,8 ± 0,5 ^{B,a}	60,9 ± 1,7 ^{BC,a}
		60	54,0 ± 1,3 ^{C,a}	57,1 ± 2,5 ^{C,a}
		75	52,0 ± 0,1 ^{C,b}	64,4 ± 0,5 ^{B,a}
		90	52,6 ± 0,1 ^{C,a}	58,3 ± 2,0 ^{BC,a}
0	15	0	16,6 ± 1,5 ^{A,a}	16,4 ± 0,2 ^{A,a}
		15	15,0 ± 0,3 ^{AB,a}	16,3 ± 1,1 ^{A,a}
		30	15,0 ± 0,1 ^{AB,a}	15,2 ± 0,8 ^{A,a}
		45	14,4 ± 0,2 ^{AB,a}	15,1 ± 1,0 ^{A,a}
		60	14,4 ± 0,0 ^{AB,a}	14,8 ± 0,3 ^{A,a}
		75	13,7 ± 0,7 ^{B,a}	14,9 ± 0,4 ^{A,a}
		90	15,2 ± 0,1 ^{AB,a}	14,9 ± 0,5 ^{A,a}
0	30	0	9,0 ± 0,4 ^{A,a}	10,3 ± 0,7 ^{A,a}
		15	8,5 ± 0,3 ^{A,a}	10,2 ± 2,0 ^{A,a}
		30	8,3 ± 0,3 ^{A,a}	10,1 ± 0,5 ^{A,b}
		45	8,3 ± 0,2 ^{A,a}	9,8 ± 0,8 ^{A,a}
		60	8,5 ± 0,1 ^{A,a}	9,8 ± 1,4 ^{A,a}
		75	8,6 ± 0,4 ^{A,a}	10,2 ± 0,1 ^{A,b}
		90	8,8 ± 0,3 ^{A,a}	9,4 ± 0,9 ^{A,a}

± Médias seguidas do desvio padrão. Médias na mesma coluna seguidas por letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% (p<0,05) de probabilidade pelo teste de Tukey e médias na mesma linha seguidas por letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% (p<0,05) de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Própria autoria

Tabela 14. Estabilidade de fenólicos totais dos pós secos por spray drying com extratos de sementes de mamão maduro e maltodextrina como agente carreador

Fenólicos totais (mg EAG/g de pó)				
Estágio de maturação	% de maltodextrina	Dias	Temperatura de secagem	
			130°C	150°C
5	0	0	44,0 ± 0,8 ^{A,a}	44,2 ± 1,4 ^{A,a}
		15	43,3 ± 1,4 ^{A,a}	43,6 ± 4,7 ^{A,a}
		30	41,8 ± 1,2 ^{A,b}	51,0 ± 0,4 ^{A,a}
		45	43,3 ± 0,3 ^{A,a}	49,7 ± 2,6 ^{A,a}
		60	41,9 ± 1,2 ^{A,a}	50,3 ± 2,6 ^{A,a}
		75	43,0 ± 3,9 ^{A,a}	47,1 ± 2,6 ^{A,a}
		90	46,3 ± 4,7 ^{A,a}	47,1 ± 3,2 ^{A,a}
5	15	0	5,5 ± 0,2 ^{A,a}	5,5 ± 0,1 ^{A,a}
		15	5,3 ± 0,4 ^{A,a}	5,4 ± 0,1 ^{A,a}
		30	4,9 ± 0,4 ^{A,a}	5,3 ± 0,1 ^{A,a}
		45	5,0 ± 0,6 ^{A,a}	5,5 ± 0,2 ^{A,a}
		60	4,8 ± 0,5 ^{A,a}	5,2 ± 0,1 ^{A,a}
		75	4,7 ± 0,5 ^{A,a}	5,1 ± 0,4 ^{A,a}
		90	4,8 ± 0,6 ^{A,a}	5,5 ± 0,2 ^{A,a}
5	30	0	3,2 ± 0,1 ^{A,a}	3,3 ± 0,1 ^{A,a}
		15	3,0 ± 0,1 ^{A,a}	3,0 ± 0,0 ^{A,a}
		30	3,0 ± 0,1 ^{A,a}	3,0 ± 0,1 ^{A,a}
		45	3,0 ± 0,2 ^{A,a}	3,0 ± 0,2 ^{A,a}
		60	2,9 ± 0,1 ^{A,a}	3,0 ± 0,1 ^{A,a}
		75	2,9 ± 0,1 ^{A,a}	2,9 ± 0,1 ^{A,a}
		90	3,0 ± 0,1 ^{A,a}	3,0 ± 0,0 ^{A,a}

± Médias seguidas do desvio padrão. Médias na mesma coluna seguidas por letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% (p<0,05) de probabilidade pelo teste de Tukey e médias na mesma linha seguidas por letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% (p<0,05) de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Própria autoria

Para o extrato seco de semente de mamão imaturo, observa-se que as amostras atomizadas sem adição da maltodextrina sofreram perdas em relação ao teor de fenólicos totais durante todo o período de armazenamento e a temperatura de 150 °C de secagem causou aumento do teor de fenólicos nos dias 0, 15 e 75, esse aumento pode estar associado à despolimerização dos compostos fenólicos e pelo fato do reagente Folin-Ciocalteu sofrer interferências de algumas substâncias redutoras, como açúcares redutores (IKAWA *et al.*, 2003), acarretando em maior teor desses compostos.

A amostra com adição de 15% de maltodextrina sofreu leve degradação ao longo do tempo. Resultados similares foram encontrados por Callomeni (2015) ao avaliar o extrato seco de pele de amendoim por *spray drying*, observou aumento no teor de fenólicos conforme aumentou a temperatura de secagem, indicando que a alta temperatura causou a despolimerização dos compostos.

Para o extrato seco de sementes de mamão maduro, todos os pós com adição do agente carreador mantiveram-se estáveis ao longo do período de estocagem e apenas a amostra sem adição de maltodextrina sofreu influência da temperatura de secagem, o qual, o pó seco a 150 °C apresentou maior teor de fenólicos no tempo de 30 dias. Tal resultado permite inferir que embora a maltodextrina dilua os compostos de interesse, ela também os protege.

A maltodextrina é um produto resultante da hidrólise parcial do amido, formada principalmente de macromoléculas. Assim, as macromoléculas que compõem as maltodextrina promovem proteção física para moléculas menores, e o efeito protetor aumenta com o aumento de sua concentração. Nos extratos de sementes de mamão verde e maduro a maltodextrina teve efeito protetor nos pós secos por *spray drying* durante período de armazenamento, evidenciando a importância da utilização do agente carreador na qualidade e estabilidade dos pós.

4.8 LIBERAÇÃO *IN VITRO* DOS COMPOSTOS FENÓLICOS

Com base nos resultados obtidos, selecionou-se como melhores tratamentos o V3 (15% de maltodextrina e seco a 130 °C) e M3 (15% de maltodextrina e seco a 130 °C) para avaliação da liberação dos compostos fenólicos em cada fase da digestão simulada, oral (SSF), gástrica (SGF) e intestinal (SIF), conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11. Liberação dos compostos fenólicos das micropartículas contendo extratos secos de sementes de mamão sob fluídos gastrointestinais simulados.

Nesta figura V3 (15% de maltodextrina seco a 130°C) e M3 (15% de maltodextrina seco a 130°C). As barras identificadas pelas mesmas letras maiúsculas dos mesmos tratamentos não diferem estatisticamente. As barras identificadas pelas mesmas letras minúsculas no mesmo intervalo de tempo não diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de médias Tukey. Fonte: Própria autoria

Com base na Figura 11 observa-se que para ambas as formulações, os fenólicos foram majoritariamente liberados na fase oral (SSF). Na formulação M3 não houve liberação na fase gástrica, ou seja, o valor de fenólicos foi inferior ao liberado na fase oral. Devido ao nível reduzido de fenólicos liberados no final da fase gástrica, acredita-se que possa ter ocorrido a degradação dos compostos liberados na fase oral e gástrica,

uma vez que compostos fenólicos com capacidade bioativa são sensíveis a condições ácidas, como o pH do suco gástrico e enzimas.

Posteriormente ocorreu liberação na fase intestinal. Sugere-se que uma ou ambas as possibilidades a seguir ocorreram. Primeiramente é que tenha algum composto que durante a digestão sob efeitos de interações enzimáticas e pH (PAVAN; SANCHO; PASTORE, 2014) possa ter ocasionado a liberação de ácidos fenólicos nessa etapa mesmo não tendo ocorrido liberação na fase gástrica. Outra possibilidade e à instabilidade de compostos fenólicos em condições alcalinas (SUN *et al*, 2019) causaram a despolimerização, gerando então moléculas menores e mais reativas com o reagente Folin-Ciocalteu, interferindo assim na quantificação dos fenólicos.

Para ambas as formulações observou-se que os compostos fenólicos não atingiram total liberação e a fase intestinal apresentou menor liberação desses compostos. O que pode ser explicado devido o agente carreador ter reduzido a capacidade de liberação nessa etapa, ou ocorreu a total liberação, porém durante a digestão ocorreu sua degradação devido a condições extremas de pH, enzimas, interação com proteínas e instabilidade frente a condições alcalinas conforme explicado anteriormente (PAVAN; SANCHO; PASTORE, 2014; SUN *et al*, 2019).

Diante disso faz-se necessário novos estudos a fim de identificarem e quantificarem os compostos fenólicos de forma isolada, reduzindo assim, interferências na quantificação desses compostos.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados no presente estudo, as sementes de mamão nos estágios de maturação 0 e 5 são fontes ricas nos nutrientes: proteínas, minerais, fibras e lipídeos, sendo uma alternativa para utilização em alimentos e ração.

Os óleos obtidos das sementes de mamão são fontes ricas do ácido graxo monoinsaturado oleico, representando alternativa aos óleos convencionalmente utilizados na culinária que são ricos nesse ácido graxo, como o de oliva.

Os extratos obtidos das sementes são ricos em fenólicos e podem ser utilizados como antioxidantes. A maturação do fruto possui influência na composição das sementes, logo em seu óleo e dos extratos hidroetanólicos.

Os pós dos extratos das sementes verdes apresentaram maiores teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante em relação às sementes maduras. A temperatura de secagem teve influência apenas nos pós sem adição de maltodextrina, os pós secos a 150 °C sofreram caramelização e despolimerização.

A adição de maltodextrina promoveu melhora na qualidade dos pós obtidos, provendo aumento da solubilidade, redução da higroscopicidade e diâmetro médio das partículas, além do efeito protetor dos pós durante a secagem e período de armazenamento, protegendo as amostras de sofrerem *caking* e perdas no teor fenólico total, evidenciando assim a importância da utilização do agente carreador na qualidade e estabilidade dos pós.

Dentre as condições de processo avaliadas, os tratamentos V3 e M3 possuem melhores características. Para ambos os tratamentos, o teor fenólico total foi liberado majoritariamente na fase oral simulada.

Contudo, a encapsulação dos extratos de sementes de mamão utilizando maltodextrina como agente carreador possui potencial tecnológico, permitindo sua aplicação para aumentar qualidade de alimentos e como aditivo natural. O aproveitamento das sementes de mamão é uma alternativa viável, pois além de fornecer nutrientes e compostos bioativos, sua utilização contribui para redução do descarte desses resíduos no meio ambiente.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diante das análises realizadas, sugere-se novos estudos a fim de identificarem e quantificarem os compostos fenólicos de forma isolada, reduzindo assim, interferências na quantificação desses compostos. Avaliar a influência do óleo residual na extração e quantificação dos compostos bioativos do extrato. Assim como, avaliar a capacidade antimicrobiana por outras técnicas mais avançadas.

7. REFERÊNCIAS

- AOCS – AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. 5th ed. Champaign: The Society, 1998. p. 2-93.
- ABUD, A. K. S.; ARAÚJO, M. L.; ALMEIDA, R. M. R. G. Uso do resíduo de laranja lima e da casca de coco verde na produção de enzimas. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 11, n. 10, 2015.
- ALVES, A. Q. *et al.* The fatty acid composition of vegetable oils and their potential use in wound care. **Advances in Skin & Wound Care**, Springhouse, v. 32, n. 8, p. 1-8, 2019.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18th ed. Gaithersburg, Maryland: The Association, 2005.
- AQUARONE, E.; BORZANI, W.; LIMA, U. A. **Biotecnologia: tópicos de microbiologia industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1990. v. 2.
- ARAÚJO, A. J. B. *et al.* Caracterização físico-química e perfil lipídico da semente de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast.). **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 15-23, 2019.
- ARSHADY, R. Microcapsules for food. **Journal of Microencapsulation**, London, v. 10, n. 4, p. 413-435, 1993.
- AZEREDO, H. M. C. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 89-97, 2008.
- AZEVEDO, L. A.; CAMPAGNOL, P. C. B. Papaya seed flour (*Carica papaya*) affects the technological and sensory quality of hamburgers. **International Food Research Journal**, Malaysia, v. 21, n. 6, p. 2141-2145, 2014.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. *et al.* Undesirable phenomena and their relation to processing. In: ORTEGA-RIVAS, E.; JULIANO, P.; YAN, H. **Food powders: physical properties, processing, and functionality**. New York: Springer, 2005. p. 305-360.
- BATISTA, P. F. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant activity in tropical fruits grown in the lower-middle São Francisco Valley. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 4, p. 616-623, 2018.
- BEMILLER, J. N.; HUBER, K. C. Carboidratos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 75-130.
- BERTONHI, L. G.; DIAS, J. C. R. Type 2 Diabetes mellitus: clinical aspects, treatment and dietary management. **Revista de Ciências Nutricionais Online**, Bebedouro, v. 2, n. 2, p. 1-10, 2018.

- BEZERRA, A. S. *et al.* Parâmetros climáticos e variação de compostos fenólicos em cevada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1546-1552, 2013.
- BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; HOWES, T. Problems associated with *spray drying* of sugar-rich foods. **Drying Technology**, Monticello, v. 15, n. 2, p. 671-684, 1997.
- BONES, A. M.; ROSSITER, J. T. The myrosinase-glucosinolate system, its organisation and biochemistry. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 97, n. 1, p. 194-208, 1996.
- BRUMMEL, D. A.; LABAVITCH, J. M. Effect of antisense suppression of endopolygalacturonase activity on polyuronide molecular weight in ripening tomato fruit and in fruit homogenates. **Plant Physiology**, Rockville, v. 115, p. 717-725. 1997.
- BRUNI, G. P. *et al.* Estudo do método de ultrassom para a extração de óleo de sementes de uva provenientes de rejeitos do processo vinícola. In: **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. Universidade Federal do Pampa. 2014.
- CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of *spray dried* *Amaranthus betacyanin* pigments. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.
- CALOMENI, A. V. **Utilização de película de amendoim para produção de pigmento natural em pó**: estudo do efeito do processo de atomização na estabilidade, propriedades antioxidante e antimicrobiana do material. 2015. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.
- CALOMENI, A. *et al.* Characterization of antioxidant and antimicrobial properties of spray-dried extracts from peanut skins. **Food and Bioproducts Processing**, Amsterdam, v. 105, p. 215-223, 2017.
- CANO-CHAUCA, M. *et al.* Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Amsterdam, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.
- CASTRO VARGAS, H. I.; BAUMANN, W.; PARADA ALFONSO, F. Valorization of agroindustrial wastes: Identification by LC-MS and NMR of benzylglucosinolate from papaya (*Carica papaya* L.) seeds, a protective agent against lipid oxidation in edible oils. **Electrophoresis**, Weinheim, v. 37, n. 13, p. 1930-1937, 2016.
- CHAMPAGNE, C. P.; FUSTIER, P. Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. **Current Opinion in Biotechnology**, Philadelphia, v. 18, n. 2, p. 184-190, 2007.
- CHAWLA, A. *et al.* Production of spray dried salbutamol sulphate for use in dry powder aerosol formulation. **International Journal of Pharmaceutics**, Amsterdam, v. 108, n. 3, p. 233-240, 1994.

COMUNIAN, T. A. *et al.* Assessment of production efficiency, physicochemical properties, and storage stability of spray-dried chlorophyllide, a natural food colourant, using gum Arabic, maltodextrin and soy protein isolate-based carrier systems. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 46, p. 1259-1265, 2011.

CORTÉS-ROJAS, D. F.; SOUZA, C. R. F; OLIVEIRA, W. P. Encapsulation of eugenol rich clove extract in solid lipid carriers. **Journal of Food Engineering**, London, v. 127, p. 34-42, 2014.

COSTA, R. S. *et al.* Optimization of *spray drying* conditions to microencapsulate cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) seed by-product extract. **Natural Product Research**, Abingdon, p. 1-9, 2018.

CRUZ, V. A. *et al.* Manufacturing of Formosa papaya (*Carica papaya* L.) jam containing different concentrations of dehydrated papaya seed flour. **International Food Research Journal**, Malaysia, v. 26, n. 3, p. 849-857, 2019.

DAMASCENO, K. A. *et al.* Development of cereal bars containing pineapple peel flour (*Ananas comosus* L. Merril). **Journal of Food Quality**, Westport, v. 39, n. 5, p. 417-424, 2016.

DAMIANI, C. *et al.* Doces de corte formulados com casca de manga. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 360-369, 2011.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. **Cold water-soluble granular starch for gelled food composition**. U.S. Patent 4465702, 1984.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Papaya production**. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 21 jul. 2021.

FARIAS, J. T. F. *et al.* Efeitos e benefícios da ingestão de fibras alimentares na prevenção de doenças crônicas: uma Revisão de Literatura. **International Journal of Nutrology**, Rio de Janeiro, v. 11, n. S 01, art. 358, 2018.

FAVARO-TRINDADE, C. S.; PINHO, S. C.; ROCHA, G. A. Revisão: Microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 11, p. 103-112, 2008.

FERNANDO, S. E. L. *et al.* Evaluation of agro-industrial wastes to produce bioethanol: case study-mango (*Mangifera indica* L.). **Energy Procedia**, Amsterdam, v. 57, p. 860-866, 2014.

FERREIRA, F. L. **Caracterização física, química, sensorial e de compostos funcionais em mamão verde do grupo formosa minimamente processado**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **CFR - Code of Federal Regulations Title 2**. Disponível em:
<https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=101.77>.
 2019. Acesso em: 29 jul. 2020.

GARCIA, C. C.; FAVARO, C. P.; RODRIGUES, A. C. Extração e caracterização do óleo da semente da fruta do conde. In: VERRUCK, S. (Org.). **Avanços em ciência e tecnologia de alimentos**. 2021, v. 2, p. 259-273.

GARCIA, Y. M. **Extração de corante natural do resíduo da uva isabel (vitis vinifera) via solvente hidroalcoólico**. 2017. 67 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

GARMUS, T. T. *et al.* Elaboração de biscoitos com adição de farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 3, n. 2, 2009.

GHARSALLAOUI, A. *et al.* Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, Essex, v. 40, n. 9, p. 1107-1121, 2007.

GOMES, M. F. **Utilização da casca de mamão para produção de álcool**. 2015. 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Associação Caruaruense do Ensino Superior e Técnico, Caruaru, 2015.

GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1982.

HAMM, A. Mamão- principais frutas. **Anuário Brasileiro da Fruticultura**, Brasília, p. 104, 2002.

HE, X. *et al.* Chemical composition and antifungal activity of *Carica papaya* Linn. seed essential oil against *Candida spp.* **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 64, n. 5, p. 350-354, 2017.

HECHT, D. W. *et al.* Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; approved standard. **NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standards)**, Wayne, v. 27, n. 2, p. 19087-1898, 2003.

HORTIBRASIL. **Programa brasileiro para a modernização da horticultura: mamão**. 2009. Disponível em:
<http://www.hortibrasil.org.br/images/stories/folders/mamao.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção brasileira de mamão em 2019**. Disponível em:
http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/mamao/b1_mamao.pdf. Acesso em: 24 jul. 2021.

IHA, O. K. *et al.* Extraction and characterization of passion fruit and guava oils from industrial residual seeds and their application as biofuels. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 29, n. 10, p. 2089-2095, 2018.

IKAWA, M. *et al.* Utilization of Folin-Ciocalteu phenol reagent for the detection of certain nitrogen compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 7, p. 1811-1815, 2003.

JORGE, N.; MALACRIDA, C. R. Papaya (*Carica papaya* L.) seeds extracts as source of natural antioxidants/Extratos de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) como fonte de antioxidantes naturais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 3, p. 337-341, 2008.

KADIRI, O. *et al.* Characterization and antioxidant evaluation of phenolic compounds extracted from the protein concentrate and protein isolate produced from pawpaw (*Carica papaya* Linn.) seeds. **International Journal of Food Properties**, London, v. 20, n. 11, p. 2423-2436, 2017.

KANDANSAMY, K.; SOMASUNDARAM, P. D. Microencapsulation of colors by spray drying-a review. **International Journal of Food Engineering**, Berlin, v. 8, n. 2, 2012.

KANG, Y. *et al.* Characterization and storage stability of chlorophylls microencapsulated in different combination of gum Arabic and maltodextrin. **Food Chemistry**, Barking, v. 272, p. 337-346, 2019.

KHALAF, A. A; DESA, S; BAHARUM, S. N. Agricultural waste biodiesel potential and physicochemical properties in extracted seeds oil. **Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems**, Kansas City, v. 11, n. 4 Special Issue, p. 2202-2213, 2019.

KUROIWA, Y. *et al.* Protective effects of benzyl isothiocyanate and sulforaphane but not resveratrol against initiation of pancreatic carcinogenesis in hamsters. **Cancer Letters**, Shannon, v. 241, n. 2, p. 275-280, 2006.

LACERDA, F. V.; PACHECO, M. T. T. A ação das fibras alimentares na prevenção da constipação intestinal. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 2006, São José dos Campos. **Anais [...]**. São José dos Campos, 2006. p. 2466-2469.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into value added products:(A) the upgrading concept:(B) practical implementations. **Bioresource Technology**, Essex, v. 87, n. 2, p. 167-198, 2003.

LI, Ze-You *et al.* Content determination of benzyl glucosinolate and anti-cancer activity of its hydrolysis product in *Carica papaya* L. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, Hainan, v. 5, n. 3, p. 231-233, 2012.

LIRA, R. C. *et al.* Composição química e valores energéticos dos resíduos de goiaba e tomate para frangos corte em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 5, p. 1019-1024, 2011.

LOPES, G. E. M. *et al.* Casca do fruto da mamoneira como substrato para as plantas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 350-358, 2011.

- LUNA, J. V. U. Cultivares do mamoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 134, p.14- 18, 1986.
- MALACRIDA, C. R.; JORGE, N. Yellow passion fruit seed oil (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): physical and chemical characteristics. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 55, p. 127-134, 2012.
- MALACRIDA, C. R.; KIMURA, M.; JORGE, N. Characterization of a high oleic oil extracted from papaya (*Carica papaya* L.) seeds. **Food Science and Technology**, London, v. 31, n. 4, p. 929-934, 2011.
- MALACRIDA, C. R. *et al.* Composição química e potencial antioxidante de extratos de semente de melão amarelo com óleo de soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, p. 372–376, 2007.
- MARIN, S. L. D. **Mamão papaya**: produção, pós-colheita e mercado. Fortaleza: Instituto Frutal, 2004. 82 p.
- MARTIN, A. J. *et al.* Processamento: produtos, características e utilização. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Mamão**: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos. 2. ed. Campinas: ITAL, 1989. 255 p.
- MEDEIROS, I. C. C. **Elaboração e caracterização de cookie produzido com farinha de semente de melão (*Cucumis melo* L.)**. 2017. 46 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.
- MESQUITA, M. da S. *et al.* Avaliação centesimal e sensorial da geleia de morango com adição de semente de mamão (*C. papaya*). In: SEMINÁRIO DE PESQUISA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA-SEPIT, 2017, Uberaba. **Anais [...]**. Uberaba, v. 1, 2017. 9 p.
- MINEKUS, M. *et al.* A standardised static in vitro digestion method suitable for food—an international consensus. **Food and Function**, Cambridge, v. 5, n. 6, p. 1113-1124, 2014.
- MUHAMAD, S. A. *et al.* The antibacterial activities and chemical composition of extracts from *Carica papaya* cv. Sekaki/Hong Kong seed. **International Food Research Journal**, Malaysia, v. 24, n. 2, 2017.
- NACZK, M.; SHAHIDI, F. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Oxford, v. 41, p. 1523-1542, 2006.
- NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1054, n. 1-2, p. 95-111, 2004.
- NIDEOU, D. *et al.* Effect of carica papaya seeds on gastro-intestinal parasites of pullet and production parameters. **International Journal of Probiotics & Prebiotics**, New Orleans, v. 12, n. 2, 2017.

OKINO-DELGADO, C. H.; FLEURI, L. F. Obtaining lipases from byproducts of orange juice processing. **Food Chemistry**, Barking, v. 163, p. 103-107, 2014.

OLIVEIRA, D. S. *et al.* Vitamin C, carotenoids, phenolic compounds and antioxidant activity of guava, mango and papaya from Ceasa of Minas Gerais State. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 89-99, 2011.

OLIVEIRA, E. J. *et al.* Genetic diversity and marker-assisted inbreeding in papaya. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 147, p. 20-28, 2012.

OLIVEIRA, L. F. *et al.* Aproveitamento alternativo da casca do maracujá- amarelo (*Passiflora edulis* F. *Flavicarpa*) para produção de doce em calda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 259-262, 2002.

ONWULATA, C. I. Encapsulation of new active ingredients. **Annual Review of Food Science and Technology**, Palo Alto, v. 3, p. 183-202, 2012.

OVANDO-MARTINEZ, M. *et al.* Effect of ripening on physico-chemical properties and bioactive compounds in papaya pulp, skin and seeds. **Indian Journal of Natural Products and Resources**, New Delhi, v. 9, p. 47-59. 2018.

PAVAN, V.; SANCHÓ, R. A. S.; PASTORE, G. M. The effect of in vitro digestion on the antioxidant activity of fruit extracts (*Carica papaya*, *Artocarpus heterophyllus* and *Annona marcgravii*). **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 59, n. 2, p. 1247-1251, 2014.

PELISSARI, J. R. *et al.* Production of solid lipid microparticles loaded with lycopene by spray chilling: Structural characteristics of particles and lycopene stability. **Food and Bioproducts Processing**, Amsterdam, v. 98, p. 86-94, 2016.

PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAIS, I. O. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, Santiago, v. 2, n. 1, 2007.

PETRUZZIELLO, L. *et al.* Doença diverticular não complicada do cólon. **Farmacologia e Terapêutica Alimentar**, [s.l.], v. 23, n. 10, p. 1379-1391, 2006.

PIOVESAN, N. *et al.* Aplicação de extrato natural de semente de mamão (*Carica Papaya* L.) em linguiça de frango e avaliação da sua capacidade antioxidante. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 31, p. 1237-1241, 2017.

PRADO, A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

RISCH, S. J.; REINECCIUS, G. A. **Encapsulation and controlled release of food ingredients**. Washington, DC: American Chamicical Society, 1995.

RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. S. **Mamão: fitossanidade**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 2000. 91 p.

RIVERA-OCHOA, M. C. *et al.* Determinación de los compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante en residuos de fruto de papaya (*Carica papaya*). **Vitae**, Medellín, v. 23, p. 70, 2016.

ROSA, E. D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L. A. P. Secagem por atomização na indústria alimentícia: fundamentos e aplicações. **Jornada Científica da Fazu**, Uberaba, v. 5, 2006.

ROSÁRIO, H. F. **Caracterização de farinhas de sementes de mamão papaia e formosa**. 2019.49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2015.

ROSSETTO, M. R. M. *et al.* Benzylglucosinolate, benzylisothiocyanate, and myrosinase activity in papaya fruit during development and ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 20, p. 9592-9599, 2008.

RUFINO, M. D. S. M. *et al.* **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006.

RUFINO, M. S. M. *et al.* Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical ABTS+. **Comunicado Técnico**, Fortaleza, n. 128, p. 4. 2007.

SAMPAIO, P. R.; HADDAD, S.; WIENDL, V. B. Utilização de resíduos agroindustriais em processo biotecnológico para produção da enzima tanase. **Sinergia**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 152-156, 2018.

SANCHES, N. F.; DANTAS, J. L. L. **O cultivo do mamão**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 1999. 105 p. (Circular Técnica, 34).

SANTOS, A. C. P. *et al.* Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com silagem de bagaço de laranja. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 20, n. 3, 2015.

SANTOS, C. M. *et al.* Preparation, characterization and sensory analysis of whole bread enriched with papaya byproducts flour. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, 2018.

SARTORI, I. A. *et al.* Maturação de frutos de seis cultivares de laranjas-doces na depressão central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 364-369, ago. 2002.

SELVAMUTHUKUMARAN, M.; KHANUM, F. Optimization of spray drying process for developing seabuckthorn fruit juice powder using response surface methodology. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 51, n. 12, p. 3731-3739, 2014.

SENRAYAN, J.; VENKATACHALAM, S. Solvent-assisted extraction of oil from papaya (*Carica papaya* L.) seeds: evaluation of its physiochemical properties and fatty-acid composition. **Separation Science and Technology**, New York, p. 1-8, 2018.

SEVERINO, K. L. P. *et al.* Potencial uso de sementes de abóbora (*cucurbita moschata*) como aproveitamento de resíduo. **Revista Científica**, São José do Rio Preto, v. 1, n. 1, 2019.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P. K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, London, v. 32, n. 1, p. 67-103, 1992.

SILVA, C. *et al.* Administração oral de peptídeos e proteínas: II. Aplicação de métodos de microencapsulação. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, n. 1, p. 1-20, 2003.

SILVA, G. G.; DINIZ, R. G.; SILVA, M. E. Avaliação química do mamão papaia (*Carica papaya* L.) em diferentes estádios de maturação. **Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia**, Vitória, v. 3, p. 1-7, 2007.

SILVA, J. B. M. D. *et al.* Extração do óleo de semente de uva por diferentes métodos e armazenado por 30 dias. **Tópicos em ciências e tecnologia de alimentos: resultados de pesquisas acadêmicas**. São Paulo: Edgard Blucher, 2020. v. 5, p. 219-250.

SILVA, M. P. *et al.* Application of spray chilling and electrostatic interaction to produce lipid microparticles loaded with probiotics as an alternative to improve resistance under stress conditions. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 83, p. 109-117, 2018.

SILVA, S. F. *et al.* Uso agrícola da vinhaça para produção de forragem de milho durante três anos de cultivo. **IRRIGA**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 59-59, 2016.

SILVA, L. C. **Resíduos industriais de tomate (*solanum lycopersicum* L.): caracterização química e otimização do processo de extração de licopeno**. 2017. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

SILVEIRA, M. L. R. *et al.* Aproveitamento tecnológico das sementes de goiaba (*Psidium guajava* L.) como farinha na elaboração de biscoitos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 34, n. 2, 2017.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, San Diego, p. 152-178, 1999.

SOFI, F. R. *et al.* Antioxidant and antimicrobial properties of grape and papaya seed extracts and their application on the preservation of Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) during ice storage. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 53, n. 1, p. 104-117, 2016.

SOSNIK, A.; SEREMETA, K. P. Advantages and challenges of the spray-drying technology for the production of pure drug particles and drug-loaded polymeric carriers. **Advances in Colloid and Interface Science**, Amsterdam, v. 223, p. 40-54, 2015.

SOUZA, V. B. *et al.* Effect of spray drying on the physicochemical properties and color stability of the powdered pigment obtained from vinification byproducts of the Bordo grape (*Vitis labrusca*). **Food and Bioproducts Processing**, Amsterdam, v. 93, p. 39-50, 2015.

SOUZA, V. B. *et al.* Functional properties and stability of spray-dried pigments from Bordo grape (*Vitis labrusca*) winemaking pomace. **Food Chemistry**, Barking, v. 164, p. 380-386, 2014.

SUN, Y. *et al.* Flavonoids, phenolic acids, carotenoids and antioxidant activity of fresh eating citrus fruits, using the coupled in vitro digestion and human intestinal HepG2 cells model. **Food Chemistry**, Barking, v. 279, p. 321-327, 2019.

TABIRI, B. *et al.* Watermelon seeds as food: Nutrient composition, phytochemicals and antioxidant activity. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, Oxfordshire, v. 5, p. 139-144 2016.

TANAKA, D. L. **Influência da desidratação por *spray drying* sobre o teor de ácido ascórbico no suco de acerola (*Malpighia* sp.).** 2007. 73 f. Dissertação (Mestrado em ciências farmacêuticas) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual de São Paulo, Araraquara, 2007.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. **Food Research International**, Essex, v. 43, p. 907–914, 2010.

TUMPA, S. I.; HOSSAIN, M. I.; ISHIKA, T. Antimicrobial activities of *Psidium guajava*, *Carica papaya* and *Mangifera indica* against some gram positive and gram negative bacteria. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, [s.l.], v. 3, n. 6, p. 125-129, 2015.

UCHÔA-THOMAZ, A. M. A. *et al.* Chemical composition, fatty acid profile and bioactive compounds of guava seeds (*Psidium guajava* L.). **Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 34, n. 3, p. 485-492, 2014.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela brasileira de composição de alimentos: TACO**. Campinas: NEPA, 2011. 161 p.

VALLE, C. E. **Qualidade ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente**. São Paulo: Pioneira, 1995.

VENTURINI, T. *et al.* Estudo da secagem e extração de semente de mamão (*Carica Papaya* L.). **Revista Eletrônica em Gestão Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 5, n. 5, p. 950-959, 2012.

WIJESOORIYA, A. A.; DERANIYAGALA, S. A.; HETTIARACHCHI, C. M. Antioxidant, anti-inflammatory and antibacterial activities of the seeds of A Sri Lankan variety of carica papaya. **Biomedical and Pharmacology Journal**, Bhopal, v. 12, n. 2, p. 539-547, 2019.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p.148-154.

ZHOU, K. *et al.* Antioxidant activity of papaya seed extracts. **Molecules**, Basel, v. 16, n. 8, p. 6179-6192, 2011.

ZORZETO, T. Q.; JÚNIOR, F. F.; DECHEN, S. C. F. Substratos de fibra de coco granulada e casca de arroz para a produção do morangueiro ‘Oso Grande’. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 2, p. 222-229, 2016.